

**К. В. Балдин, С. Н. Воробьев, В. Б. Уткин**

# **УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ**

*Учебник*

Рекомендовано  
Советом Учебно-методического объединения  
вузов России по образованию в области менеджмента  
в качестве учебника по специальности 061100  
"Менеджмент организации"

Москва 2004

УДК 334  
ББК 65.29  
Б20

Рецензенты:

Кафедра производственного менеджмента "МАТИ" – РГТУ им. К. Э. Циолковского  
(завкафедрой кандидат технических наук, профессор *В. Б. Родинов*);  
*В. И. Бусов* – доктор экономических наук, профессор.

**Б20 Балдин К. В., Воробьев С. Н., Уткин В. Б. Управленческие решения: Учебник.** – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2004. – 496 с.

ISBN 5-94798-450-4

Учебник содержит систематизированное изложение методологических, организационных и технологических основ принятия управленческих решений должностными лицами в экономике. Материалы учебника подготовлены авторами на основе текстов лекций и учебных пособий по результатам многолетнего преподавания студентам различных форм обучения, учебных дисциплин: "Разработка управленческих решений", "Управление персоналом" и "Информационные технологии управления".

В учебнике большое внимание уделено математическим основам процесса разработки управленческих решений, описанию конкретных технологий разработки решений в условиях определенности по скалярному векторному показателям, а также в условиях стохастической, природной поведенческой неопределенности. Особое значение учебнику придают организационно-технологические вопросы автоматизации технологии информационного обследования управленческой деятельности и основы разработок и использования систем поддержки и принятия решений деятельности должностных лиц аппарата управления предприятием.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 061100 "Менеджмент организации", а также аспирантов, молодых преподавателей и научных сотрудников, занимающихся решением перечисленных проблем.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

**АБД** – администратор баз данных  
**АИВС** – автоматизированные информационно-вычислительные системы  
**АИС** – автоматизированная информационная система  
**АИСС** – автоматизированные информационно-справочные системы  
**АИТ** – автоматизированные информационные технологии  
**АСО** – автоматизированная система обучения  
**АСУ** – автоматизированная система управления  
**БД** – база данных  
**БЗн** – база знаний  
**БнД** – банк данных  
**ВС** – вычислительная система  
**ВЦ** – вычислительный центр  
**ГСМ** – горюче-смазочные материалы  
**ГОС** – государственный образовательный стандарт  
**ДНИ** – добывание необщедоступной информации  
**ИИ** – искусственный интеллект  
**ИРЗ и К** – информационные, расчетные задачи и их комплексы  
**ИКС** – иерархическая компенсационная структура  
**ИСС** – иерархическая семантическая структура  
**ИПОС ЭВ** – интерактивная проблемно-ориентированная система эвристического выбора  
**ИЭ** – индивидуальная экспертиза  
**ЛПР** – лицо, принимающее решение  
**ММ** – математическая модель  
**МП** – математическое программирование  
**МЭО** – метод экспертной оценки  
**ОПО** – общее программное обеспечение  
**ПР** – принятие решения  
**ППР** – поддержка принятия решения  
**ПО** – предметная область  
**ПОИ** – поиск общедоступной информации  
**СИИ** – система искусственного интеллекта  
**СКО** – среднее квадратическое отклонение  
**СМО** – система массового обслуживания  
**СПО** – специальное программное обеспечение  
**СППР** – система поддержки принятия решения  
**СПР** – система принятия решения  
**СУБД** – система управления базами данных  
**ТЗ** – техническое задание  
**ТП** – техническое проектирование  
**ТПР** – теория принятия решений  
**ТС** – технические средства  
**УМ** – управляющий модуль  
**ФВ** – функции выбора  
**ФД** – функциональные действия  
**ФМ** – функциональный модуль  
**ЭВТ** – электронно-вычислительная техника  
**ЭИС** – экономическая информационная система  
**ЭС** – экспертная система

## ВВЕДЕНИЕ

Реальные ситуации, которые складываются в современной общественно-политической жизни нашей страны и, в частности, в экономической деятельности, все чаще можно охарактеризовать одним словом – *сложные*. При разработке решений в сложных ситуациях руководители всех рангов сталкиваются с рядом методологических и технологических проблем.

Объясняются подобные затруднения достаточно простыми обстоятельствами. Прежде всего, это "нетрадиционность", *слабая изученность новых задач* – ранее многих из сегодняшних задач просто не было. Не меньшее влияние на сложность разработки решений в современных условиях оказывают *многоаспектность последствий принимаемых решений, неполнота данных о самих возможных последствиях, необходимость уметь эти последствия хотя бы представлять*. Далее можно отметить и *неясность обстановки принятия решений* (политической, экономической и социальной расстановки сил), и *высокую динамичность всех процессов*, и существенно возросшую *роль личности* в процессе разработки и исполнения решений.

В подобных условиях интеллектуальные возможности человека могут войти в противоречие с объемом информации, которую необходимо осмыслить и переработать в ходе управления предприятием или фирмой. Возрастает опасность срыва процесса управления.

Руководство предприятием осуществляется путем претворения в жизнь требований руководящих документов, распоряжений, указаний министерства и вышестоящих руководителей. Многогранность сферы деятельности руководителя требует организации четкого управления подчиненными менеджерами. *Основой управления является решение руководителя*. Решения принимаются руководителем для организации выполнения самых разнообразных задач. Безусловно, главным в деятельности руководителя (менеджера) является организация практического выполнения принимаемых решений. Но для того, чтобы в практической деятельности избежать грубых ошибок, руководитель (менеджер) должен уметь принимать обоснованные решения.

Выработать у менеджеров способность принимать такие решения – одна из основных задач обучения и воспитания в высшем учебном заведении. Она решается в ходе изучения специальных дисциплин – основного вида подготовки экономических кадров. Однако эти дисциплины дают лишь *общие рекомендации качественного характера*, пользуясь которыми руководители предприятий даже в совершенно одинаковых условиях принимают существенно различающиеся решения. Этот разброс решений в одинаковой обстановке обусловлен различной оценкой ими значимости одних и тех же факторов, различиями в уровнях общей и специальной подготовки менеджеров, различной способностью отдельных лиц анализировать и обобщать факторы, правильно предвидеть последствия тех или иных действий – всем тем, что определяет уровень компетентности менеджера-специалиста. В *простых* ситуациях для разработки наилучшего решения вполне достаточно *опыта* и *интуиции*. В психологии для характеристики интеллектуальных возможностей человека используют так называемое *магическое число*. Подготовленный человек способен одновременно оперировать не более чем 5–9 порциями информации (например, анализировать не более девяти гипотез о возможных действиях конкурента). Реальные ситуации требуют подчас одновременного учета десятков и даже сотен порций информации. Действенным средством преодоления указанного противоречия является овладение менеджерами методологией системного анализа и разработки ("наилучших решений" на основе математических методов. Мы не будем сейчас подробно объяснять, что такое "наилучшее решение" для сложной ситуации. Это мы сделаем позднее.

Итак, как уже отмечалось, основой управления в экономике является решение. От того, каково это решение, насколько верно оно соответствует обстановке, зависит его эффективность. Качество решения в сложных ситуациях определяется знаниями, а также искусством, опытом и умением руководителя. Заметим, что традиционно считалось, что управление – это не наука, а искусство и опыт. Да, в какой-то мере управление остается искусством и сегодня. Но теперь все чаще управленец или менеджер вынужден обращаться к научной теории, резонно полагая, что не грех "измерить гармонию алгеброй".

В прошлом, когда уровень энерговооруженности отдельного человека, предприятия был невелик, традиционно можно было позволить передавать опыт разработки решений, действуя по принципу "делай, как я". Начиная с конца XIX–начала XX в. это можно было уже делать со значительной долей осторожности. Техническая революция конца XX в. настолько повысила уровень энерговооруженности лиц, принимающих решения (ЛПР), и отдельных исполнителей, что ошибки от неверно принятых

решений могли уже привести не только к разорению отдельного человека, но даже и к глобальной катастрофе для человечества. Теперь экономическая и политическая ситуации требуют быстро подготовить достаточно большое количество современных менеджеров, способных мыслить нетрадиционно, смело, но обоснованно. Не слепое следование сложившимся стереотипам управления, а решительность и инициативность, помноженные на убедительность и доказательность, становятся с конца XX в. главными приоритетами в управлении.

Действенным средством, дающим возможность на практике применять методы "проверки гармонии", является овладение руководителями всех уровней методологией системного анализа и принятия решения на основе математических методов. При этом ЛПР нуждается во всесторонней поддержке своей деятельности в ходе обоснования и принятия решений, причем сегодня, когда во всем мире осуществляется переход к информационному обществу, в роли интеллектуального помощника человека выступает ЭВМ. Методологической базой информатизации всех сторон жизни людей – в том числе и организационного управления – является **информатика**, объектом которой выступают *автоматизированные информационные системы (АИС)*, а предметом – *информационные технологии*. Общественные потребности в повышении эффективности управления различными человекомашиными системами привели к созданию нового класса АИС – *систем поддержки принятия решений (СППР)*, получивших в последнее время значительное развитие. Можно сказать, что любая современная технология управления немыслима без АИС вообще и СППР – в частности.

Прежде всего следует уточнить, что означает термин "**технология**". Как его следует понимать здесь, в контексте данного учебника? Чаще всего считают [35], что технология – это средство преобразования сырья (будь то люди, информация или физические материалы) в искомые продукты и услуги; это сочетание квалификационных навыков, оборудования, инфраструктуры, инструментов и соответствующих знаний, необходимых для осуществления желаемых преобразований в материалах, информации и людях. Наиболее значимым компонентом технологии, несомненно, является процесс, с помощью которого исходные материалы преобразуются в желаемый на выходе продукт. По сути своей технологии представляют способ, последовательность действий, которые позволяют осуществить такое преобразование. Поэтому в данном учебнике **под технологией разработки решений** будем понимать процесс преобразования имеющихся у менеджера сведений, данных, информации о возникшей перед ним проблеме или поставленной ему задаче в точно сформулированное решение, в котором будет подробно указано, кому, что, когда, где и с помощью чего надлежит сделать.

Схема технологии разработки управленческих решений представлена в табл. 0.0.1 в конце Введения. В первом разделе данного учебника подробно обсуждаются концептуальные основы, базовые принципы, а также содержание основных технологических операций и отдельных приемов принятия локальных решений в процессе управления.

Разумеется, в настоящее время невозможно представить себе технологию разработки решений без информационных технологий сбора, обобщения, анализа и преобразования исходных данных о проблеме или задаче в окончательное решение руководителя.

Чтобы наделить ЭВМ "интеллектуальными" способностями, необходимо реальную экономико-управленческую задачу заменить ее математическим аналогом, а опыт и интуицию руководителя подкрепить моделями его предпочтений. Именно эти вопросы составляют **предмет** математической теории разработки решений.

Математическая теория разработки решений в сложных ситуациях, которую часто коротко называют *теорией принятия решений (ТПР)*, занимается разработкой общих подходов и методов анализа ситуаций принятия решений. При помощи этих подходов и методов вся информация о проблеме, включающая сведения о предпочтениях руководителя и его отношении к риску, а также суждения о возможных реакциях других субъектов на принятые им решения, используют для получения вывода о том, какой из вариантов решения является наилучшим.

**Роль и место ТПР** среди прикладных и математических дисциплин достаточно точно определены. Методологическую основу ТПР составляют *элементы научной базы системного подхода*. Концепция системы и принципы системного подхода практически реализуются в элементах научной базы системного анализа, который представляет собой совокупность практических методов и алгоритмов, позволяющих реализовать теоретические концепции и главные идеи системного подхода в рамках социальных и технических проблем. Одной из таких проблем является проблема управления. Здесь системный подход и системный анализ составили теоретическую и элементную базу таких научных дисциплин, как *теория управления, разработка управленческого решения, информационные технологии*

управления. В ходе уточнения постановок задач управления, в ходе выявления ряда специфических задач разработки решения в первую очередь потребовалось осмыслить роль ЛПР в принятии решения. Возникла потребность уточнить эти обстоятельства в новой, более конкретной проблемной ситуации. В результате свое место среди рассматриваемых научных дисциплин заняла *теория принятия решений*. Элементами ее научной базы стали специфические аксиомы принятия решений в различных ситуациях, парадигма разработки решений на основе измерения и моделирования, принципы и законы социологии и психологии. В свою очередь, ТПР после уяснения существа главного вопроса – вопроса о *цели* предстоящей управленческой деятельности – потребовала активно развивать методы решения специальных задач исследования операций, в которых цель задается как экзогенный (внешний) фактор. В теории исследования операций сформулирован ряд специальных форм прикладных задач (так называемых канонических форм), что потребовало разработать прикладные методы их решения. В результате с исследованием операций стала активно развиваться прикладная математика.

**Объектом исследования ТПР** является *ситуация принятия решений* или так называемая *проблемная ситуация*. Предметом исследования выступают *общие закономерности* разработки решений в проблемных ситуациях, а также закономерности, присущие процессу моделирования основных элементов проблемной ситуации. **Основным назначением** ТПР является разработка для практики научно обоснованных *рекомендаций по организации и технологии построения процедур подготовки и принятия решений в сложных ситуациях с применением современных методов и средств*. В основе современной ТПР лежит **комплексная концепция** разработки решений. Суть концепции разработки решений состоит в том, что ЛПР (а при необходимости – и аппарат (персонал) поддержки его деятельности) содержательно анализирует возникшую проблему или поставленную перед ним задачу, а затем сформулирует цель, достижение которой, по его мнению, снимет проблему или приведет к успешному решению задачи. Подробно разобравшись в существе цели и собственных предпочтениях, ЛПР формирует способы достижения цели и, наконец, принимает решение о том, какой из возможных способов, по его мнению, наилучший, т. е. осуществляет обоснованный выбор.

Основная задача ТПР при этом состоит не в том, чтобы заменить человека в процессе разработки решения, а в том, чтобы помочь ему разобраться в существе сложных ситуаций. Кроме того, ТПР вооружает руководителей всех рангов новым лозунгом обучения подчиненных. Ранее основным лозунгом обучения был принцип "делай, как я". Теперь руководитель должен следовать иной методологии, имеющей своим лозунгом совершенно иное утверждение: "Держай! Но – будь осторожен! Так еще никто никогда не делал! Поэтому неоднократно убедись, что все верно!". О том, как это сделать, о технологии разработки решений в основном и говорится в данном учебнике.

За основу взята общепринятая в бизнесе *схема разработки решений* руководителем предприятия. Учебник состоит из Введения, пяти разделов и Заключения. В первом разделе рассматриваются наиболее общие методические вопросы организации разработки решений руководителем на основе системного анализа складывающейся обстановки. При этом с системных позиций рассматриваются *порядок работы руководителя* при разработке решений, вводятся основные понятия и определения теории принятия решений, анализируются факторы, определяющие эффективность решений. Значительное внимание в этом разделе уделено изучению ключевых *концепций, принципов* и *парадигм* – разработки решений. Завершает раздел так называемая *модель проблемной ситуации*. Здесь системный подход и системный анализ составили теоретическую и элементную базу таких научных дисциплин, как *теория управления, разработка управленческого решения, информационные технологии управления*. В ходе уточнения постановок задач управления, в ходе выявления ряда специфических задач разработки решения в первую очередь потребовалось осмыслить роль ЛПР в принятии решения. Возникла потребность уточнить эти обстоятельства в новой, более конкретной проблемной ситуации. В результате свое место среди рассматриваемых научных дисциплин заняла *теория принятия решений*. Элементами ее научной базы стали специфические аксиомы принятия решений в различных ситуациях, парадигма разработки решений на основе измерения и моделирования, принципы и законы социологии и психологии. В свою очередь, ТПР после уяснения существа главного вопроса – вопроса о *цели* предстоящей управленческой деятельности – потребовала активно развивать методы решения специальных задач исследования операций, в которых цель за- дается как экзогенный (внешний) фактор. В теории исследования операций сформулирован ряд специальных форм прикладных задач (так называемых канонических форм), что потребовало разработать прикладные методы их решения. В результате с исследованием операций стала активно развиваться прикладная математика.

Объектом исследования ТПР является *ситуация принятия решений* или так называемая

*проблемная ситуация.* Предметом исследования выступают *общие закономерности* разработки решений в проблемных ситуациях, а также закономерности, присущие процессу моделирования основных элементов проблемной ситуации. Основным назначением ТПР' является разработка для практики научно обоснованных *рекомендаций по организации и технологии построения процедур подготовки и принятия решений в сложных ситуациях с применением современных методов и средств.* В основе современной ТПР лежит комплексная концепция разработки решений. Суть концепции разработки решений состоит в том, что ЛПР (а при необходимости – и аппарат (персонал) поддержки его деятельности) содержательно анализирует возникшую проблему или поставленную перед ним задачу, а затем сформулирует цель, достижение которой, по его мнению, снимет проблему или приведет к успешному решению задачи. Подробно разобравшись в существе цели и собственных предпочтениях, ЛПР формирует способы достижения цели и, наконец, принимает решение о том, какой из возможных способов, по его мнению, наилучший, т. е. осуществляет обоснованный выбор.

Основная задача ТПР при этом состоит не в том, чтобы заменить человека в процессе разработки решения, а в том, чтобы помочь ему разобраться в существе сложных ситуаций. Кроме того, ТПР вооружает руководителей всех рангов новым лозунгом обучения подчиненных. Ранее основным лозунгом обучения был принцип "делай, как я". Теперь руководитель должен следовать иной методологии, имеющей своим лозунгом совершенно иное утверждение: "Держай! Но – будь осторожен! Так еще никто никогда не делал! Поэтому неоднократно убедись, что все верно!". О том, как это сделать, о технологии разработки решений в основном и говорится в данном учебнике.

За основу взята общепринятая в бизнесе *схема разработки решений* руководителем предприятия. Учебник состоит из Введения, пяти разделов и Заключения. В первом разделе рассматриваются наиболее общие методические вопросы организации разработки решений руководителем на основе системного анализа складывающейся обстановки. При этом с системных позиций рассматриваются *порядок работы руководителя* при разработке решений, вводятся основные понятия и определения теории принятия решений, анализируются факторы, определяющие эффективность решений. Значительное внимание в этом разделе уделено изучению ключевых *концепций, принципов и парадигм* – разработки решений. Завершает раздел так называемая *модель проблемной ситуации.* Здесь же обсуждаются вопросы моделирования основных стадий разработки решений. Из методических соображений и в соответствии с двумя основными методами научного познания – *анализом* и *синтезом,* выделены две стадии общего процесса разработки решений: *обоснование* решений и *принятие* решений. Подробно обсуждаются вопросы формирования *критерия* принятия решений, особенности процесса общения лица, принимающего решения, с подчиненными и исполнителями на всех стадиях разработки решений и их реализации.

После изложения указанных общих методических вопросов рассматриваются методы решения базовых задач обоснования решений. К таким задачам отнесены задача *измерения,* задача *получения информации* для анализа условий и выявления "механизма ситуации", задача формирования *исходного множества* альтернатив и задача *оценки альтернатив.* Каждой из этих задач посвящен отдельный пункт. Выбор наилучшего решения руководитель всегда должен осуществлять не только на основе личных предпочтений, но и с учетом "внешнего дополнения". Под этим термином в системном анализе, как известно, понимают дополнительную, внешнюю для руководителя информацию о целях, условиях и способах функционирования той организации или структуры, в которую этот руководитель со своим предприятием входит на правах подчиненного звена. Способы учета всей этой информации, влияющей на предпочтения руководителя при принятии им решений, изучаются при рассмотрении задачи моделирования предпочтений: вводится строгое понятие предпочтения и основные факторы, его определяющие, обсуждаются способы выявления предпочтений, рассматриваются основные модели предпочтений.

Второй и третий разделы учебника содержат описания конкретных технологий разработки решений в условиях определенности и неопределенности.

В четвертом разделе изложены организационно-методологические основы создания и применения современных компьютерных технологий в практике управления: основные понятия; классификация АИС; технологии информационного обследования управленческой деятельности и разработки информационных и расчетных задач (комплексов задач).

Пятый раздел посвящен организационно-технологическим вопросам поддержки деятельности должностных лиц предприятия или фирмы во всех ее формах информационной (на основе применения систем централизованной и распределенной обработки информации), вычислительной

(предусматривающей прежде всего использование методов математического, особенно имитационного, моделирования), интеллектуальной (основанной на применении систем, базирующихся на знаниях).

В Заключении обсуждаются проблемы и перспективы развития методов разработки решений на основе современных информационных технологий.

Таблица 0.0.1

**Схема технологии разработки управленческих решений**

№ п/п	Технологические операции и отдельные приемы принятия локальных решений	Объекты (предметы) приложения творческих усилий ЛПР	Результаты принятия локальных решений при выполнении технологических операций	Концептуальные основы и базовые принципы
1	2	3	4	5
1	<b>Анализ проблемы</b> или уяснение поставленной задачи	Проблема или поставленная задача	Формулировка цели предстоящей операции	СП, П <sub>вд</sub> , П <sub>цп</sub>
2	<b>Формирование альтернатив</b> 2.1. Выявление "ведущих" факторов 2.2. Декомпозиция факторов из класса "Способствующих" и "Мешающих" проведению операции 2.3. Установление "объектов приложения усилий" 2.4. Оценка потенциальных возможностей активных ресурсов 2.5. Учет ограничений на использование активных ресурсов 2.6. Генерация альтернатив путем образования комбинаций "Прием"–"Объект приложения усилий"–"Обстановка операций"	"Ведущие факторы" "Ведущие факторы" "Способствующие" и "Мешающие" факторы Активные ресурсы "Неуправляемые" факторы Цель приема задействования активных ресурсов, объекты приложения усилий из группы управляемых факторов, обстановка операции	"Способствующие" и "Мешающие" факторы "Управляемые" факторы (объекты и субъекты) Приемы задействования активных ресурсов "Обстановка операции" Варианты решений – указаний исполнителям "что сделать", "кто", "где", "когда" и "с помощью чего" должен это сделать	П <sub>20/80</sub> П <sub>дк</sub>     П <sub>сн</sub>
3	<b>Оценка альтернатив:</b> 3.1. Выбор критериев оценки и их шкал 3.2. Измерение значений критериев для альтернатив	Цель, система предпочтений ЛПР	Наименования критериев и их шкалы	П <sub>цл</sub> , П <sub>ок</sub> , П <sub>ир</sub>
4	<b>Упорядочение альтернатив</b>	Множество альтернатив	Недоминируемые (эффективные) и "наилучшие" альтернативы	П <sub>рд</sub> , П <sub>оп</sub>

5	<b>Принятие решения:</b> 5.1. Интерпретация "наилучшей альтернативы" 5.2. Формирование (принятие) решения на основе придания "наилучшей альтернативе" необходимой устойчивости и гибкости. 5.3. Планирование исполнения принятого решения	Эффективные и "наилучшие альтернативы"	Решение – План проведения операции	СП, П <sub>вд</sub> , П <sub>цл</sub> , Пап
6	<b>Юридическое оформление решения и доведение его до исполнителей и соисполнителей</b>	Решение – План	<b>Решение – Документ</b> и указания (приказания, распоряжения и проч.) исполнителям и соисполнителям	П <sub>дк</sub> , П <sub>ос</sub>
7	<b>Контроль</b> исполнения спланированного и доведенного решения	Решение – Документ	<b>Одно из четырех действий:</b> • ничего не предпринимать (все как задумано); • изменить границы допустимой свободы принятия решений; • оказать помощь; • остановить операцию	П <sub>цл</sub> , П <sub>ср</sub>
8	<b>Оценка фактической эффективности</b> реализованного решения	Фактические результаты проведенной операции	Вклады в "Искусство", "Науку" и "Опыт" управления и выработки решений	СП, П <sub>цл</sub> , П <sub>сн</sub> , П <sub>ис</sub>
9	<b>Выбор очередной проблемы</b> для решения или получения новой задачи для исполнения	Список проблем	<b>Переход к начальной технологической операции – "Анализ проблем или уяснение поставленной задачи"</b>	СП

*Примечание.* Обозначения в последней колонке табл. 0.0.1 имеют следующий смысл:

СП – концепция системного подхода; П<sub>вд</sub> – принцип внешнего дополнения; П<sub>цл</sub> – принцип цели; П<sub>ис</sub> – принцип историзма; П<sub>дк</sub> – принцип декомпозиции; П<sub>сн</sub> – принцип синтеза; П<sub>ос</sub> – принцип однозначной семантики; П<sub>20/80</sub> – принцип "20/80"; П<sub>ок</sub> – принцип Оккама; П<sub>рд</sub> – принцип Родена; П<sub>ир</sub> – принцип индивидуальной рациональности; П<sub>оп</sub> – принцип оптимальности; П<sub>ап</sub> – принцип адаптивности; П<sub>ма</sub> – принцип множественности альтернатив; П<sub>ср</sub> – принцип неокончателности и свободы принятия локальных решений.

## 1. ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ

## РЕШЕНИЙ

В своей жизни каждый человек вынужден принимать решения. К этому его постоянно подталкивают либо личная неудовлетворенность своим внутренним или внешним положением, либо общественные потребности. В результате человеку время от времени приходится разрешать какие-то проблемы, стремиться достичь каких-то целей, решать какие-то задачи или выполнять конкретные работы. В некоторых случаях человек может сделать что-то сам, лично. Однако чаще его индивидуальных способностей и возможностей не хватает. Тогда ему приходится вступать в отношения с другими людьми, договариваться о совместных усилиях и распределении обязанностей, прибегать к использованию техники, разнообразных ресурсов. Но в таком случае всем этим – людьми, техникой, ресурсами – нужно согласованно руководить, нацеливать их на получение каких-то определенных результатов в нужное время, направлять в нужные места и т. п. Другими словами, всем этим нужно **управлять**.

Но одинаковый ли смысл мы вкладываем в слово "управлять", когда речь идет об управлении, деятельностью огромной организации, небольшого коллектива, об управлении автомобилем? Разумеется, нет. В каждом из представленных случаев речь идет о разных уровнях, функциях и объектах управления. Они настолько разнятся, что изучением указанных особенностей управления занимаются разные науки. Прежде всего это, конечно, кибернетика. Она занимается общей теорией управления системами. В качестве ее прикладного раздела выступает теория управления организациями (сегодня часто говорят – менеджмент). Но и менеджмент делится по уровням иерархии управления. В результате с начала научно-технической революции активно развивается теория администрирования. С появлением автоматизации как науки получила развитие теория автоматического управления (регулирования). На рис. 1.0.1 представлена диаграмма процессов управления организацией. Главный объект процесса, представленного на рис. 1.0.1, — управляемая организация, проводящая определенную общественно полезную деятельность. Руководит ею главный субъект организации – ЛПР. Его главная функция – устранять (путем разработки решения и воплощения его на практике) постоянно возникающие внешние и внутренние проблемы.

Приятие проблемы является ключевым в управленческой деятельности. В теории принятия решений под проблемой понимают важный для ЛПР вопрос, порожденный в его сознании неудовлетворенностью чем-либо. Это может быть неудовлетворенность внешним окружением организации или ее внутренним состоянием. В понятие проблемы обычно включают также желание ЛПР и имеющиеся у него возможности устранить этот психологический дискомфорт. Другими словами, в теории управления и разработки решений полагают, что если у ЛПР нет желания или отсутствуют возможности устранить что-то, что вызывает его неудовлетворенность, то для него и проблем нет.

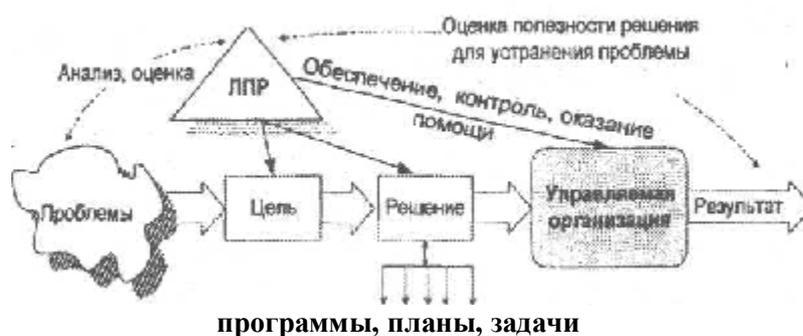


Рис. 1.0.1. Диаграмма процесса управления организацией

Вначале ЛПР воспринимает проблему на уровне ощущений. Постепенно, по мере осмысления этих ощущений и анализа возможных причин неудовлетворенности, проблема приобретает более четкие формы. Наконец, ЛПР начинает воспринимать проблему как некое расхождение в его представлениях между тем, что оно желало бы иметь или достигнуть ("желательное состояние"), и тем, что оно реально имеет в настоящий момент ("действительное состояние"). У ЛПР рождается понимание **цели**, желаемого результата преобразующей деятельности, т. е. того желаемого результата, достижение которого приводит, по мнению ЛПР, к устранению (разрешению) проблемы.

Таким образом, проблема – это начальный пункт во всякой управленческой деятельности, в

разработке и принятии решений, а формулировка цели – первое формальное представление о направленности действий ЛПР. Постепенно, в ходе более детального анализа цель расчленяется на составляющие подцели. Затем подцели согласуют по стадиям развития логического процесса достижения цели, их "привязывают" ко времени и месту, к подчиненным ЛПР руководителям, исполнителям и объектам приложения усилий и таким образом трансформируют в совокупность задач. От того, будет ли решена вся совокупность задач, а также будут ли по всем решенным задачам достигнуты требуемые результаты, зависит степень достижения поставленной цели.

Когда перечень задач определен, ЛПР приступает к формированию замысла достижения цели, а также обобщенного облика всей целенаправленной деятельности организации по достижению цели. Так рождается операция. **Операция** – понятие в кибернетике и теории управления, используемое для обозначения любой целенаправленной деятельности, любого комплекса мероприятий, осуществляемых ЛПР в интересах достижения намеченной цели. Именно в таком смысле это слово будет использоваться в данном учебнике.

Замысел операции ЛПР постепенно дорабатывает до решения на ее проведение. В ходе юридического оформления решение ЛПР превращается в программы развития, в систему частных целей, планов, задач и критериев их выполнения. В своем решении ЛПР ставит задачи руководителям подразделений. После всего этого начинается процесс практической реализации принятого и доведенного до исполнителей решения.

Когда решение уже выполнено, а операция по устранению проблемы завершена, ЛПР оценивает полезность и фактическую эффективность этого решения. При этом во внимание принимается не только сам факт, но и степень устранения первоначальной проблемы. Результатом оценки фактической эффективности решения могут быть следующие выводы:

- ♦ проблема устранена полностью и ее разрешение не вызвало каких-то видимых отрицательных последствий;
- ♦ проблема устранена частично, но также не наблюдается отрицательных последствий;
- ♦ проблема устранена частично и при ее разрешении возникли некоторые новые затруднения;
- ♦ проблема не устранена, а реализация решения по ее устранению вызвала возникновение новых, значительных проблем.

Итак, до самого конца операции ЛПР и все участвовавшие в разрешении проблемы лица остаются в неведении относительно истинного успеха или неуспеха их деятельности. Только когда все закончится, ЛПР станет ясно, та ли проблема была выбрана для решения, правильно ли была сформулирована цель предстоящей операции и верно ли эта цель была разделена на задачи, в то ли время и тем ли исполнителям было поручено эти задачи решить и т. д., и т. п.

В этом отношении работа руководителя подразделения (администратора) значительно проще, чем работа ЛПР. Прежде всего подразделение предназначается для решения вполне определенных, присущих его специфике задач. Задачи руководителю подразделения поступают в готовом виде извне, от руководителя организации. Для решения задач руководителю подразделения ЛПР передает в распоряжение определенные ресурсы. После уяснения задачи руководитель подразделения принимает решение на ее выполнение и планирует действия конкретных исполнителей – составляет план. В решении и плане отражаются особенности того, кто, когда, где, каким наилучшим способом и с помощью чего будет решать задачу в конкретных условиях обстановки. Если поставленная задача не требует для ее решения очень большой части имеющихся ресурсов, то ЛПР делегирует руководителю подразделения полномочия действовать более самостоятельно. Однако, чтобы распорядиться значительной их частью или всем ресурсом, руководитель подразделения должен согласовать свои решения и будущие действия с ЛПР, руководителем организации. При этом для доказательства верности собственных решений, для повышения убедительности своих доводов и предложений руководитель подразделения использует измеримые результаты и критерии для оценки эффективности операции. После завершения операции и получения фактических результатов руководитель подразделения докладывает ЛПР результаты оценки фактической эффективности решенной им задачи.

На рис. 1.0.2 представлена диаграмма процесса управления подразделением. Примерно по такой же схеме, которая изображена на рис. 1.0.2, происходит процесс выполнения конкретного задания (работы) конкретным исполнителем (работником).



Рис. 1.0.2. Диаграмма процесса управления подразделением

Однако здесь есть отличия. Прежде всего это разница в масштабе решения. Исполнитель уясняет суть задания и выбирает для его исполнения один из известных и хорошо им отработанных приемов выполнения работы.

Набор таких приемов, как правило, невелик, ресурсы на выполнение каждого приема строго дозированы, поэтому решение о том, как выполнить задание, по сути, не принимается, а как бы мгновенно рождается: умения и навыки исполнителя сразу подсказывают ему, что и как лучше сделать в данной ситуации. Обычно не требуется специального составления какого-то плана, да и жизнь часто не позволяет такую "роскошь". Однако какой и когда применить прием решает исполнитель на месте в момент выполнения задания. Эти же особенности не требуют от исполнителя оценивать эффективность исполнения задания.

Уровень качества работы полностью определяется качеством работника, а следовательно, ответственность за качество или эффективность выполнения задания полностью лежит на администраторе, который назначил именно этого исполнителя на выполнение именно этого задания.

Учитывая сказанное, в дальнейшем везде под лицом, принимающим решения (ЛПР), будем понимать индивида, который с полной ответственностью постоянно занимается устранением возникающих в организации проблем или постоянно занимается решением задач в интересах всей организации. При этом ЛПР имеет право распоряжаться всеми или значительной частью ресурсов организации и принимать обоснованные решения на их задействование. ЛПР имеет право назначать исполнителей на выполнение заданий. ЛПР обязано обеспечивать подчиненных ему руководителей и исполнителей ресурсами, контролировать их работу, оказывать им помощь при необходимости.

Будем также полагать, что только ЛПР может суверенно пользоваться положительными результатами от решения проблемы или задачи, а также – поощрять исполнителей за их работу. В то же время будем считать, что именно на ЛПР ложится и вся тяжесть ответственности за неуспех, неудачу, за напрасные расходы или неразумно использованные средства. Наконец, учитывая сложившуюся практику управления, будем иметь в виду, что в качестве ЛПР может выступать не только отдельный индивид, но и группа заинтересованных лиц, и какой-то коллективный аппарат управления (например, совет директоров холдинга).

Из методических соображений и для полноты изложения на рис. 1.0.3 представлена диаграмма процесса автоматического управления работой механизма. Видно, что автоматический регулятор никаких "решений" не принимает, а лишь выполняет предписанную программу отработки требуемого результата. Для отслеживания этой цели автомат снабжен обратной связью. Автомат не способен ни на какие "осознанные выборы", он принципиально не может породить никаких управляющих воздействий, кроме тех, которые предусмотрены заложенной в него программой. Если мы захотим изменить совокупность управляющих воздействий автомата, нам придется пересмотреть его программу. Поэтому в рамках данного учебника, который посвящен проблемам управления и разработки решений, вопросы теории автоматического управления обсуждаться не будут.



Рис. 1.0.3. Диаграмма процесса автоматического управления работой механизма

Итак, будем полагать, что мы уже получили некоторое представление о том, в каком смысле нами будет использоваться слово "управление", а также о том, что общего и в чем отличается управленческая деятельность ЛПР разного масштаба. Теперь необходимо получить некоторые представления о методологии управления и разработки решений.

С этой целью обратимся к системному подходу как прикладной форме закона о всеобщей связи и взаимной обусловленности явлений материального мира.

Согласно сложившимся к настоящему времени научным представлениям [39] разработку решений на управление сложными системами или в сложных ситуациях целесообразно проводить *на трех системных уровнях*: концептуальном, операциональном и элементном.

*Концептуальный уровень* – это уровень оценки "полезности" и деятельности всей организации в целом. Такая оценка выносится на основе использования наиболее общей информации. Элементный уровень оперирует самой подробной и точной информацией. Последовательное привлечение все более подробной и точной информации позволяет экономить усилия при решении задачи, сделать сам поиск весьма оперативным. Подобная схема исследования весьма распространена на практике. Например, по этой схеме лучше всего действовать, если нужно отыскать координаты какого-то города на карте мира. Для этого вначале следует привлечь наиболее общую информацию о том, какому государству этот город принадлежит и на каком континенте это государство находится. Затем, открыв карту континента и найдя на ней нужное государство, привлекают информацию о том, в каком регионе государства этот город расположен. И, наконец, воспользовавшись наиболее подробной информацией о том, в какой части региона этот город находится, какие еще населенные пункты и заметные объекты рядом с ним расположены, окончательно определяют его координаты.

Именно так целесообразно поступать и при разработке решений на управление организацией или выполнении поставленных задач. Вначале ЛПР использует самую общую информацию о существовании проблемы, истории ее проявления и развития. На ее основе анализируют проблемы (или задачи) содержательно и оценивают их информационную обеспеченность, делают наиболее общие выводы об их приоритетах, выбирают наиболее актуальные проблемы для решения.

На этом уровне исследования оперируют качественными суждениями и оценками, неформальным, эвристическим анализом, творчески "перерабатывают" ощущения и ожидания ЛПР в формулировки для цели и основных направлений ее достижения. Таким образом, используемый методический аппарат концептуального уровня разработки решений – самый общий, на уровне методологии и отдельных методов. Главная цель концептуального обоснования решений – установить возможные и перспективные направления будущей деятельности по устранению проблем, наметить общую последовательность действий. На основе принципа разделения труда на концептуальном уровне разработки решений формируют общие цели и задачи деятельности подчиненных подразделений, входящих в организацию. Эти цели и задачи для подразделений расчленяют процесс разрешения проблемы организации по этапам и целевым результатам, по объектам приложения усилий, по месту и по времени. В итоге на концептуальном уровне вырисовывается общий замысел решения проблемы или задачи.

Ошибки, допущенные в управлении на концептуальном уровне, не могут быть устранены никакими последующими действиями. Эти ошибки могут привести к закрытию организации или срыву в выполнении задачи. По этой причине концептуальный уровень можно по праву именовать уровнем стратегического обоснования решений.

На *операциональном уровне* подробно исследуют контекст, содержание операции по достижению намеченных целей, определяют "порядок движения" к цели в выбранном концептуальном направлении. Главная задача операционального уровня – планирование операции. Для этого обычно строят модель операции, оценивают влияние объективных и субъективных факторов, определяющих ее ход и исход, генерируют альтернативы и на основе оценки эффективности принимают решение относительно того, какую из альтернатив следует считать наилучшим способом достижения цели. Степень обобщения факторов, учитываемых руководителем на операциональном уровне разработки решений, ниже, чем на концептуальном. Информация, используемая для принятия решения на операциональном уровне управления, более подробная. Теперь она описывает не только общие закономерности, но и технологические особенности плана проведения операции и характеристики качества исполнительных звеньев на элементном уровне, и отдельные особенности системы предпочтений руководителей разного ранга. Методологический аппарат обоснования решений на операциональном уровне – это способы и конкретные технологии. Операциональный уровень можно по праву именовать уровнем тактического

обоснования решений.

*Элементный уровень* – это уровень исполнительных звеньев. Здесь оценивают качество исполнителей и ресурсов.

В обобщенном виде характеристики целей и задач трех общесистемных уровней управления и разработки решений, а также информация об используемом на этих уровнях методическом аппарате, представлены в табл. 1.0.1.

Как организационные единицы исполнительные звенья обладают определенным качеством, а входящие в них исполнители – вполне реальными профессиональными характеристиками: знаниями, умениями, навыками, опытом и др. Это во многом характеризует их способность выполнять те или иные задания. Для того чтобы исполнитель как можно более эффективно реализовал эти качества, мало создать для него эти объективно необходимые условия для работы. Исполнитель должен сам захотеть совершить поступок, которого от него ждут – выполнить порученную ему работу творчески, быстро, качественно. И в этом принципиальное отличие в руководстве людьми по сравнению с руководством техникой, машинами. Если машина исправна и работоспособна, то для того чтобы она выполнила какую-то работу, исполнила какую-то функцию, достаточно воздействовать на органы управления или запустить управляющую программу. Машина отработает именно эту программу, но никакую другую.

Для человека, даже если он обучен, подготовлен и ожидает указания, далеко не все так просто. Чтобы человек что-то сделал, он должен совершить поступок в том смысле, что сам, вполне осмысленно, придет к убеждению, признается, что если он выполнит что-то, то ему будет только лучше.

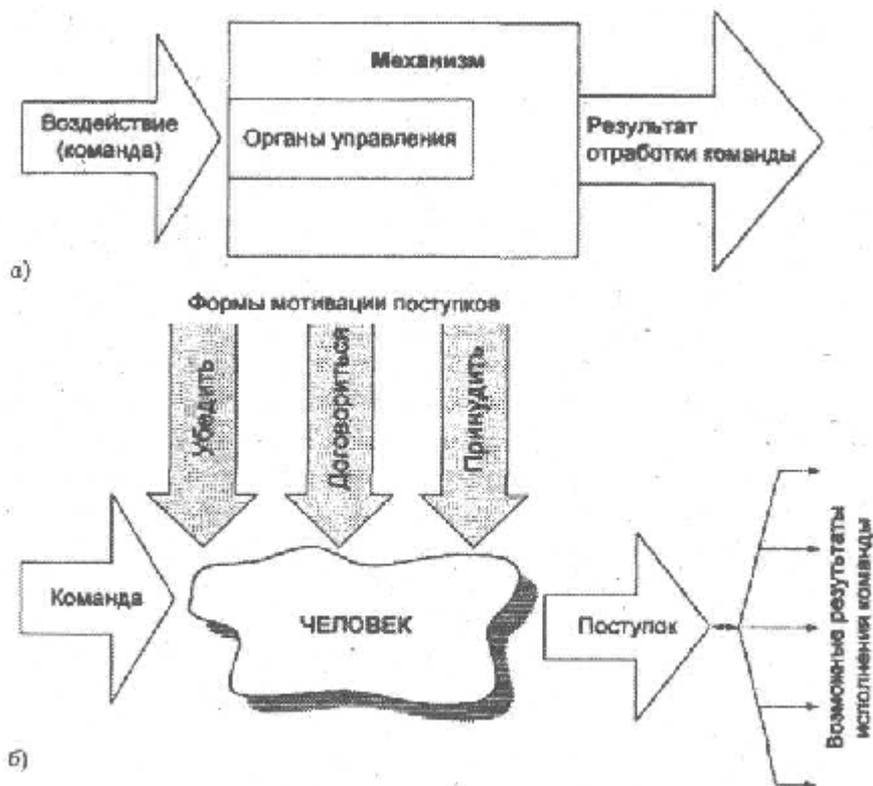
*Таблица 1.0.1*

**Характеристики основных системных уровней управления и разработки решений**

Системный уровень управления и разработки решений	Основная функция, цели и задачи управления и разработки решений на рассматриваемом уровне	Рекомендуемый методический аппарат для разработки решений на рассматриваемом уровне
Концептуальный	Анализ проблем, выбор проблемы для решения, формирование цели и общего замысла ее достижения	Научные и эвристические методы
Операциональный	Оценка эффективности и принятия решения на операцию в рамках намеченной цели, постановка задач исполнителям	Научные и эвристические способы (технологии)
Элементный	Выбор технологического приема, обеспечивающего наиболее выгодное решение поставленной задачи	Научные и эвристические приемы

Другими словами, человек всегда сам принимает решение о том, сделать или не сделать что-то, а также – сделать это так или иначе. Решение исполнителя всегда основывается на его личных мотивах и представлениях. Эти представления конкретного человека касаются его личных суждений о хорошем и плохом, о достойном и недостойном, о приличном и неприличном, о выгодном или невыгодном, об опасном и неопасном и т. п. И руководитель может добиться от исполнителя, чтобы тот что-то сделал лишь *тремя методами мотивации*: убедить, принудить (заставить) или договориться.

Результаты поступка человека, проявляющиеся в виде реакции на отданное ему распоряжение, неопределенные. Все зависит от того, что это за распоряжение (как его исполнение и неисполнение соотносятся с системой предпочтений исполнителя), в каких условиях оно отдано, как мотивирован исполнитель лицом, принимающим решения, и т. п. Многочисленные наблюдения показывают [23, 37], что значительную роль играет то, какой метод мотивации (или какую совокупность методов мотивации) выберет ЛПР. Перечисленные концептуальные различия в механизмах получения результата от машины и от человека схематично отражены на рис. 1.0.4.



**Рис. 1.0.4.** Концептуальные различия в механизмах получения результата от механизма и от человека:  
 а – управление механизмом; б – управление человеком

На рис. 1.0.4, а показано, что результат отработки управляющего воздействия механизмом вполне определен, однозначно связан с самой командой, а рис. 1.0.4, б демонстрирует неоднозначность такой связи: одно и то же распоряжение, отданное человеку, может привести к различным возможным результатам, в частности, в зависимости от того, какой метод мотивации применило ЛПР. Оказывается, что если человека убедить, то результат его поступка будет даже лучше того, какого от него ждали. Если же человека принуждать, то результат может оказаться значительно хуже ожидаемого. В том случае, когда человек сам не убежден в том, что ему следует что-то сделать, чего от него хотят, и этого человека никак нельзя принудить, остается единственный, компромиссный способ – постараться договориться о совместных действиях.

То, какой метод мотивации будет выбран, существенно повлияет на результаты исполнения задания. Поэтому кратко проанализируем действие механизма того, как ЛПР может побуждать других сделать что-то самым лучшим для него образом. Влияние тех или иных конкретных обстоятельств в жизни человека на его поведение неравнозначно. На первом месте перед субъектом всегда стоят обстоятельства, которые определяют физиологические потребности человека. Другими словами, для любого субъекта, что бы он ни говорил, на первом месте всегда стоит необходимость удовлетворить потребности в пище, одежде, жилище, оградить себя и своих близких от болезней и опасностей. Однако, если эти, "первичные", потребности удовлетворены, то человек не останавливается в своих желаниях. Далее любой субъект обычно немедленно стремится после удовлетворения физиологических потребностей добиться сочувствия, привязанности, понимания со стороны других, уважения, которое придаст ему чувство гордости, некий внутренний стержень. Зная это, опытные руководители воплощают свои решения в дела, применяя на практике основные принципы мотивации.

**Мотивация** – это процесс побуждения себя и других к деятельности для достижения личных целей или целей организации. Как писали еще Тейлор и Гилбрет, "новости о теории подсознательного Зигмунда Фрейда распространились по Европе и, наконец, достигли Америки". Однако тезис о том, что люди не всегда поступают рационально, был слишком радикальным, и менеджеры не сразу "накинулись" на него. Хотя попытки применить в управлении психологические мотивы были раньше, только с появлением работы Элтона Мэйо (1924 г.) стало ясно, что мотивация по типу кнута и пряника является недостаточной. Психологи утверждают, что человек испытывает потребность, когда он ощущает физически или психологически недостаток чего-либо. "Когда у людей есть побуждения,

желания или предрасположения, которые не могут быть удовлетворены наличными формами существования, они оказываются в состоянии беспокойства. Они ощущают побуждение к действию, но одновременно и препятствие, мешающее его исполнению; в результате они испытывают дискомфорт, ... неуверенность и, как правило, отчуждение или одиночество. Это внутреннее напряжение ... обычно выражается в беспорядочной и некоординированной деятельности. Это признак беспокойства. Внешне эта деятельность ... имеет лихорадочный характер... внутренне она ... принимает форму расстроенного воображения и беспорядочных эмоций" [48].

До сих пор нет одной всеми принятой идентификации потребностей. Однако большинство психологов соглашаются с тем, что потребности, в принципе, можно классифицировать на первичные и вторичные. Еще в 40-х гг. XX в. ученый А. Маслоу [35] разработал так называемую иерархию потребностей и указал, что перечисленные первичные потребности человека (в пище, одежде, убежище от опасностей или врагов; потребности в обеспечении жизненных условий для своей семьи) заложены в нем генетически и являются ведущими в его поведении. Вторичные потребности возникают и обычно осознаются с опытом. А. Маслоу выделил в качестве вторичных потребностей стремление субъекта к обеспечению для себя уважения, определенного социального статуса, к обеспечению лидерства, возможности самовыражения и др. Эти потребности развиваются в субъекте под действием природного честолюбия, заставляют его проявлять авантюризм. При этом, поскольку природные наклонности и опыт у разных людей различны, то и вторичные потребности людей различаются в большей степени, чем первичные, генетические.

Когда потребность ощущается человеком, она пробуждает в нем состояние устремленности. Побуждение – это ощущение недостатка в чем-либо, имеющее определенную направленность. Оно является поведенческим проявлением потребности и сконцентрировано на достижении цели. Цель в этом смысле – это нечто, что осознается как средство удовлетворения потребности. Когда человек достигает такой цели, его потребность оказывается удовлетворенной, частично удовлетворенной или неудовлетворенной. На рис. 1.0.5 представлена упрощенная модель мотивации поведения через потребности.



Рис. 1.0.5. Упрощенная модель мотивации поведения через потребности

Для побуждения людей к эффективной деятельности часто применяют вознаграждения. Слово "вознаграждение" имеет более широкий смысл в разговоре о мотивации, чем просто деньги или удовольствия. Вознаграждение – это все, что человек считает ценным для себя. Но понятия ценности у людей специфичны, а следовательно, различна оценка вознаграждения и его относительной ценности. Внутреннее вознаграждение дает сама работа (чувство достижения результата, значимости работы, самоуважение, дружба и общение, возникающие в процессе работы и т. п.). Внешнее вознаграждение дается организацией (зарплата, продвижение по службе, символы служебного статуса и престижа, дополнительные выплаты и т. п.). Потребность в самовыражении (потребности в реализации своих потенциальных возможностей и росте как личности) никогда не может быть полностью удовлетворена. Поэтому и процесс мотивации через потребности бесконечен. Для того чтобы следующий, более высокий, уровень иерархии потребностей начал влиять на поведение человека, не обязательно удовлетворять потребность более низкого уровня полностью. Таким образом, иерархические уровни не являются дискретными ступенями ("бедный, но очень гордый"). Есть люди, для которых, например, самоуважение является более важным, чем любовь.

## 1.1. Организация разработки решений руководителем на основе системного анализа складывающейся обстановки

"Современная теория принятия решений..." – эти слова часто мелькают на страницах прессы, звучат по радио и с экранов телевизоров. Эти слова охотно употребляют политики, экономисты, социологи. Но что за ними скрывается? Когда эта теория стала, так сказать, "современной"? Чем принципиально ее содержание отличается от традиционной ("несовременной") системы взглядов на процесс принятия решений? Не менее важны, на наш взгляд, ответы и на другие вопросы: как рационально, на научной основе подойти к разработке решений? как в общетеоретическом смысле выглядят основные задачи принятия решений? каковы основные концепции и принципы современного подхода к разработке решений?

Дать, а главное – понять ответы на поставленные вопросы невозможно, не вспомнив основной перечень задач управления вообще, не обозначив семантическую сущность основных понятий и определений, используемых в кибернетике и теории принятия решений.

### **1.1.1. Порядок работы руководителя при разработке решений и при управлении повседневной деятельностью персонала**

В процессе управления действия персонала не могут проходить стихийно. Персонал организации объективно нуждается в том, чтобы его действия организовывались, согласовывались, координировались, а совместные усилия направлялись на достижение цели. Основная цель управления состоит в том, чтобы обеспечить максимальную эффективность деятельности предприятий, фирм, организаций.

Сущность управления деятельностью предприятия и персонала заключается в целенаправленной деятельности руководителей, менеджеров, по подготовке их к проведению экономических (финансовых) операций и руководству ими при выполнении поставленных задач. Содержание управления составляет совокупность мероприятий (задач управления), которые охватывают деятельность руководителей, менеджеров и служб всех степеней по управлению персоналом фирмы в целях подготовки их к определенным действиям.

Основными функциями процесса управления являются:

- ◆ непрерывное получение, сбор, изучение, анализ и обобщение данных об обстановке;
- ◆ своевременное принятие решения на организацию и ведение экономических операций;
- ◆ постановка задач подчиненным;
- ◆ планирование мероприятий;
- ◆ организация и поддержание взаимодействия между "дружественными" фирмами;
- ◆ организация и проведение мероприятий по улучшению системы управления организации;
- ◆ постоянный контроль за правильным уяснением и выполнением подчиненными организациями поставленных задач, а при необходимости – своевременное оказание помощи;
- ◆ проведение других мероприятий, необходимость которых определяется обстановкой.

Решение руководителя объединяет в единое целое цель экономических действий, необходимые для ее достижения силы и средства, мероприятия по организации системы управления. Оно является основой управления в экономике.

А что составляет основу самого решения? Основу решения на решение экономической задачи составляют знания закономерностей и принципов менеджмента, а также правильное уяснение полученной задачи и верная оценка обстановки. Эффективность решения будет выше, если оно не шаблонно, а является результатом объединения творческого мышления и воли руководителя, если оно подкреплено соответствующими математическими расчетами.

Общая схема, иллюстрирующая порядок работы руководителя при *разработке* решения на проведение экономической операции и организацию его выполнения, представлена на рис. 1.1.1.

Уяснение задачи (1) – начальный этап работы руководителя, направленный на глубокое понимание цели предстоящих финансовых операций; замысла вышестоящего руководителя, содержания и особенностей полученной задачи; роли своего предприятия (подразделения) в выполнении общей задачи, поставленной вышестоящим руководством; задач "дружественных" фирм, порядка и способов взаимодействия с ними; учет задач, решаемых силами и средствами вышестоящего руководства в интересах предприятия (подразделения), срока готовности к выполнению задачи. Изменение обстановки также является побудительным мотивом для уточнения или уяснения текущих и будущих задач.



**Рис. 1.1.1.** Общая схема работы руководителя при разработке решения на проведение экономической операции и организацию его выполнения

Понять замысел вышестоящего руководителя (менеджера), например, на предстоящее повышение цены на выпускаемую продукцию – это значит уяснить, какие именно товары, где и в какой последовательности необходимо рассмотреть из всей номенклатуры изделий, выпускаемых предприятием. Кроме того, необходимо понять, на какие наименования продукции будет повышена цена в первую очередь, а на какие – цена повысится в последнюю очередь, к каким социальным последствиям приведет повышение цен, какую прибыль при этом будет иметь предприятие и т. д.

Таким образом, при уяснении цели предстоящих действий руководитель должен понять, какого конечного результата должно достигнуть его предприятие (подразделение). В результате уяснения полученной задачи руководитель делает для себя необходимые выводы.

Уяснив задачу, руководитель производит расчет времени (2), т. е. распределяет время, имеющееся в его распоряжении, на подготовку к предстоящим действиям персонала, на планирование и доведение задач до подчиненных. Целью расчета является выделение максимально возможного времени для практической подготовки к предстоящим действиям персонала фирмы. Расчет времени осуществляется лично руководителем или его заместителем. Проведя расчет времени, руководитель ориентирует подчиненных на предстоящие действия с целью увеличения времени на практическую деятельность персонала предприятия.

Оперативное ориентирование (3) руководитель проводит, как правило, лично, для того, чтобы сообщить менеджеру (персоналу) информацию об обстановке, предстоящих действиях, об организации наблюдения, времени и порядке работы, подготовке данных для принятия решения и другую информацию, позволяющую им правильно уяснить обстановку и подготовиться к выполнению задач.

После ориентирования подчиненных и организации работы должностных лиц руководитель немедленно приступает к оценке обстановки. Оценка обстановки (4) – это всестороннее изучение и анализ факторов, влияющих на выполнение поставленных задач. В результате выявляются условия и факторы, способствующие и препятствующие успешному выполнению поставленных задач. В целом оценка обстановки проводится по следующим элементам: конкурент, свой персонал, район места

действий или сегмент рынка, время.

Оценивая конкурента, руководитель обязан уяснить и определить состав, состояние, положение и возможный характер его действий; его сильные и слабые стороны; вероятную направленность его действий.

При оценке своего персонала руководитель изучает и анализирует интеллектуальный потенциал, готовность к выполнению поставленных задач, укомплектованность персонала средствами организационной техники, связи и т. д. Это позволяет ему правильно определить возможности для выполнения поставленных задач, наиболее эффективные способы действий. На основе сделанных выводов руководитель устанавливает задачи своим подразделениям и подчиненным, оценивает состояние управления, уровень готовности персонала к предстоящим действиям.

Помимо этого руководитель оценивает влияние действий конкурентов на выполнение задачи своими подразделениями. При оценке времени руководитель определяет время на выполнение конкретных мероприятий при подготовке и проведении необходимых действий. Процесс оценки отдельных элементов обстановки может повторяться по мере поступления новой информации, влияя на решение в целом или на его отдельные элементы.

На основе оценки конкурента и своего персонала определяется количественно-качественное соотношение сил и средств сторон. Решение от руководителя указанных вопросов требует глубокого понимания обстановки и умения выделять те ключевые факторы, которые обеспечат принятие наилучшего для данной ситуации решения.

Оценив таким образом последовательно все элементы обстановки и сделав по каждому из них частные выводы, руководитель затем делает общий вывод о степени влияния сложившейся обстановки на достижение поставленной цели. В выводах из оценки конкурента и своего персонала руководитель уже намечает отдельные элементы замысла действий, возможные способы достижения цели и направления сосредоточения основных усилий. Окончательные выводы из уяснения задачи и оценки обстановки позволяют руководителю сформировать несколько наиболее перспективных вариантов решения на предстоящие действия и затем выбрать наиболее целесообразный путь выполнения поставленной задачи – принять решение.

Обоснование и принятие решения (5) руководитель осуществляет на основе уяснения полученной задачи, оценки обстановки и проведенных расчетов. В решении руководитель дает ответ на основные вопросы, составляющие содержание решения:

- ◆ замысел действий;
- ◆ предварительные задачи предприятиям (подразделениям);
- ◆ основы организации взаимодействия между фирмами и подразделениями;
- ◆ основы организации обеспечения;
- ◆ основы организации управления и коммуникаций.

Замысел – это представление руководителя о ходе предстоящих действий до их начала. В замысле обычно указываются цель действий и способ ее достижения, направления сосредоточения основных и других усилий, основные и другие задачи, способы достижения основных и других задач. При разработке замысла участвующие в работе лица высказывают, свое мнение и вносят предложения, а также дают необходимые справки. Руководители подразделений должны быть готовы по требованию руководителя предприятия доложить дополнительные данные и расчеты по своим службам и персоналу.

Далее руководитель приступает к определению предварительных задач. Определив предварительные задачи подчиненным и подразделениям, руководитель определяет основы организации взаимодействия. Сущность взаимодействия подразделений при проведении экономической операции заключается в согласовании по целям, задачам, месту, времени и способам выполнения задач действий персонала для достижения цели.

После определения основ организации взаимодействия руководитель приступает к определению основ организации обеспечения действий. Определив все элементы решения, руководитель приказывает своему заместителю оформить решение к установленному сроку. Затем решение (замысел решения) докладывается вышестоящему руководству. Утвержденное старшим руководителем решение объявляется соответствующим должностным лицам обычно с указанием цели предстоящих действий и выводов из оценки обстановки. Решение оформляется в виде распоряжения по предприятию, фирме.

На основе решения руководителя его заместители и менеджеры осуществляют планирование необходимых действий. При этом разрабатывают приказ (распоряжение).

Организаторская работа руководителя и аппарата управления (этапы 6, 7, 8, 9 на общей схеме) сводится к организации исполнения решения, его материальному воплощению в действия персонала предприятия.

Постановка задач (6) подчиненным подразделениям является одной из важнейших функций руководителя и других органов управления при организации и ведении необходимых действий. Способы доведения задач определяются заместителем руководителя и главным менеджером. Для постановки задач на операцию разрабатываются:

- ◆ оперативные директивы (приказы);
- ◆ директивы (приказы) по обеспечению экономической операции;
- ◆ распоряжения подчиненным подразделениям и персоналу.

Во всех случаях точность, четкость и своевременность доведения распоряжений до подчиненных являются важнейшими условиями успешного их выполнения.

Работа по организации взаимодействия персонала (7) состоит в согласовании действий персонала по целям, задачам, месту, времени и способам выполнения поставленных задач.

Взаимодействие осуществляется непрерывно, а при нарушении немедленно восстанавливается. Разрабатывается план (таблица) взаимодействия. Практические вопросы взаимодействия отрабатываются с подчиненным персоналом в повседневной деятельности предприятия.

Работа по организации управления и коммуникаций (8) заключается в определении мест расположения группы управления, действий, распределения должностных лиц по местам управления, места нахождения руководителя мероприятия по восстановлению нарушенного управления и коммуникаций.

После постановки задач и организации взаимодействия главной задачей руководителя (менеджера) является практическая работа по организации выполнения поставленных задач и всех намеченных подготовительных мероприятий (9). Эта работа проводится путем организации действенного контроля за правильным уяснением, своевременным и точным выполнением отданных распоряжений и оказания непосредственной помощи менеджерам и специалистам на местах. Как правило, контроль должен носить упреждающий характер.

В первую очередь контролируются:

- ◆ готовность персонала управления;
- ◆ своевременность получения подчиненными соответствующих распоряжений;
- ◆ знание и правильное понимание поставленных задач;
- ◆ соответствие принятых подчиненными решений замыслу и поставленным задачам.

Для окончательного выбора и полного убеждения в правильности выбранного решения руководитель использует прежде всего личный опыт, проверяет выбранное решение по критериям логичности, оригинальности, соответствия положениям теории, историческому опыту. Рациональность и обоснованность решения оцениваются критериями, которые могут иметь либо качественные, либо количественные шкалы.

### **1.1.2. Основные понятия и определения теории принятия решений**

В данном учебнике будем использовать и придерживаться смысла следующих основных понятий: управление, ЛПР, проблема или задача (управления), решение, цель (управления, деятельности), операция (кибернетическая), альтернатива, активные ресурсы, результат, модель, условия (разработки решений).

Обращаем внимание на то, что эти основные понятия следует воспринимать только как термины, а не как строгие определения. Причин тому как минимум две.

Во-первых, для некоторых категорий ТПР просто нет строгих определений. Во-вторых, любое определение всегда достаточно косно, а ТПР – динамическая, бурно развивающаяся наука, которая постоянно пересматривает свой понятийный и методический аппарат. Следовательно, нет необходимости учить наизусть те слова, посредством которых мы будем толковать смысл основных понятий, однако обязательно следует глубоко проникнуться теми мыслями и образами, которые за этими словами стоят, уметь их интерпретировать.

Из методических соображений при описании основных понятий курсивом будем выделять те термины, по которым уже даны толкования или смысл которых будет обязательно разъяснен далее, в удобном для изложения материала месте учебника.

**Управление.** Как уже отмечалось, решение *проблемы*, стоящей перед ЛППР, возможно только путем направления и задействования *активных ресурсов* для исполнения конкретных заданий или работ. Ничто само по себе не делается. Людям, принимающим участие в *операции*, нужно указать, где, когда, что и с помощью чего сделать, каковы требования к качеству выполняемых заданий или работ, каковы допустимые вариации от намеченных заданий и при каких форс-мажорных обстоятельствах следует принять экстренные меры, каковы эти меры и проч. Все это объединяется одним понятием "управление". Управлять – это значит направлять кого-либо или что-либо к намеченной цели для достижения желаемого *результата*.

Главное требование к качеству управления – это его непрерывность. Ошибочно представление о том, что все само собой делается – это опасное заблуждение! Оно сродни представлению о том, что при поездке на автомобиле можно на длительное время бросить руль. Любое дело, как и автомобиль, без управления может двигаться только в одном направлении – под откос! Помимо непрерывности есть и ряд других требований к управлению, например, требование определенной свободы ("люфта") в действиях исполнителей, требование устойчивости и гибкости (означающее, что в случае необходимости можно провести корректировки ранее намеченного плана с минимальными потерями), оптимальности и некоторые другие.

**Решение.** Обычно одну и ту же задачу можно решить разными способами. Однако качество исхода *операции*, т. е. значения ее *результатов*, зависит не только от качества *активных ресурсов* и *условий* их применения, но и от качества способа задействования этих ресурсов в этих условиях. В этой связи в данном учебнике слово "решение" чаще всего будет интерпретироваться как *наилучший способ* разрешения проблемы, стоящей перед ЛППР, как наиболее предпочтительный способ достижения намеченной ЛППР цели. Следовательно, значение слова "решение" в нашем случае будет несколько отличаться от того значения, которое ему приписывается, например, в математике, когда говорят о решении математической задачи.

В математике правильное решение правильно поставленной задачи всегда одно и то же, независимо от того, кто и в каких условиях эту задачу решает. Математическое решение всегда объективно. В отличие от него решение проблемы – субъективно, так как разные ЛППР могут выбрать разные, понравившиеся именно им способы разрешения проблемы. Да к тому же условия решения проблемы накладывают существенный отпечаток на выбор ЛППР: одно и то же ЛППР в разных условиях может предпочесть в общем случае неодинаковый способ устранения *проблемы*.

**Цель.** Формализованное описание того желаемого состояния, достижение которого отождествляется в сознании ЛППР с решением *проблемы* или *задачи*. Цель описывается в виде *требуемого результата*.

**Альтернатива.** Это условное наименование какого-то из возможных (допустимых в соответствии с законами природы и *предпочтениями ЛППР*) способов достижения цели. Каждая отдельная альтернатива отличается от других способов решения проблемы последовательностью и приемами задействования *активных ресурсов*, т. е. специфическим набором указаний кому, что, где с помощью чего и к какому сроку сделать.

**Активные ресурсы** – это все то, что может быть использовано ЛППР для решения проблемы. Главными из активных ресурсов всегда будем считать людей, время, финансы (деньги) и расходные материалы, имеющиеся в распоряжении ЛППР.

**Результат.** Под результатом будем понимать специальную форму описания наиболее важных для ЛППР характеристик исхода *операции*. При исследовании операции степень предпочтительности (или, наоборот, неpreferentialности) ее результатов представляют в наиболее подходящей для этого шкале: *числовой*, *количественной* или *качественной*. Пусть, например, в качестве исходов финансовой операции рассматривают "победу" и "поражение". В таком случае можно будет измерять результаты операции, например, или в количествах реализованной прибыли, приобретенных акций и других ценных бумаг (количественная шкала), или в отношении интенсивности проявления исхода, например, "грандиозная победа", "незначительное поражение", "значительное поражение" (качественная шкала), или в отношении порядка следования исходов – первая победа, вторая победа, третья победа (числовая шкала). Тип шкалы выбирается в зависимости от цели измерения результатов; об этом более подробно будет сказано позже.

**Модель.** Реальный мир сложен и многообразен. Для его изучения или познания требуется много творческих усилий и времени. Вместе с тем для разработки решений часто ЛППР достаточно знать в изучаемом объекте или явлении не все, а лишь существенные свойства, особенности, закономерности, важные для решения *проблемы*. В целях экономии *активных ресурсов*, прежде всего времени, было

изобретено моделирование. Это специальный подход к изучению реальной действительности, когда ЛПР отбрасывает излишне подробные детали изучаемого объекта или явления, оставляет лишь наиболее существенные его черты. Нужно только требовать и следить, чтобы такое упрощение не было огульным. Важно, чтобы по результатам изучения оставшихся после упрощения фрагментов облика, фрагментов свойств и связей можно было бы сделать правильные выводы для принятия решений. Только в таком случае моделирование окажется действительно полезным. В результате все существенные для разработки решений реальные объекты и явления ЛПР заменяет компактными, выразительными и удобными для описания, хранения и другого использования упрощенными образами. Подобные упрощенные образы называют моделями. Таким образом, модель сохраняет в себе все важное, что нужно обязательно учесть, вырабатывая решения, однако форма представления модели выбирается такой, чтобы процесс разработки решения был бы *эффективным*. Следует иметь в виду, что моделирование проводится с разными целями. Вот перечень наиболее часто встречающихся целей моделирования:

- ◆ изучить какой-то элемент реальной действительности – дидактические и исследовательские модели;
- ◆ отработать какой-то элемент практических действий – тренировочные и игровые модели;
- ◆ оптимизировать какой-либо процесс, форму или содержание чего-либо – оптимизационные модели;
- ◆ делегировать полномочия на совершение определенных действий другими лицами – модели предпочтений.

Каждой цели моделирования можно поставить в соответствие наиболее предпочтительную форму построения и представления модели. Например, модель может быть сформирована описательно, т. е. словами. Такие модели называют вербальными. Элементы реальной действительности и связи между ними можно также представить с помощью символов или знаков. Это семиотические модели. Кроме того, с детства каждому знакомы физические копии предметов и объектов – игрушки. И каждый в детстве играл в игры: в войну, школу, какую-то профессию, т. е. моделировал поведение в реальной действительности. Каждый из нас когда-то что-то рисовал, выражая свои мысли об увиденном или услышанном. Эти графические изображения – рисунки, схемы, карты местности и т. п. – все это также модели, т. е. упрощенные образы реальной действительности.

Для каждой из перечисленных моделей характерен свой собственный, вполне определенный набор свойств. Вербальные модели обладают высокой информационной емкостью (вспомните хотя бы величайшее произведение Л. Н. Толстого "Война и мир"), но их трудно использовать для преобразования информации или решения расчетно-аналитических задач. Семиотические модели, в зависимости от конкретной формы использования тех или иных знаков и символов – схемы, графики, логические диаграммы, математические уравнения и неравенства, – хороши, например, для информационных и оптимизационных задач, для представления их средствами вычислительной техники. Игровые модели (политические, экономические, социальные и деловые игры) занимают особое место. С помощью игровых моделей удобно исследовать механизмы поведенческой неопределенности. При разработке управленческих решений в экономике наиболее часто используют вербальную и графическую формы моделей. Для повышения обоснованности и доказательности решений применяют математические и игровые модели.

На основе системного анализа порядка работы руководителя предприятия (фирмы) при разработке решений разработана графическая модель процесса управления. Эта модель представлена на рис. 1.1.2.



Рис. 1.1.2. Графическая модель процесса управления

**Условия** разработки решений. Каждая проблема всегда связана с конкретной обстановкой, ситуацией и вполне определенным комплексом условий. Проблема всегда решается в рамках существующего положения вещей. Анализируя тот или иной способ достижения цели, ЛПР должно четко представлять закономерности, связывающие ход и исход операции с принятыми решениями. Совокупность представлений об этих закономерностях, конечно, воспринимается ЛПР в упрощенной, модельной форме. Некоторые из закономерностей удастся фиксировать в строго формальном виде. Например, законы Ньютона в механике описывают в математической форме взаимосвязи в цепочке "масса–сила–ускорение".

В ТПР модель закономерностей в цепочке "решение – исход" называют "механизмом ситуации". При этом считают, что модельное упрощение связей в указанной цепочке ни в коем случае не означает их отбрасывание. Имеется в виду, что из всего многообразия связей и закономерностей в модель включают лишь те, которые имеют преобладающее значение, т. е. вносящие наиболее значительный вклад в формирование результата. Например, при оценке времени  $t$  падения тела в атмосфере Земли с высоты  $h$  нужно учитывать, строго говоря, влияние и веса, и формы падающего тела, и возмущений атмосферы (ветер), однако в значительном диапазоне значений высоты  $h$  можно считать, что только высота как ведущий фактор определяет "механизм ситуации". В таком случае связь между  $h$  и  $t$  будет упрощенно однозначной, а именно:  $h = 0,5g t^2$ .

В ТПР рассматривают только два типа модельных связей в "механизме ситуации": однозначные и неоднозначные.

Однозначные связи порождают устойчивое и вполне определенное соотношение между реализуемым решением и исходом от его реализации. И как только задан способ действий, так исход и связанные с ним результаты сразу становятся вполне определенными (как в нашем примере с оценкой времени падения с заданной высоты). Подобные "механизмы ситуации", в которых ожидаемый исход наступает практически всегда, а вероятность иных (неожиданных для ЛПР) исходов пренебрежительно мала, будем называть нерискованными ситуациями, **детерминированными механизмами ситуации, или условиями определенности.**

Многозначными считают такие связи между способом и исходом операции (рискованные ситуации, или **условия неопределенности**), в рамках которых при многократном воспроизведении одной и той же альтернативы возможно появление разных исходов. При этом степени возможности появления тех или иных исходов и результатов вполне соизмеримы (т. е. нельзя какие-то исходы считать крайне мало возможными по сравнению с другими).

Наиболее выразительная модель "механизма ситуации" с многозначной связью между альтернативой и исходом – *случайный механизм* наступления страховых случаев. Даже при страховании одним и тем же страховщиком нескольких одинаковых объектов возможны два исхода: "наступление страхового

случая" или "ненаступление страхового случая". А если с наступлением страхового случая связать количество объектов страхования, то в результате получается несколько возможных значений оплачиваемой страховой суммы объектов страхования. Это типичный *механизм стохастической (случайной) неопределенности*, а взаимодействие с конкурентами – *поведенческой*.

Но бывают и более сложные ситуации. Например, может не оказаться данных о вероятностях наступления тех или иных исходов, хотя и известно, что в операции главными являются случайные факторы. Или может оказаться, что нет никаких данных о возможных альтернативах поведения других субъектов, вовлеченных в операцию ЛПР, хотя известно, что эти лица будут предпринимать какие-то действия для достижения собственных целей. Наконец, может быть просто не ясна или не известна природа явлений и событий, происходящих в операции. "Механизмы" всех подобных ситуаций будем относить к классу *природно-неопределенных*.

Перечень понятий, используемых в ТПР, не ограничивается данным представлением. По мере изложения материала в соответствующих местах будут введены такие важные понятия, как *проблемная ситуация, эффективность решения, эксперт, критерий, предпочтения, наилучшее решение* и др.

### 1.1.3. Факторы, определяющие эффективность решений

Рассмотрим теперь важное понятие эффективности решения. Здесь мы возьмем за основу смысл слова "эффект": впечатление, производимое кем-нибудь или чем-нибудь на кого-либо; действие как результат чего-нибудь, следствие чего-нибудь; средство, с помощью которого создается впечатление на кого-либо [44]. Чтобы достичь эффекта в операции, необходимо выбрать и реализовать конкретный способ проведения операции, т. е. определить конкретные активные средства, которые будут задействованы, объекты приложения усилий, а также условия (штатные) исполнения предписанных действий. Объектами приложения усилий в каждом из возможных способов могут быть принципиально только два: какие-то из физических (неодушевленных) объектов операции или субъекты операции. Эффект от воздействия по физическим объектам приводит к изменению их состояния (например, пятно от пролива нефтепродуктов из трюмов танкера может быть "ликвидировано" или "не ликвидировано"), связей между объектами, формы или качества элементов, входящих в систему, подвергающуюся воздействию.

Эффект от воздействия по субъектам операции приводит к тому, что у этих субъектов изменяются мнения относительно чего-либо, суждения о чем-либо или впечатления и оценки. Например, в ходе экономической операции по оценке эффективности инвестиционных проектов могут быть проведены переговоры с инвесторами, предварительные расчеты и другие действия. При осуществлении этих целенаправленных действий у конкурентов стремятся создать впечатление, что руководство предприятием (фирмы) готово принять тот или иной проект, и это может дать положительный эффект, заставить конкурентов прийти к мнению о благоприятном инвестиционном климате, пересмотреть и даже изменить свои намерения в отношении к инвестиционному проекту.

Исходя из приведенных толкований и примеров под эффективностью решения будем понимать степень полезности для ЛПР предполагаемого (будущего) или действительно полученного в операции эффекта. Суждение об эффективности решения может быть вынесено ЛПР, например в качественной шкале, и отражать как минимум три градации предпочтительности ожидаемого или полученного эффекта:

- ♦ "положительный эффект" (полезный);
- ♦ "нулевой эффект";
- ♦ "отрицательный эффект" (вредный).

В свою очередь, степень эффективности решений в рамках каждой из градаций может быть уточнена с использованием числовой (например, порядковой или балльной шкалы), а иногда – количественной шкалы. Более подробно об этих шкалах будет сказано в п. 1.2.2.

Следовательно, получается, что эффективность решения – это субъективная оценка его качества, оценка, с точки зрения ЛПР, полезности рассматриваемого решения для достижения цели операции. Такую оценку ЛПР выносит для себя перед ответственным моментом – перед принятием решения о том, какую из альтернатив в операции предпочесть. Именно эта оценка и является рациональной основой для осмысленного выбора. Окончательно примем, что **эффективность решения** – это степень соответствия ожидаемого уровня полезного эффекта для ЛПР от проведения операции желаемому (идеальному) уровню полезности. Экспликацию понятия "эффективность решения" иллюстрирует рис.

### 1.1.3.

Но каким бы опытным и искусным ни было ЛПР, оно никогда не застраховано от неудач в своей деятельности. Это давно уже считается аксиомой управления и ТПР. Причин для подобного пессимистического взгляда на реальности управления много. Среди них есть и объективные, и субъективные. Объективные причины – это те, которые не зависят от личности человека, диктуются внешними обстоятельствами.



Рис. 1.1.3. Экспликация понятия "эффективность решения"

Одной из наиболее веских объективных причин неудач в управлении следует считать рискованность, неопределенность "механизма ситуации".

Руководитель всегда принимает решения, основываясь только на доступной ему в данный момент информации об обстановке. Однако совершенно ясно, что информация о ситуации и сама ситуация – это далеко не одно и то же. Информация о ситуации – это упрощенный образ, ее модель. Как и всякая модель, информация о ситуации, конечно же, обладает ограниченной полнотой, точностью и своевременностью сведений и данных. Отсюда основное правило ТПР, которое мы будем отныне воспринимать как важную аксиому управления.

**ЛПР всегда должно действовать, помня, что только решения и планы бывают идеальными, а люди и обстоятельства всегда реальны, и поэтому любое управленческое решение, любой план несет в себе возможность не только успеха, но и неудачи.**

К сожалению, после того как решение уже будет принято и реализовано, представление ЛПР об эффективности этого решения может измениться (стать иным). Это обусловлено тем, что только после реализации решения, после того, как выяснится, что было сделано правильно, а что – неверно, станет окончательно ясно, действительно ли проблема решена или же своим решением ЛПР только усугубило исходную проблему, породило новые трудности. Таким образом, правильнее говорить как бы о двух оценках эффективности решений: о **теоретической** (априорной) **эффективности решения**, на основе которой делается обоснованный выбор наилучшей альтернативы для реализации, и о **фактической** (апостериорной) **эффективности решения**.

Продолжим анализ эффективности решения. От чего она еще зависит? Чем еще определяются успех и неудача планируемой операции?

Заметим, что сам процесс управления, обоснования и принятия решений содержит как объективные, так и субъективные компоненты, строгую формализацию и интуицию, навыки и умения. Другими словами, управление и разработку решений следует рассматривать как сплав науки, искусства и опыта. Так что же, может, не надо применять научных методов разработки решений, раз одной только науки недостаточно и все равно мы не застрахованы от ошибок? Нет. Перефразируя известный тезис Е. С. Вентцель, можно сказать, что современная ТПР – это научный способ давать плохие рекомендации для принятия решений в управлении, где другими способами даются еще более худшие рекомендации. А уж если руководитель (менеджер) начинающий, если опыта он еще не набрался, а искусства в работе не хватает, то роль научных методов ТПР трудно переоценить. Вот почему мы говорим, что современная ТПР – это сплав науки, искусства и опыта.

Теперь, когда понятие эффективности решения определено, а суть управления и разработки решений понятны, остается рассмотреть и охарактеризовать степени влияния основных факторов, которые определяют эффективность решений. Без ограничения общности, а также в силу рассмотренной аксиомы ТПР (о том, что любое решение не застраховано от неудачи) будем считать, что в операции ЛПР действует неопределенный "механизм ситуации", а следовательно, реализация любого из возможных решений ЛПР приводит к неоднозначному исходу операции и не всегда только лишь к предпочтительному результату.

В качестве основных модельных исходов реализации какого-то решения концептуально выделим лишь два и назовем их "Успех" и "Неудача". Поскольку эффективность решений для ЛПР определяется не только соотношением величин полезности успеха или тяжести неудачи, но и соотношением шансов

на успех и неудачу, учетом и эти меры неопределенности. Удобную интерпретацию представляет простая графическая модель связей между основными факторами, влияющими на эффективность решений, изображенная на рис. 1.1.4. Эта модель описывает связи между двумя основными группами факторов, влияющих на исходы операции, а именно: объективными и субъективными.

В первую группу – "**Объективные факторы**" – включены такие важные обстоятельства, как собственные экономические и технические возможности ЛПР ("Качество активных ресурсов"), обстоятельства, определяющие степень благоприятности для ЛПР экономической, политической и местной ситуации, наличие хороших и надежных партнеров.

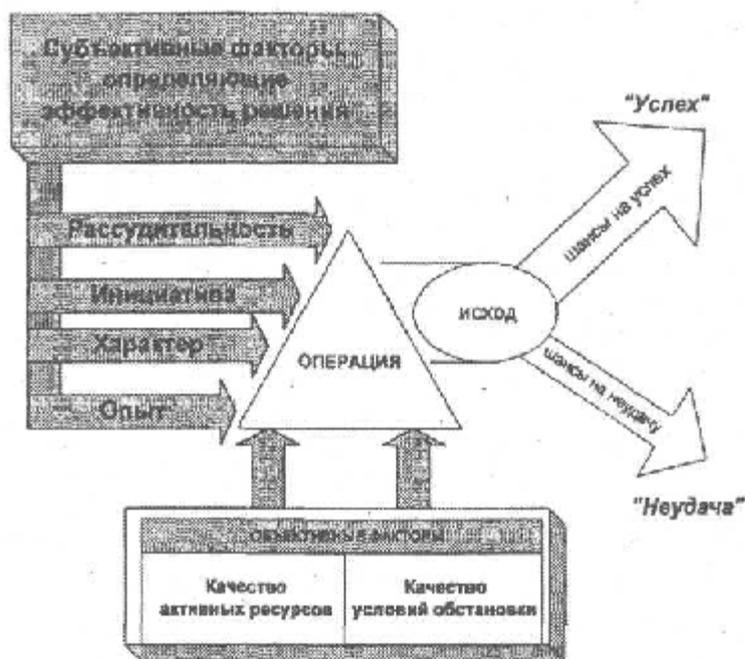


Рис. 1.1.4. Модель связей между основными факторами, влияющими на эффективность решений

Вторую группу, условно названную "**Субъективные факторы**", составляют характеристики личности ЛПР как управленца. "Хороший управленец" – это личность, стремящаяся к лидерству; это личность харизматическая, привлекающая людей, вдохновляющая их на действия, излучающая энергию и уверенность, порождающая у людей желание идти за ней.

Хороший управленец должен обладать "холодной головой" и способностью к беспристрастному анализу ситуации. Для этого в сложных ситуациях необходимо прибегать к использованию как качественных, так и количественных методов анализа решений. Такую способность у ЛПР назовем рассудительностью. Однако одной рассудительности мало. Многие люди обладают способностью провести глубокий анализ или сделать важные выводы из него. Многие могут длительное время изучать закономерности и взаимосвязи. Из такого типа людей получаются хорошие аналитики, эксперты, исполнители. Однако для того, чтобы стать настоящим руководителем (менеджером), ЛПР, нужны и другие важные качества личности. Русский генерал М. Д. Скобелев так говорил об этом: "Талант полководца – это соединение ума и воли. Ум необходим для нахождения единственно правильного решения, воля столь же необходима для проведения этого решения в жизнь, когда приходится преодолевать сопротивление не только противника, также стремящегося к победе, но нередко и несогласие вышестоящих начальников или своих же подчиненных. Уверенность полководца в своей правоте, в своих решениях, находящая выражение в его решительности, передается войскам, ощущается ими, как ощущаются и его колебания, ведущие к перемене приказов, его нерешительность, выдающая неуверенность в своих действиях. Решительному полководцу войска верят и охотно следуют за ним. И напротив, его нерешительность порождает неуверенность войск в своем вожде и в возможности достижения победы. Если волю и решительность объединить понятием "характер", то можно говорить о том соотношении ума и характера, которое необходимо военному человеку" [30]. А вот еще мнение. Подводя итоги своего огромного военного опыта, Наполеон высказывал на этот счет следующее

мнение: "Военный человек должен иметь столько же характера, сколько и ума". Таким образом, чтобы повысить эффективность своих решений, ЛПР должно обладать смелостью, решительностью, твердостью в отстаивании и воплощении собственных идей и решений на практике. Совокупность этих качеств личности обобщим словом "характер".

Но и этого еще недостаточно, чтобы повысить шансы на успех, добиваться успеха как можно более значительного и как можно чаще. На эффективность решений, несомненно, оказывают влияние такие качества личности управленца, как его предприимчивость и неустанный, поиск нового (инициативность), и, конечно же, – его опыт. Это не только личный опыт ЛПР, но и его способность обратиться к опыту других, умение окружить себя талантливыми людьми. Последнее качество А. В. Суворов относил к отличительной особенности великих людей. Он так писал князю Потемкину: "Главное дарование великого человека – знать избирать особ по их талантам" [28].

Обобщая сказанное, можно утверждать, что шансы на "Успех" и сама степень успеха, несомненно, зависят от совершенства личности ЛПР как управленца. Здесь важны такие черты личности ЛПР, как его опыт, рассудительность, инициативность, целенаправленность и твердость. Если же этого нет, если, наоборот, это лицо ведет себя нерационально, если оно поддается эмоциям и переживаниям, рефлексиям и неуверенности, если это лицо безынициативно и не имеет достаточно опыта и желания обращаться к знающим людям (экспертам), то риск неудачи существенно возрастает.

#### 1.1.4. Концепции, принципы и парадигмы разработки решений

Методология ТПР, как и методология любой теории, базируется на совокупности **концепций** и **принципов**. Именно на их основе теория формирует некую стандартную форму подхода к проблемной ситуации – **парадигму** теории. Концепция (лат. *conceptio* – понимание) – это обобщенная система взглядов на рассматриваемый объект или явление, представление о том, как подходить к восприятию и изучению этого объекта. Например, концепция мироздания, концепция эволюционного развития и др. Принцип (лат. *principium* – основополагающая идея) – это то, чем обязательно следует руководствоваться активно действующему субъекту в его деятельности. Причем с позиции ТПР неважно, какая это деятельность, теоретическая или практическая. Наиболее значимые принципы управления и ТПР: принцип главного звена в управлении, единоначалия, цели, свободы выбора решений.

Взаимосвязь концепций и принципов, которыми оперирует методология ТПР, удобно отображать некой иерархической структурой, которая показывает их взаимосвязь "по горизонтали и вертикали". Структура основных концепций и принципов ТПР представлена на рис. 1.1.5.

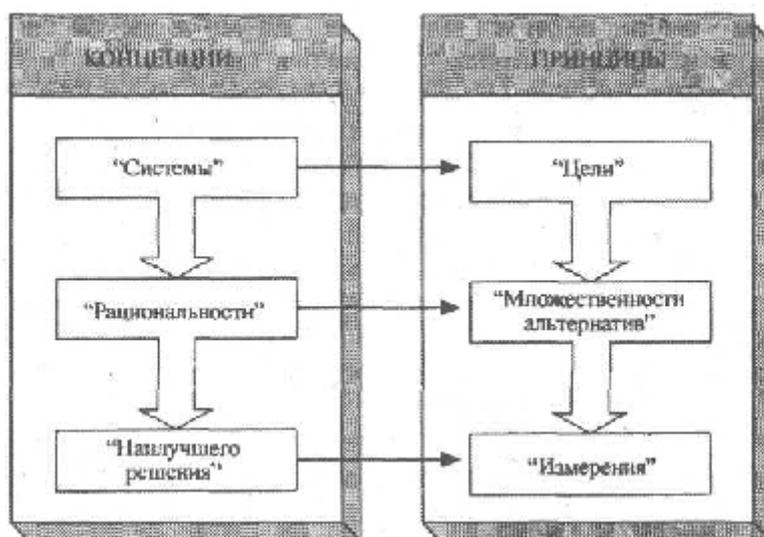


Рис. 1.1.5. Структура концепций и принципов ТПР

Концепция "Системы" отражает представления о единстве мира, о всеобщей связи и взаимной обусловленности процессов и явлений материального мира. Согласно этой концепции при осуществлении актов управления следует постоянно помнить и понимать, что "мы никогда не делаем

что-то одно". Другими словами, стремясь к достижению цели, приводя в действие активные ресурсы – идеи, людей, машины, денежные средства, сырье и материалы, осознанно или непроизвольно мы создаем и разрываем связи между самыми разнообразными объектами. Эти объекты, неважно – матермальные или идеальные, естественные или искусственные, изменяются. Мы одновременно влияем на понятия и представления свои и других людей. В результате операции мы порождаем (иногда сами того не желая) не только желаемый полезный эффект, но и массу неожиданных ("эмерджентных") побочных последствий. Среди побочных последствий, конечно, могут оказаться и неожиданно полезные для ЛПР последствия, но, что особенно опасно, – и неожиданно вредные. Концепция системы требует от ЛПР при разработке решений задуматься о таких эмерджентных проявлениях будущих последствий его решений, глубоко вникать в суть проблемы. Такой методологический подход требует от ЛПР при принятии ответственных решений рассматривать операционную среду как систему, состоящую из взаимосвязанных элементов. В соответствии с наименованием концепции этот подход получил специальное название – **системный подход**. При следовании системному подходу ЛПР постоянно должно помнить, что сама рассматриваемая им система также является элементом более широкой системы, а потому при анализе цели предстоящих действий нужно обязательно обращаться за информацией к этой "надсистеме". Эта идея получила наименование – **принцип внешнего дополнения**.

Центральное место в процессе разработки решений занимает цель предстоящих действий. В методологическом плане **принцип цели** напрямую следует из концепции системы, системного подхода и принципа внешнего дополнения. Именно этим, первым принципом, **принципом цели**, должно руководствоваться ЛПР при разработке своих решений. Это было известно уже давно. Например, древние греки говорили, что для корабля, который не знает, куда плыть, нет попутного ветра. Известный теоретик научной организации труда Ф. Тейлор в начале XX в. прямо указывал, как нужно организовать процесс управления экономическим предприятием; *"Хорошенько поймите, чего вы хотите! А затем – только следите, чтобы это делалось наилучшим и самым дешевым способом"*.

Вот, оказывается, и вся премудрость управления – **хорошенько поймите, ЧЕГО** собственно вы ХОТИТЕ! В то же время концепции и принципы – это не шаблон, а опора для творческого начала в управлении. Так, например, руководствуясь концепцией системы, при разработке решений ЛПР должно понимать, что здесь нельзя переусердствовать, нельзя все включать в анализируемую систему, иначе – "за деревьями леса не увидишь".

Несомненно, что все решения и все управленческие действия предпринимаются ЛПР для разрешения каких-то важных проблем. Ясно, что нет необходимости "принимать решение" на осуществление традиционных или хорошо понятных действий. Например, на то, как дышать (в смысле, сначала – вдох, а потом – выдох), на то, как переставлять ноги при ходьбе. Это делается уже на уровне подсознания или прочного навыка. Принимать решения человека заставляет сложная жизненная ситуация, а именно – возникшая острая проблема. Напомним, что, согласно нашему толкованию, проблема – это проявление в сознании ЛПР неудовлетворенности его своим внешним или внутренним положением или состоянием. Но также несомненно, что нельзя "хотеть всего и вся", так как наличных ресурсов для решения проблем у ЛПР обычно существенно меньше, чем самих проблем. Следовательно, прежде всего необходимо взглянуть на возникшую проблему как бы со стороны, в ее взаимосвязи с другими проблемами (принцип внешнего дополнения), критически анализируя, в чем собственно состоит неудовлетворенность и в чем она проявляется. Практика показывает, что некоторая часть "проблем" после подобного рассмотрения сама собой отпадает либо оказывается мнимой.

Теперь проанализируем, на чем, собственно, базируется волевая компонента в принятии решений. В авторитарных и деспотических структурах власти чаще всего воля ЛПР является первым и последним аргументом (как говорят, *"prima ratio"* и *"ultima ratio"*) при разработке решений. При таких способах управления сами решения принимаются под влиянием неограниченных или ничем не сдерживаемых желаний ЛПР, его эмоций. Подобная концепция – назовем ее *концепцией "эмоциональных решений"* – в настоящее время рассматривается как архаичная. Однако у концепции эмоциональных решений есть ряд несомненных преимуществ перед альтернативной для нее *концепцией "рациональных решений"* (от лат. *ratio* – разум). Суть концепции "рациональных решений" состоит в том, что решающим аргументом при принятии решения, т. е. при сознательном выборе наилучшего варианта среди других, принято считать логически непротиворечивую, полную и, лучше всего, количественно подтвержденную систему доказательств. Но в таком случае естественно формулируется важное следствие, принцип принятия решений (**принцип множественности альтернатив**): *"Никогда*

не следует принимать и никогда не следует отвергать вариант решения, если он является единственным. Нужно обязательно поискать другие варианты, выработать другие альтернативы для решения проблемы. Это позволит на основании рационального сравнения их между собой выбрать действительно наиболее предпочтительное разрешение".

Мы все время говорим о том, что ЛПР должно выбрать **наилучшее решение**. А как это понимать?

Кратко суть **концепции "Наилучшего решения"** можно сформулировать так: выбирайте ту альтернативу, лучше которой нет ни одной другой, а сама она – лучше любой из рассматриваемых альтернатив. Сразу отметим, что известная концепция оптимальности в математике есть не что иное, как формальное выражение концепции наилучшего решения, а именно: для случая, когда в качестве критерия предпочтительности используется единственный скалярный показатель.

Разумеется, чтобы сравнить альтернативы по правилу "лучше – хуже", "более предпочтительный – менее предпочтительный", нужно подвергнуть их **критике** (от греч. *kritike* – оценка). Для этого ЛПР следует использовать какие-то мерилa, т. е. **критерии**. **Критерий** (от греч. *kriterion* – мерило для оценки чего-либо) позволяет оценить эффективность решения ЛПР. Позже, в п. 1.2.2 мы будем подробно обсуждать вопросы о том, как критерий формировать и как его оценивать для разных "механизмов" ситуации. Пока же нам достаточно иметь в виду, что критерий – это значимая (важная, существенная), понятная ЛПР, измеримая и хорошо им интерпретируемая характеристика возможных исходов или **результатов операции**. Именно с помощью критерия ЛПР будет судить о предпочтительности исходов, а значит и способов проведения операции для достижения **цели**. Важность того или иного из выбранных ЛПР критериев определяется именно тем, что ЛПР не считает возможным выносить суждения о предпочтительности исхода операции, если именно этот или именно тот критерий отсутствует. Выбор критерия – это целая наука и искусство. Однако совершенно точно можно назвать критерии, без которых практически невозможно оценивать предпочтительность альтернатив в экономических операциях. Это такие критерии, как "Эффективность", "Время", "Риски", "Затраты", "Потери". Значения, которые принимает критерий и которые отражают в сознании ЛПР степень предпочтительности тех или иных **альтернатив**, будем называть оценкой критерия или просто **оценкой**. Оценки критерия выражаются в принятых для их измерения **шкалах**.

В этой связи рациональным следствием концепции наилучшего решения является **принцип измерения**. Ему соответствует еще один важный постулат управления, который гласит: "Измерено – значит сделано!". Человек в процессе измерений глубже проникает в суть вещей, лучше разбирается в связях между объектами, точнее может представить себе, как на эти объекты или связи воздействовать, чтобы изменить их самих или их свойства в желательном направлении.

Таким образом, в укрупненном виде основу методологии современной ТПР составляют системный подход, оценки на основе принципа цели и идея измерения признаков предпочтительности альтернатив.

Как и для любой науки, для современной теории принятия решений уже определена система теоретических и методологических предпосылок, на которых базируется любое конкретное научное исследование и которые воплощаются на практике. Для обозначения указанной совокупности предпосылок, вытекающей из системы принципов, а также постановок задач и основных методов их решения, американский ученый-научковед Кун предложил термин "парадигма" (от греч. *paradeigma* – пример, образец для подражания).

**Парадигма** – суть понятие историческое. Она является ориентиром при выборе проблем и одновременно моделью (образцом) решения задач ТПР. Исторически первой следует считать парадигму "эмоциональных решений". Ее основой были исключительно интуиция и опыт. Именно они превалировали над расчетом в силу слабости науки и низкой научной культуры ЛПР того периода развития общества. В то же время парадигма эмоциональных решений вполне удовлетворяла тогдашним требованиям к качеству управления, так как основные задачи касались низкопродуктивной хозяйственной деятельности и не отличались масштабностью. Это приводило к тому, что ошибки даже в 20–25% от наилучшего результата в выборе способа решения задачи не приводили к серьезным потерям. Принципы, заложенные в парадигму эмоциональных решений, требовали, главным образом, строгого следования традициям, установившимся канонам и этическим нормам. Как правило, они были продиктованы срочностью и требовали высокой оперативности решений и действий. Думать и рассуждать обычно было некогда, а потому и не допускались никакая инициатива, никакие "творческие" колебания со стороны персонала.

Парадигма эмоциональных решений использовала здравый смысл и качественные рассуждения для незначительной модификации существующих на данный момент времени средств и способов

достижения целей. Она не использовала количественные методы и базировалась на утверждении, что легче удовлетворить, чем оптимизировать, а предпринимать маленькие шаги в направлении к цели менее опасно, чем подвергать сомнению и решительно изменять традиции. Наконец, эта парадигма полностью исключала оценку длительной перспективы в экономических операциях, ориентировалась на текущий момент и не требовала заблаговременного ("стратегического") планирования.

Рост масштабов и сложности задач управления, повсеместное внедрение **принципа разделения труда** и вытекающего из него принципа делегирования части полномочий по принятию решений исполнителям (**принцип неокончателности и свободы принятия решений**) со временем потребовали решительного снижения ошибок в выборе наилучшего решения. Это, в свою очередь, привело к необходимости обобщить опыт и знания, предложить теорию, которая их превратила бы в стройную систему научных взглядов на управление и разработку решений. Родилась парадигма "рациональных решений". Принципы, заложенные в парадигму рациональных решений, предполагают прежде всего *моделирование* реальной *ситуации*, т. е. представление ее в упрощенном для изучения виде с сохранением всех значимых характеристик и связей. После моделирования ситуации моделируют цель, формируя и измеряя требуемые результаты. Это расчленило процесс на более простые фазы, позволило распараллелить работы по разработке решений, на порядок снизить ошибки в принятии решения. Парадигма "рациональных решений" по мере своего развития претерпела ряд изменений. Вначале она делала акцент на использование чисто формальных методов, основанных на "физических измерениях". При этом родились такие классические постановки задач и методы исследования операций, как "транспортная задача", "задача массового обслуживания", "задачи сетевого планирования", "управления запасами", "задача о назначении" и др. Правда, перечисленные формальные задачи и методы не всегда оказывались хорошо приспособлены к практическим делам. Это зачастую приводило к нелепостям и разочарованиям. Самые большие неудачи этой науки связаны с проблемами психологии, политики и разрешением военных конфликтов. Формальный подход часто ограничивал перечень определяемых альтернатив попыткой заключения их в жесткие рамки количественных измерений. Однако возможности формальной философии действительно велики. К числу ее многочисленных достоинств нужно отнести прежде всего акцент на ясность и логическую согласованность. Основная цель системного исследования состоит в расширении подходов к структурированию проблемы. Системный подход в обязательном порядке требует включать в рассмотрение ценности, суждения и интересы лиц, вовлеченных в операцию. Подобный подход позволяет ЛПР научиться правильно ставить вопросы и применять не только формальные методы, причем не огульно, а только там, где они действительно приносят реальную пользу. Этот подход также вызвал к жизни новый принцип управления – принцип сопричастности исполнителей, или **принцип мотивации**.

Представленные нами парадигмы эмоциональных и рациональных решений диалектически связаны друг с другом. Они тесно переплетены в сознании ЛПР и при выборе оно пользуется ими одновременно. При этом в разных ситуациях ЛПР придает больший вес то одной, то другой парадигме, в зависимости от тех преимуществ (качеств), которыми одна обладает по сравнению с другой. Среди таких качеств ЛПР чаще всего выделяет оперативность, полноту, достоверность, точность и др. Более того, психологической теорией решений установлен важный феномен: *тот факт, что ЛПР знает, как ему рационально поступить, сам по себе еще не означает, что ЛПР именно так и поступит*.

Это обусловлено прежде всего тем, что степень эмоциональной привлекательности вариантов решения различна.

В целях обобщения и более выразительного представления особенностей обеих парадигм разработки решений как оснований для осуществления выбора они сведены в табл. 1.1.1. Смысл таблицы достаточно понятен.

Таблица 1.1.1

**Основания для осуществления выбора в рамках основных концепций разработки решений**

Основания для выбора	Концепция разработки решений	
	"Эмоциональные решения"	"Рациональные решения"
Мотив поступка при принятии решения	Внутренняя убежденность в правоте, вера	Уверенность в разумности выбора

Факторы, определяющие мотивацию выбора	<ul style="list-style-type: none"> <li>• социальные основы и причины (статус ЛПР, его образование, партийная принадлежность, профессиональная и иная кастовость);</li> <li>• нравственные основы (традиции культур, вероисповедание, надежда, любовь и т. п.)</li> <li>• личностные качества ЛПР (опыт, интуиция, упрямство, зависть, злоба, месть, альтруизм, доброта, самопожертвование и т. п.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• логическая непротиворечивость;</li> <li>• "внешняя" верифицируемость;</li> <li>• доказательность на основе сравнимости (или сопоставимости) результатов в количественной или качественной шкале</li> </ul>
--	---	---

### 1.1.5. Модель проблемной ситуации

Как только ЛПР осознано важность и срочность проблемы, которую ему предстоит решать, оценило принципиальную возможность выделить на ее решение активные ресурсы, у него обычно возникает желание устранить проблему в кратчайшие сроки. В таком случае ЛПР приходит в состояние, так сказать, *кризиса* (от греч. *krisis* – решение, переломный момент), специфического психологического напряжения. Это напряжение обусловлено стремлением ЛПР найти ответы сразу на несколько вопросов. Среди этих вопросов на первом месте стоят те, которые относятся:

- ◆ к существу проблемы;
- ◆ к рациональной последовательности действий по разработке решений (с чего начать?);
- ◆ к информационному обеспечению процесса управления (какую информацию, какого качества, к какому сроку и откуда получить?);
- ◆ к распределению активных ресурсов (какие конкретно из активных ресурсов, когда, где, для чего и в каком количестве задействовать?);
- ◆ к контролю над ходом операции, к вопросам оказания своевременной помощи и оценки эффективности решений (где, когда, в отношении чего – сроков, ресурсов, качества – возможны нарушения? как и откуда о них станет известно? что следует срочно предпринять, если...? в чем, с помощью каких критериев оценивать успех и неудачу планируемой операции?).

Подобное психологическое затруднение, в котором оказывается ЛПР, стремясь разрешить проблему, состояние творческого поиска, обусловленное необходимостью отыскания ответов на столь разные и все же тесно переплетающиеся вопросы, будем называть **проблемной ситуацией**. Согласно системному подходу, чтобы подойти к разрешению проблемы с научных позиций, ЛПР следует построить **модель проблемной ситуации**. В качестве модели проблемной ситуации примем совокупность взаимосвязанных вербальных и формальных задач обоснования решений, последовательное решение которых приведет к желаемой цели – выбору наилучшей альтернативы, "наилучшего решения". Термин "наилучшее решение" будет обозначать для нас следующее понятие. Это такое решение, которое в наилучшей степени обеспечивает удовлетворение потребностей ЛПР при заданной (сложившейся) проблемной ситуации; наилучшее решение всегда считается ЛПР не менее предпочтительным, чем любая из альтернатив. При рассмотрении модели проблемной ситуации под **задачей** будем понимать упорядоченное высказывание (вербальное или формальное), состоящее из двух частей. Первая часть – это то, что известно, или "**Дано**". Вторая – то, что не известно, но "Требуется" ("**Найти**"). Соответственно в зависимости от формы описания будем различать *вербальную* и *формальную* (или *математическую*) постановки задачи. Ясно, что формальную постановку задачи можно получить только на основе вербальной. Для рационального выбора формы постановки той или иной задачи следует ориентироваться на их достоинства и недостатки. Некоторые сравнительные характеристики вербальной и формальной постановок задач представлены в табл. 1.1.2.

Для того чтобы получить математическую постановку задачи вводят идентификаторы, обозначающие переменные и константы, а фигурирующие в вербальных высказываниях физические, экономические, социальные и другие связи моделируют введением логических, арифметических, алгебраических и математических соотношений между переменными и константами. Области допустимых значений управляемых и неуправляемых факторов моделируют проявления законов природы, ограничения на активные ресурсы и проч. Эти ограничения формируются уравнениями и неравенствами соответствующего вида.

Таким образом, постановка задачи – это тоже парадигма, т. е. тоже образец, шаблон, который мы накладываем на самые разнообразные вопросы исследования, выделяя отдельно то, что "Дано", и четко обозначая, что "Требуется" ("Найти"). А раз так, то обе формы постановки задачи можно сравнивать по общим для парадигм характеристикам, а именно – по оперативности задания, полноте, достоверности (адекватности) и др.

Характеристики частных задач модели проблемной ситуации представлены в табл. 1.1.3, а ее графическая модель, визуально представляющая основные связи между задачами, – на рис. 1.1.6.

Значительная часть из этой совокупности задач решается лично ЛПР. Особенно важно личное участие ЛПР в разработке решения и управлении переломными экономическими операциями в ходе "истребительной" конкурентной войны на рынке или сегменте рынка. Об этом известно давно. Вот, например, какие поучения своим детям давал великий князь киевский Владимир Всеволодович Мономах (1053–1125).

"Отправившись на войну, не ленитесь; не полагайтесь на воевод, не предавайтесь ни напиткам, ни еде, ни сну; стражу расставляйте сами и ночью, везде поставив караул, сами ложитесь вблизи воинов, а вставайте рано; да не снимайте с себя оружия второпях, не подумавши, – от такой небрежности человек может внезапно погибнуть. Остерегайтесь лжи..." [15]. Как видите, – полная аналогия!

Таблица 1.1.2

### Сравнительные характеристики вербальной и формальной постановок задач

Критерий оценки качества форм постановок задач	Основные формы постановок задач	
	"Вербальная"	"Формальная"
Историческая очередность появления	Первая	Вторая
Уровень однозначности понимания условий задачи	Низкий (из-за того, что трудно обеспечить единство языка, добиться однозначности семантики слов и выражений)	Высокий (ввиду единства и строгости математического языка, однозначности семантики математических выражений)
Интерпретируемость	Высокая (из-за образности языка, его избыточности и возможности учесть контекст)	Низкая (из-за излишнего формализма, сухости выражений)
Дополняемость другими средствами повышения адекватности восприятия высказываний	Широкий диапазон дополнительных средств: аудиовизуальные, визуальные, игровые средства	Ограниченные возможности: графики, схемы, таблицы

Таблица 1.1.3

### Характеристики частных задач модели проблемной ситуации

Наименование задачи	Цель решения задачи	Вербальная постановка задачи	
		"Дано"	"Найти"
1	2	3	4
Задача анализа проблемы	Обеспечение принципа цели. Выбор наиболее актуальной проблемы из списка проблем и формирование критерия	Список проблем, представления ЛПР об актуальности и срочности их решения, собственных возможностях и предпочтениях	Описание предстоящей операции, ее ожидаемых результатов, критериев оценки эффективности

Задача моделирования "механизма ситуации"	Обеспечение принципа измерения. Получение в заданных шкалах оценок результатов применения альтернатив	Результаты анализа проблемы, оценки условий проведения операции, сведения о природе факторов и о закономерностях их взаимосвязи в операции	Тип модели, типы шкал для получения результатов и основные соотношения моделирования
Задача получения информации	Обеспечение принципа информации достаточности. Информационная поддержка процесса разработки решений	Результаты анализа проблемы, результаты моделирования механизма ситуации	Источники получения информации, способы обращения к источникам информации и формы представления информации
Задача формирования исходного множества альтернатив	Обеспечение принципа свободы	Результаты анализа проблемы, результаты выбора решений	Сформировать несколько альтернативных вариантов решения проблемы (не менее двух альтернатив)
Задача моделирования предпочтений	Обеспечение принципа оптимальности	Цель операции, результатов моделирования механизма ситуации	Модель предпочтений ЛПР
Задача выбора	Принятие решения	Цель операции, множество альтернатив	"Наилучшая альтернатива"
Задача оценки фактической эффективности решений	Обобщение и передача опыта	Фактические результаты проведенной операции, оценка фактической эффективности	Выводы о значимости достигнутых успехов или причинах неудач, корректировки ранее принятых решений

**Задача анализа проблемы.** Это наиболее ответственная часть модели проблемной ситуации. Решение задачи предполагает на начальном этапе содержательный анализ проблемы с целью проверки ее "на истинность", чтобы не взяться за решение мнимой, неактуальной проблемы. После этого проводят вербальное описание выбранной проблемы и вербально формулируют цель предстоящих действий. Окончательным результатом решения задачи будет формально заданная цель и критерии оценки. Работая над этой задачей, ЛПР должно принять как еще одну аксиому и верить в то, что **"решение проблемы всегда есть"**. Это решение может оказаться очень хорошим, хорошим или не

очень, но оно всегда есть. Следовательно, ЛПР "остается только найти это решение проблемы". Технологически задача анализа проблем предполагает составление списка проблем, выбор наиболее важной цели предстоящих действий проблемы и трансформацию ее в четко сформулированный вопрос (задачу), одинаково понимаемый всеми, кто участвует в разработке решения (ЛПР, исследователь, эксперты). Если ЛПР убеждено, что выбранная проблема действительно является ключевой, то ее надо сформулировать.

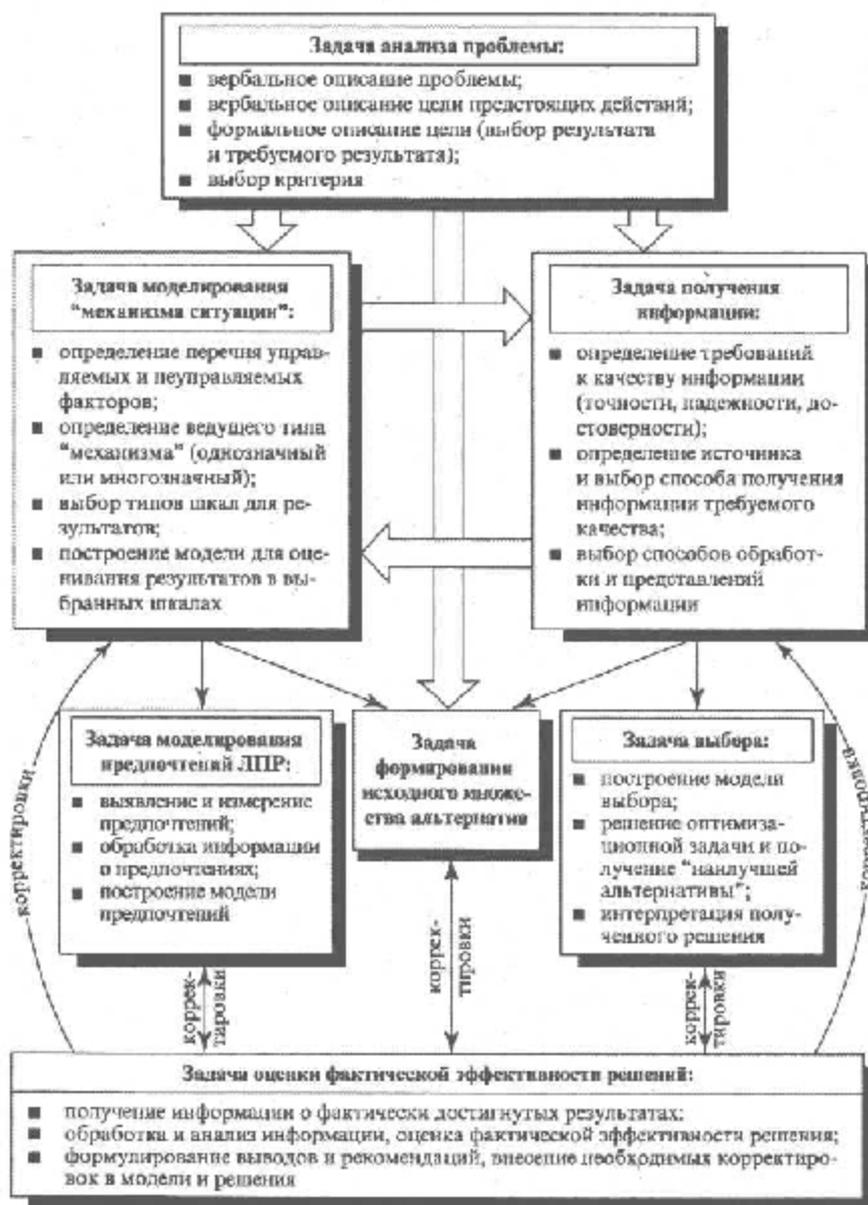


Рис. 1.1.6. Графическая модель проблемной ситуации

**Задача моделирования "механизма ситуации"** решается одновременно с задачей получения информации. "Механизм ситуации" устанавливает связь между описанием альтернатив и значениями критериев (или результатов). Сама задача моделирования "механизма ситуации" содержательно включает определение перечня управляемых и неуправляемых факторов; определение ведущего типа механизма ситуации (однозначный или многозначный) и ведущего типа неопределенностей; выбор типов шкал для результатов; построение моделей для получения значений результатов в выбранных шкалах. Здесь потребуются решить два принципиальных вопроса: каков тип модели (или определение совокупности моделей) и каковы основные соотношения для моделирования. При поиске ответов на эти вопросы полезно знать, что преобразование исходных данных для моделирования в искомые результаты моделирования в любых моделях может быть осуществлено посредством всего лишь трех типов действий:

- ◆ декларативное задание недостающих данных;
- ◆ применение математических преобразований;
- ◆ статистическое наблюдение или эксперимент.

Каждому из указанных способов получения информации можно поставить в соответствие один из наиболее часто встречающихся типов моделей, а именно: имитационные, аналитические, статистические. Если информация задана в наиболее агрегированной форме, в количественных шкалах, обычно применяют аналитические модели. Там, где работают с фактическим материалом, чаще используют статистическое, или имитационное моделирование ("грубый силовой прием", по образному выражению Р. Шеннона). Более подробно об этой задаче будет вестись речь в п. 1.3.1 и 1.3.2.

**Задача получения информации** решается одновременно с задачей моделирования механизма ситуации. Для разработки решений всегда необходимо получить какую-то исходную информацию, исходные данные. С этой целью решается задача получения информации. В ходе решения задачи требуется определить источник информации, выбрать способ обращения к источнику информации и принять решение относительно формы представления исходной, промежуточной и выходной информации для ЛПР и других пользователей. При решении каждого из указанных вопросов прежде всего исходят из требований к точности, надежности, достоверности, обоснованности и убедительности вырабатываемого решения. Задача получения информации имеет большое значение, поскольку ее результаты используются на всех последующих этапах принятия решений. Здесь важно не только взвешенно определить требования к качеству информации (ее точности, надежности, достоверности), но и установить наиболее предпочтительный источник и способ ее получения. Не менее важным оказывается вопрос и о выборе формы представления полученной информации. Иногда с трудом добытая информация из-за пренебрежительного отношения к способу ее представления оказывается невыразительной и неубедительной, слабо свидетельствует в пользу предлагаемого варианта решения проблемы, а значит – неэффективна. Более подробно технология решения данной задачи будет рассмотрена в п. 1.3.2.

**Задача формирования исходного множества альтернатив.** Вообще-то все задачи, составляющие модель проблемной ситуации, являются по-своему важными, ответственными, своеобразными, трудными. Но если мы говорим о разработке решений, то среди этих задач есть такая, на которой как в фокусе сходятся интеллектуальные усилия ЛПР. Это, конечно же, задача формирования исходного множества альтернатив. При этом решение задачи формирования исходного множества альтернатив позволяет ответить на вопрос: какими способами будет достигаться цель.

После углубленного анализа цели часто бывает достаточно ясно, чем (какими ресурсами) и как (каким способом) можно достичь желаемого исхода операции. Но иногда требуется включить интуицию, привлечь исторические аналогии, вспомнить опыт последних лет. Более подробно об этом будет сказано в п. 1.3.3.

**Задача формализации (моделирования) предпочтений.** Решается на основе углубленного анализа цели предстоящих действий (операции) и представлений ЛПР о преимуществах тех или иных результатов над другими. Поскольку при одних результатах цели, преследуемые ЛПР в операции, достигаются в большей степени, а при других в меньшей, с его (ЛПР) точки зрения исходы определенным образом различаются по предпочтительности. Именно на множестве значений результатов операции и проявляется (существует) система предпочтений ЛПР. Без значений результатов ЛПР индифферентно (безразлично) в своем выборе относительно наилучшего решения. Но на предпочтения ЛПР существенно влияют особенности многозначного механизма ситуации. Это проявляется в так называемом отношении ЛПР к риску, связанному с неопределенностью исходов. Система предпочтений ЛПР может быть выявлена различными способами. О технологии выявления и измерения предпочтений ЛПР будет говориться в п. 1.3.5.

**Задача выбора.** В этой задаче речь идет об осознанном выборе, который постоянно осуществляет ЛПР, эксперт или исполнитель среди каких-то представленных ему возможностей. Таким образом, когда мы говорим "Задача выбора", всегда имеем в виду, что требуется выявить "наилучший" (с точностью до модели предпочтений) вариант, альтернативу, образец и т. п., который будет рассматриваться как первый претендент на реализацию. Когда же мы говорим о задаче выбора как задаче принятия решений, то тут необходимо дополнительно иметь в виду, что для обеспечения "осознанности" решения, для окончательного выбора решения среди претендентов на это звание еще нужен этап интерпретации и адаптации "наилучшей" альтернативы к условиям операции. Эта работа осуществляется или лично ЛПР, или экспертами под его личным руководством.

**Задача оценки фактической эффективности "решений."** Весьма большое значение имеет задача оценки фактической эффективности решений. Именно здесь становится ясно, какие из частных решений ЛПР были приняты верно, а какие варианты действительно оказались плохими частично или полностью ошибочными. На основании выводов, которые делает ЛПР после получения информации о фактически достигнутых результатах, ее обработки и анализа, им формируются выводы, рекомендации, вносятся необходимые корректировки в модели и элементы решения. Все это "замыкает" процесс разработки решений на практику, позволяет учиться и накапливать управленческий опыт.

## 1.2. Процесс разработки решений в сложных ситуациях

Разработка решений – это не есть однократный волевой акт, осуществляемый ЛПР. Какое бы гениальное и отчаянное ни было ЛПР, оно вряд ли сможет сразу, сходу решиться сделать что-то действительно серьезное, чтобы разрешить возникшую сложную проблему. Разумеется, это утверждение касается действительно сложных ситуаций.

Под **сложными ситуациями** разработки решений мы понимаем такие проблемные ситуации, которые отличаются от несложных (обыденных, простых) ситуаций наличием хотя бы одного из следующих признаков:

- ◆ ЛПР не сталкивалось с подобной проблемой раньше;
- ◆ ЛПР трудно сразу сформулировать цель предстоящей операции и подобрать для ее описания адекватные критерии;
- ◆ ЛПР не владеет достаточной информацией для анализа проблемы или не имеет моделей для изучения ситуации;
- ◆ ЛПР ранее сталкивалось с подобными проблемами (ему известны способы решения проблем-аналогов), но рассматриваемая им в настоящее время проблема имеет существенные особенности в перечисленных аспектах по сравнению с проблемами-аналогами;
- ◆ ЛПР известно, что ведущими факторами при принятии им решения являются детерминированные (однозначный "механизм ситуации"), но оно не в силах адекватно описать цель операции единственной целевой функцией (показателем) и вынуждено прибегнуть к нескольким критериям оценивания – **многокритериальная задача**;
- ◆ ЛПР не обладает достаточной информацией о генезисе (природе, происхождении) и вкладах факторов разной генетической природы в "работу механизма ситуации", но все же имеющаяся у него информация о таких факторах свидетельствует о преобладании факторов неопределенной природы;
- ◆ ЛПР – не единственный субъект, от воли которого зависит ход и исход операции; есть еще (один или несколько) суверенные субъекты, чье мнение нельзя не учесть при разработке решений в силу сложившихся между ЛПР и ими отношений (правовых, договорных или конфликтных) – **поведенческая неопределенность**;
- ◆ ЛПР не известно, какие факторы задают механизм ситуации или как эти факторы взаимодействуют – **природная неопределенность**.

В силу сложности проблемной ситуации разработка решений неизбежно превращается в процесс.

По определению, любой процесс – это изменение чего-то во времени. При этом неважно, проходят ли изменения непрерывно, плавно или, наоборот, – дискретно, скачкообразно. Что же и в чем изменяется в процессе разработки решений в сложных ситуациях?

Можно совершенно уверенно утверждать, что при разработке решений в сложных ситуациях наблюдаются постепенные (во времени) и скачкообразные (мгновенные) изменения в сознании ЛПР представлений о существе стоящей перед ним проблемы. Раз речь идет о действительно сложных проблемных ситуациях (а не мнимых, надуманных), то ясное понимание и наилучшее решение не могут родиться спонтанно, мгновенно, в одночасье.

Из методических соображений удобно единый непрерывный процесс разработки решений условно разделить на две фазы или этапа:

1. Этап обоснования решений.
2. Этап принятия решений.

**Под обоснованием решений** будем понимать подпроцесс проведения всей подготовительной работы для осуществления осознанного выбора ЛПР. Эта работа должна строиться на основе концепций и принципов разработки решений (см. п. 1.1.3). Концептуально она включает следующие основные задачи: углубленный анализ проблемы и формирование на этой основе цели; осознание и изучение

генезиса и особенностей "механизма" условий проведения операции; формирование представительного множества альтернатив достижения цели операции.

**Под принятием решений** ЛПР будем понимать подпроцесс постепенной психологической подготовки им самого себя к ответственному шагу – осуществлению сознательного выбора наилучшей альтернативы среди сформированного на этапе обоснования решений множества альтернатив. В этой связи принятие решения – это высшее психическое напряжение воли, творческое усилие и психологический скачок от состояния, когда решения еще не было, к состоянию, когда оно уже проявилось.

Будем также использовать термин "принятие решений", так сказать, в узком смысле. При этом будем принятие решения расценивать как однократное осуществление ЛПР какого-то частного при решении какой-то частной задачи или вопроса на любом из этапов процесса разработки решений. В укрупненном виде такие частные задачи обоснования решений были описаны при рассмотрении модели проблемной ситуации (см. п. 1.1.5).

### **1.2.1. Содержание процесса обоснования решений**

На рис. 1.2.1 представлена схема, отражающая содержание основных шагов процесса обоснования решений. Начинается обоснование решения с анализа проблемной ситуации. В силу существенного превышения числа проблем над реальными возможностями ЛПР по их разрешению сам выбор проблемы для решения уже представляет собой проблемную ситуацию. Другими словами, ЛПР постоянно решает для себя вопрос: "Каковы проблемы сегодняшнего дня и с решения какой из них целесообразно начать?"

В общетеоретическом плане следует считать, что этап обоснования решений должен начинаться именно с анализа указанной проблемной ситуации. Что включает такой анализ?

Вначале ЛПР должно определиться с "животрепещущими" проблемами текущего момента. Проблемы – это динамические объекты. Они постоянно возникают, существуют и уходят из поля зрения ЛПР в течение времени. Те проблемы, которые вчера были малозаметны, завтра становятся крайне острыми, а опасные проблемы "сегодняшнего дня" через некоторое время могут показаться игрушечными. Следовательно, как только ЛПР немного освободится после решения какой-то очередной проблемы (по меньшей мере, когда операция по ней настолько развилась, что можно уже ослабить внимание и поручить руководство ею своим заместителям и помощникам), необходимо составить список ближайших перспективных проблем. Список составляют произвольно, важно только, чтобы ни одна из явных проблем "сегодняшнего дня" не осталась незамеченной. Обычно задача по составлению списка проблем решается ЛПР лично, а при необходимости – с привлечением экспертов или даже путем референдума.

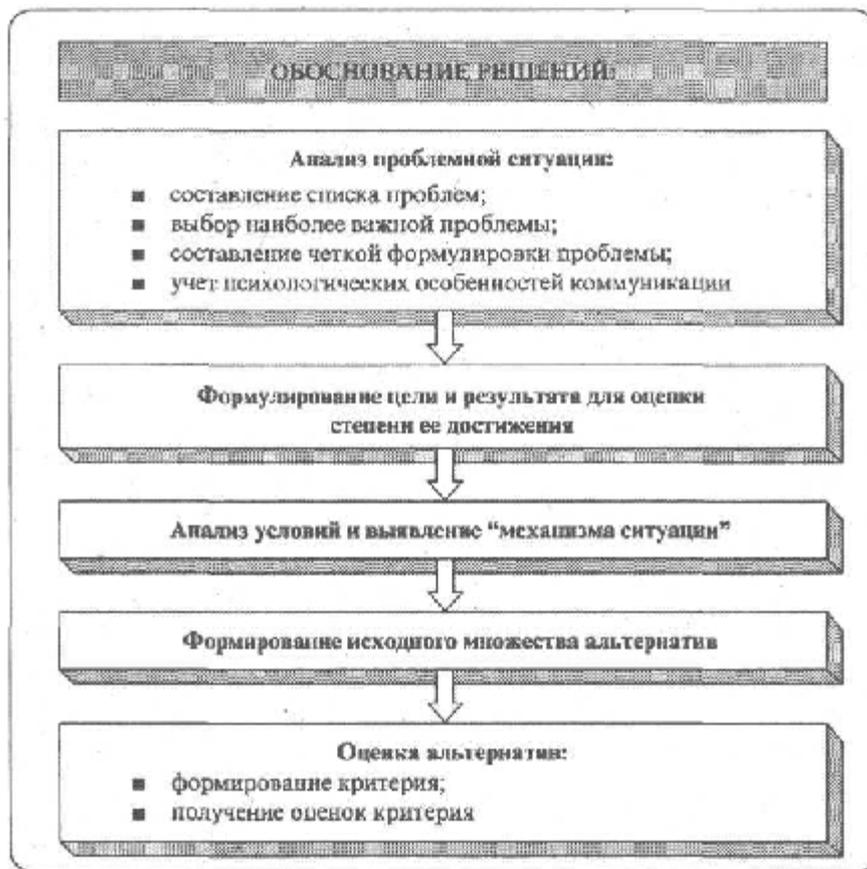


Рис. 1.2.1. Схема процесса обоснования решений

После составления списка проблем ЛПР должно принять первое важное решение – выбрать из списка наиболее важную проблему. Не будем давать строгого определения, что такое "важная проблема", учитывая, что семантически это понятие близко уже введенному нами понятию "наилучший способ", "наилучший элемент". Ясно, что "наиболее важная проблема" – это и есть та, которую ЛПР наиболее предпочтительно решать именно сейчас, от решения которой именно в настоящее время для ЛПР многое зависит. При этом, конечно же, это должна быть не мнимая, не надуманная проблема, и, следовательно, для ее решения у ЛПР имеются необходимая информация и необходимые ресурсы.

Когда проблема для решения выбрана из списка проблем, ЛПР лично (иногда с привлечением экспертов) проводит ее углубленный содержательный анализ. При этом ЛПР старается как можно адекватнее проникнуться представлением о существе тех внутренних или внешних неудовлетворенностей чем-либо, которые его беспокоят. В результате анализа принимают решение о существе проблемы.

Решения о существе проблемы рекомендуется записать на бумаге в виде компактной и четкой формулировки ее существа. Например, проблема может быть сформулирована так: "Эффективность работы управленческого аппарата низкая", "Уровень затрат на перевозку грузов от поставщиков к потребителям недопустимо большой" и т. п.

Письменная форма для описания проблемы должна рассматриваться как наиболее предпочтительная. Если проблема сформулирована письменно, то ясно, что любой из участников процесса разработки решений сможет обращаться к этой формулировке в любое удобное для него время и столько раз, сколько ему потребуется. Письменная формулировка проблемы предпочтительнее также и в юридическом смысле, поскольку может быть использована как аргумент в споре по существу достигнутых результатов.

После того, как проблема проанализирована и составлено ее описание, одинаково понятное всем участникам процесса разработки решений (ЛПР, эксперты, исполнители в части касающейся), переходят к следующей задаче. Эта задача принятия решений относится к формулированию цели и формированию (выбору) результата. Цель так же, как и проблема, должна быть зафиксирована письменно.

Признаками правильно сформулированной цели являются следующие характерные особенности ее описания [35, 37, 42]:

♦ формулировка цели начинается с глаголов в повелительном наклонении ("Доставить...", "Приобрести...", "Преодолеть..." и т. п.), которые сразу должны нацелить исполнителей на то, каков характер предстоящей операции и к какой отрасли знаний или практической сфере деятельности относится получение в ней результатов;

♦ далее следуют (обычно в произвольном порядке) указания на те или иные обстоятельства времени, места, объекта и средств приложения людских, материальных, финансовых и других усилий и затрат.

Например, цели могут быть сформулированы так: "Повысить эффективность работы управленческого аппарата путем снижения затрат на его содержание не менее чем на 15% к концу текущего года", "Снизить уровень штрафных санкций от проливов жидкого топлива в процессе работы тепловозного депо в текущем полугодии не менее чем на 500 тыс. руб."

После того, как цель операции четко сформулирована, ЛПР необходимо сразу решить вопрос о том, как (каким способом) будут получены оценки значений результатов операции для проведения оценки предпочтительности альтернатив. Здесь для установления перечня и вскрытия генезиса основных факторов проблемной ситуации и ее "механизма" широко используется доступ к прямым и косвенным сведениям. Важным качеством всякого настоящего руководителя является интуиция, чувство проведения операции, умение в неясной обстановке ощущать и понимать его ход, чувствовать, куда, к победе или к поражению, он клонится, и находить путь к тому, чтобы изменить его течение в свою пользу. Здесь опять уместно вспомнить исторический опыт России, например, С. Ю. Витте, который интуитивно чувствовал роль государственного протекционизма, значение Транссиба и другие его экономические решения.

Ясно, что при сборе информации следует избегать двух крайностей. Прежде всего, нельзя спешить, экономить время и другие средства на сборе информации, поскольку это может привести к поверхностному анализу и ненадежным выводам. Другая крайность – это чрезмерное увлечение сбором информации о существовании проблемы и сущности "механизма ситуации". В обоих случаях будущее решение проблемы может оказаться недостаточно проработанным, обоснованным, эффективным. Уже давно, около века, известен один из важных законов социологии, экономики, а теперь уже, с уверенностью можно сказать, – и информатики. Его сформулировал в начале XX в. известный итальянский исследователь (социолог, экономист, математик) В. Парето. Это так называемое **правило "20/80"**. Кратко суть выводов Парето такова: из всего многообразия факторов примерно лишь 20% вносит в "работу механизма ситуации" около 80% эффекта, а на долю остальных 80% факторов остается всего лишь примерно 20% эффекта.

Например, около 20% вкладчиков банков имеют на счетах примерно 80% всех сумм, а остальные 20% сумм вкладов принадлежат остальным 80% вкладчиков. Другой пример: объема информации приблизительно о 20% факторов проблемной ситуации достаточно, чтобы на 80% описать работу всего "механизма" проблемной ситуации. Следовательно, если не знать этой закономерности и чрезмерно "заинформироваться", то станет велика опасность потерять время и усилия на добывание сведений, которые принесут лишь незначительное прояснение в понимание ситуации.

После сбора информации ЛПР может перейти, пожалуй, к самой продуктивной фазе разработки решений – фазе формирования исходного множества альтернатив. Здесь важно усвоить главное правило (аксиому) руководства решением сложных проблем: *"Задача управленца состоит не в том, чтобы самому уметь решать задачи, а в том, чтобы знать, кому поручить ту или иную работу по их решению"*.

После этого останется только назначить этих нужных людей в нужное время и в нужное место для выполнения этих необходимых работ. Арсенал методов, используемых в настоящее время для генерации представительного множества альтернатив, обширен. Однако все они в той или иной мере базируются на опыте.

Остановимся теперь подробнее на вопросе выбора критерия и получения оценок предпочтительности альтернатив.

### 1.2.2. Критерии принятия решений и их шкалы

Напомним, что слово **критерий** происходит от греческого *criterion* – мерило для оценки чего-либо. Этим термином в ТПР обозначают значимую (т. е. важную, существенную), понятную ЛПР, хорошо им интерпретируемую и измеримую характеристику **результатов операции**. Именно с помощью критерия ЛПР судит о предпочтительности исходов операции, о предполагаемой эффективности принимаемого

решения. Следовательно, принципиальной отличительной чертой критерия по сравнению с какими-то другими ("не критериальными") характеристиками операции является именно то, что ЛПР не считает возможным выносить суждения о предпочтительности исхода операции, если именно этого или именно того критерия для оценки ему не достает.

Областью определения критерия служит множество альтернатив. Выбор критерия – это целая наука и одновременно – искусство. Однако совершенно точно можно назвать критерии, без которых практически невозможно оценивать предпочтительность альтернатив для экономических операций. Это такие критерии, как "Эффективность", "Время", "Затраты", "Потери". Для разных альтернатив критерий принимает, как правило, разные значения. Эти значения отражают в сознании ЛПР степень предпочтительности альтернатив. Их мы будем называть оценками критерия или просто *оценками*. Оценки критерия выражаются в принятых для их измерения шкалах.

Заметим, что с философских позиций критерий и оценка критерия – это одно из проявлений категорий качества и количества. **Качество** как совокупность свойств, выделяющих (выделяющих) один объект от другого, *неотрывно от объекта*. **Количество** же *можно изучать отдельно*, не привязываясь к конкретному объекту. В процессе измерения происходит как бы объединение полезных свойств качества и количества. Известно [21], что измерение – это процесс приписывания объектам таких символов, чтобы можно было, сравнивая символы по их значениям, делать выводы о свойствах связей объектов между собой. Для ТПР это означает следующее. Если какая-то альтернатива предпочтительнее другой, то у более предпочтительной альтернативы оценка по выбранному критерию должна принимать более предпочтительное значение. Тогда логично предположить, что, выбрав альтернативу с наилучшим значением оценки критерия, ЛПР тем самым выберет "наилучшую альтернативу",

Это достаточно сильное, но очень важное для моделирования предпочтений ЛПР предположение. Но что не менее удивительно, так это то, что это предположение часто подтверждается на практике! Поэтому везде в дальнейшем будем считать, что это предположение верно и существует взаимно однозначное соответствие вида:

$$a \succsim b \Leftrightarrow u(W(a)) \geq u(W(b)), \quad (1.2.1)$$

где  $a$  и  $b$  – альтернативы;

$W$  – оценка (значение) критерия;

$u(W)$  – функция полезности;  $W(a)$  и  $W(b)$  – значения оценок критерия для альтернатив;

$u(W(a))$  и  $u(W(b))$  – уровни функции  $u(W)$  полезности для ЛПР полученных значений оценок  $W(a)$  и  $W(b)$  соответственно;

$\Leftrightarrow$  – знак двойной импликации ("тогда и только тогда", "необходимо и достаточно");

$\succsim$  – символ, означающий нестрогое превосходство для альтернатив (читается "не хуже, чем...", "не менее предпочтительно, чем...").

Соотношение (1.2.1) следует понимать так: если какая-то альтернатива не хуже какой-то другой, то значение оценки полезности для более предпочтительной альтернативы должно быть не ниже, чем для менее предпочтительной. В нашем случае альтернатива  $a$  не менее предпочтительна, чем альтернатива  $b$ , следовательно, функция, полезности  $u(W)$  должна иметь значение  $u(W(a))$  не меньше, чем  $u(W(b))$ . Обратим особое внимание на знак двойной импликации – "тогда и только тогда" – в выражении (1.2.1). Это очень важно. Так вот, следуя этой особенности в записи выражения для функции полезности, мы **обязательно будем полагать**, что и обратное всегда верно. Именно обязательность и возможность "обратного прочтения" выражения (1.2.1) позволит нам сделать технологический прорыв во внедрении теории ТПР в практику управления.

Идея всех технологий отыскания "наилучшего решения" в этом случае оказывается на удивление простой. Стоит только найти альтернативу, обладающую максимальной полезностью, и она, скорее всего, с точностью до построенной модели  $u(W)$  предпочтений окажется действительно наилучшей для реализации в операции. Заметим, что с позиций чистой математики "наилучших альтернатив" может быть несколько, так как максимум функции полезности может, в принципе, достигаться на нескольких элементах множества определения. В такой ситуации только интерпретации помогут ЛПР выбрать лучшее решение из "наилучших альтернатив".

Из уже сформулированного нами вербального правила выбора "наилучшей альтернативы" и соотношения (1.2.1) немедленно следует и формальное правило, задающее описание "наилучшей

альтернативы"  $a^*$ :

$$a^* : \max_{a \in A} u(W(a)), \quad (1.2.2)$$

где  $A$  – множество альтернатив.

Итак, подводя итог сказанному, ответим еще раз на такие вопросы: кому и зачем нужен критерий? какие формы принимает критерий в тех или иных случаях? Ответы таковы: критерий нужен и ЛПР, и исполнителям; критерий нужен ЛПР, так как он помогает ему лично убедиться в том, что выбранное решение эффективно. Кроме того, критерий, выраженный в количественной форме, дает ЛПР возможность делегировать полномочия исполнителям, организовать и провести действенный контроль над ходом операции. Исполнителям критерий нужен, чтобы эффективно действовать в соответствии с **принципом неокончателности и свободы принятия решений**, когда ЛПР не диктует исполнителю инструкции на все случаи жизни, освобождает его от мелочной опеки, предоставляет ему право действовать инициативно и самостоятельно в рамках делегированных полномочий.

Форма критерия выбирается исходя из принципа Оккама ("лезвие бритвы"). Принцип Оккама гласит: "Не умножай сущности без необходимости". Это означает, что если одно и то же явление можно адекватно объяснить несколькими разными обстоятельствами, причем одно из обстоятельств существенно проще остальных, то предпочтение следует отдать более простому объяснению, вытекающему из более простых обстоятельств. Так и в принятии решений. Иногда ЛПР может сделать вывод о том, какая из альтернатив  $a \in A$  является наилучшей, просто классифицируя исходы  $z(a) \in Z$ . Иногда для выбора решения  $a^*$  ему потребуется ввести на совпадающих исходах результаты  $y(a)$ , которые будут измерять интенсивность важных свойств исхода. В некоторых случаях результаты  $y(a)$  придется превратить в критерий  $W(a)$ , измеряющий степень близости к цели операции. В более редких случаях потребуется построить функцию  $u(W)$  полезности на оценках  $W(a)$  критерия  $W(a)$ . Все зависит от того, каков конкретно тип "механизма ситуации" и каков вид результата (критерия). Так, даже если "механизм ситуации" однозначный, но результат  $y(a)$  векторный, скорее всего, придется строить интегральную функцию ценности на частных функциях ценности отдельных компонентов вектора  $y(a)$ . Если результат  $y(a)$  скалярный, но "механизм ситуации" многозначный, придется строить критерий, который позволит учесть особенности восприятия ЛПР риска (стохастический, поведенческий или "природный" риск). А если и многозначный "механизм ситуации", и векторный результат используются для описания особенностей исходов операции, тогда придется учесть не только тип многозначности исхода операции, но и способ оценки интегральной полезности результатов.

Схема принятия ЛПР частных решений относительно формы критерия графически представлена на рис. 1.2.2.

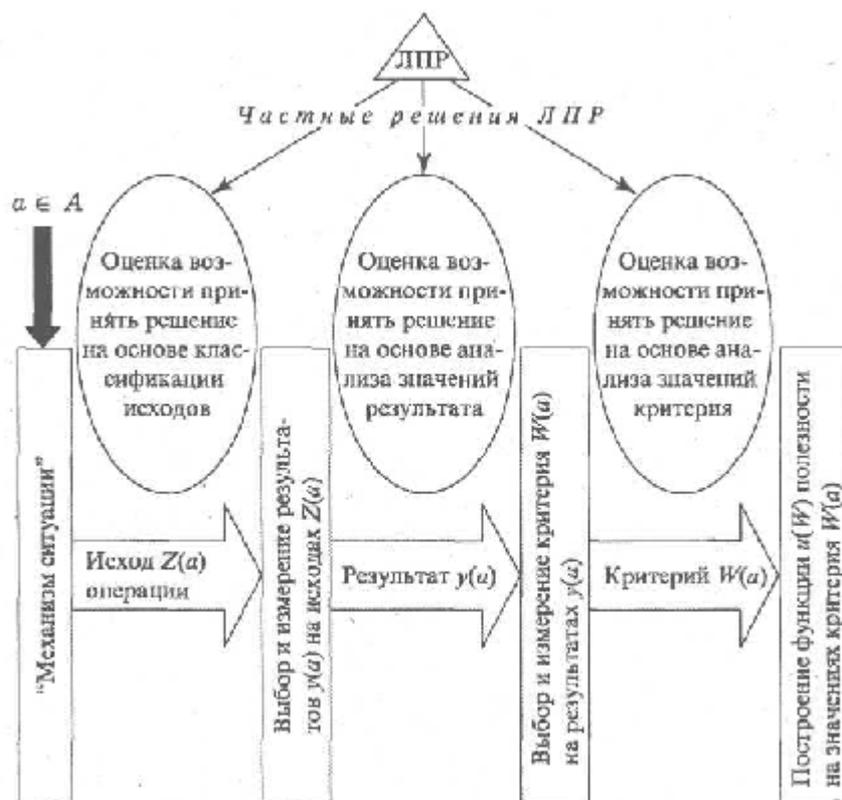


Рис. 1.2.2. Принятие ЛПР частных решений относительно формы критерия

Разработаны и широко используются разнообразные по своим свойствам шкалы для измерения значений критериев. Эти шкалы позволяют в наибольшей степени обеспечить требование высокой информативности при решении задачи и одновременно добиться необходимой простоты и экономии средств при измерениях. Например, если цель измерения – разделить объекты на классы по заданному признаку (например, "пригодны" – "не пригодны"), то используют так называемые **номинальные**, или **классификационные шкалы**. При этом приемлемыми являются любые формы представления оценок, которые позволят отделить объекты из разных классов друг от друга. Так, ЛПР может допустить считать, все что "пригодно" – это единица, а все, что "не пригодно" – это ноль. Над значениями оценок в номинальных шкалах можно производить любые взаимно-однозначные преобразования, и при этом смысл высказываний, задаваемых выражением (1.2.1), сохраняется.

Если целью измерения будет упорядочение объектов одного класса в соответствии с интенсивностью проявления у них какого-то одного общего свойства, то наиболее выразительной и экономной будет **ранговая шкала**. Например, если общим для характеристики экономической ситуации будет признак "Рост производительности труда", то ЛПР может упорядочить разные способы повышения производительности труда, например, в порядковой шкале со значениями "высокий", "средний", "низкий". Здесь также можно присвоить градациям шкалы числовые значения – ранги. Шкала в таком случае называется ранговой. Например, если первому в упорядоченном ряду способу наступления присвоить ранг, равный 1, второму – равный 2 и т. д., то получим так называемую **прямую ранговую шкалу**. Возможно ранжирование и в **обратных ранговых шкалах**, где более предпочтительному объекту присваивается больший, а не меньший ранг. Оценки в ранговых шкалах допускают любые монотонно возрастающие или монотонно убывающие преобразования.

Номинальные и ранговые шкалы относят к **классу** так называемых **качественных шкал**. Однако в практике достаточно часто встречаются случаи, когда просто качественного суждения об упорядочении альтернатив недостаточно. Например, ЛПР для принятия решения требуется не просто узнать, что одна из альтернатив осуществления повышения производительности труда обеспечивает темп выше, чем другая. Ему еще нужно получить представление о том, на сколько или во сколько раз достижимая для альтернатив производительность труда выше (или ниже). В подобных ситуациях для измерения значений критериев применяют наиболее совершенный класс шкал – **количественные шкалы**. Подклассами количественных шкал выступают **интервальная шкала**, **шкала отношений** и **абсолютная** – самая совершенная из всех шкал. Абсолютная шкала допускает только тождественные

преобразования над ее значениями.

Промежуточное положение (в смысле совершенства) между качественными и количественными шкалами занимает *числовая балльная шкала*. В этой шкале оценки критериев выражаются в виде чисел, баллов, начисляемых по установленным ЛПР правилам. Что касается свойств балльных шкал, то чем меньше у них градаций (например, три-пять числовых градаций) и чем проще правила начисления баллов, тем ближе такие шкалы к качественным, ранговым. И наоборот, чем число градаций больше и чем сложнее правила начисления баллов, тем балльная шкала ближе по своим свойствам и возможностям к количественной, интервальной.

Чтобы воспользоваться формальной моделью (1.2.2) для выбора наилучшей альтернативы, ЛПР должно решить несколько частных задач измерения. В самом начале, руководствуясь принципом цели, ЛПР проводит углубленный анализ своих устремлений. Оно стремится проникнуться пониманием "полезности" достигаемых результатов для решения проблемы.

На этом шаге ЛПР работает по технологии "номинаций": используя вербальное описание цели операции, ЛПР тщательно моделирует желаемое будущее, формально воспроизводя его в виде требуемого результата  $y^{\text{TP}}$ . Затем, действуя по схеме "вот эти частные критерии отнести к оценкам "Затрат", а те – к оценкам "Эффекта", руководитель формирует критерий  $W$  оценки эффективности решений. Далее осуществляют содержательный анализ факторов, задающих тип "механизма ситуации", формируют концептуальное множество альтернатив, принципиально приводящих к достижению цели операции, и содержательно анализируют его с целью выделить физически реализуемые альтернативы. Это значит, что каждая из альтернатив концептуального множества проверяется на ее приемлемость для ЛПР как в отношении достижения цели операции, так и удовлетворения ограничений по времени (на подготовку и реализацию этой альтернативы) и требуемым ресурсам, необходимым для физической реализации альтернативы.

Когда концептуальные оценки "Затрат" и "Эффекта" в номинальной шкале получены, можно приступать к формальному отсеиванию менее предпочтительных из физически реализуемых концептуальных альтернатив. Менее предпочтительными при этом следует считать те из альтернатив, которые одновременно уступают хотя бы одной из других одновременно по оценкам "Эффекта" и "Затрат". В процессе подобного номинирования получают физически реализуемое допустимое множество  $A$  альтернатив, состоящее из "не худших" представителей.

Теперь для каждой альтернативы  $a \in A$  следует произвести измерение значений критерия  $W(a)$  в более совершенной шкале – ранговой или балльной. В результате получаем оценки  $W(a)$  критерия и можем уже делать выводы о "тенденциях", проявляющихся в изменении значений оценок  $W(a)$  критериев при изменении альтернатив  $a \in A$ . Изученные тенденции будут служить главными ориентирами при оценке предпочтительности решений с применением более тонких методов. Для этого на очередном шаге процесса измерения строят модели для получения оценок  $W(a)$  критериев  $W(a)$  в более совершенных, количественных шкалах типа интервальных. В результате можно более точно устанавливать не только тенденции, но и пропорции в значениях оценок при переходе от одной альтернативы к другой, а при необходимости – построить функцию  $u(W(a))$  полезности (обычно в шкале интервалов). Описанная процедура, предложенная одним из авторов данного учебника, позволяет технологически рационально и сравнительно просто обеспечить выполнение всех предпосылок для решения задачи (1.2.2). При этом не только возрастает продуманность в действиях ЛПР, не только усиливается доказательный аспект в вырабатываемом решении, но и достигается большая экономия времени на обоснование решений по сравнению с шаблонными или "волюнтаристскими" подходами к решению задач типа (1.2.2). Когда С. Н. Воробьев несколько лет назад разработал эту трехэтапную схему измерений, он условно назвал ее процедурой "Номинации – Тенденции – Пропорции".

На основании анализа многолетних результатов успешного применения технологии "Номинации – Тенденции – Пропорции" было установлено, что следование этой технологии в ходе всего процесса разработки решений приводит к проявлению полезного эмерджентного свойства. Этот полезный системный эффект проявляется в виде значительного снижения затрат на моделирование, а также на проведение измерений в ходе экспертного оценивания. В частности, опыт автора показал, что при измерениях по технологии "Номинации – Тенденции – Пропорции" можно более чем на половину сократить затраты на обоснование решений по сравнению со случаем, если бы сразу начать строить точные количественные модели или проводить дорогостоящие статистические и экспертные обследования. При этом оказалось, что частота рационального использования разных типов шкал для получения оценок критериев соответствует правилу "80/20" Парето. Например, при исследовании

больших (крупномасштабных) проблем, при разработке концепций развертывания масштабных проектов примерно в половине общего числа случаев удалось при обосновании решений ограничиться измерениями в номинальных шкалах; еще примерно половина от оставшегося числа случаев разработки решений соответствовала получению вполне удовлетворительных рекомендаций и "наилучших альтернатив" при использовании всего лишь порядковых шкал. Следовательно, около 75% от общего числа проблем, решаемых в сложных проблемных ситуациях, оказываются вполне обоснованными даже при использовании качественных шкал критериев. И лишь примерно в 25% случаев на этапе детальной проработки решений и проектов ЛПР приходилось прибегать к использованию более совершенных, количественных шкал. Подобный опыт, конечно же, важен, поскольку при анализе проблемных ситуаций затраты на получение информации и моделирование составляют до 80% от общего уровня ассигнований на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки [21, 54].

Наконец, отметим, что в зависимости от числа используемых для принятия решений частных показателей целесообразно различать **скалярные и векторные критерии**. Частные компоненты векторного критерия позволяют измерить предпочтения в отношении какого-то одного конкретного частного свойства получаемого целевого результата. Эта информация бывает полезной притонком анализе для того, чтобы различить по предпочтительности близкие или даже эквивалентные "наилучшие альтернативы", выбрать действительно наилучшее решение при слабой различимости значений оценок полезности конкурирующих альтернатив.

### 1.2.3. Содержание процесса принятия решений

Главное предназначение ЛПР и конечный продукт его управленческой деятельности – разработка решений. Разумеется, немаловажны и другие его управленческие функции. В компетенцию ЛПР входит организация и проведение всевозможных согласований, руководство планированием операции, постановка задач наиболее важным (ключевым) исполнителям, а также принятие решения на применение санкций к нарушителям договорных обязательств. После того как решение принято, ЛПР лично организует и контролирует всестороннее обеспечение (юридическое, финансовое, материальное и др.) выполнения принятого решения (см. рис. 1.1.2), лично участвует в наиболее важных операциях по контролю за работой своих заместителей, подрядчиков и поставщиков.

Только ЛПР определяет, какие и в каком количестве могут потребоваться резервы при проведении операции, готовит их заблаговременно. Только ЛПР имеет право (и обязано) в форсмажорных ситуациях немедленно принимать решение и отдавать распоряжения на задействование резервов, оказание помощи исполнителям. Не менее важной работой ЛПР всегда было обучение руководящего персонала и исполнителей, обобщение опыта, причин успехов и неудач.

По итогам проведенной операции ЛПР лично организует сбор данных о фактически достигнутых результатах и их полезности, дает указания на обобщение опыта выполнения отдельных работ и операции в целом. Это следует делать в обязательном порядке, не жалея времени. Целью этой обязательной процедуры оценки фактической эффективности является накопление личного опыта и пополнения базы данных и базы знаний о причинах успехов и неудач. В будущем такой опыт и знания помогут избежать серьезных ошибок в управлении при решении сходных проблем, повысить эффективность будущих решений.

Таким образом, вырисовывается концептуальная структура принятия решений. Схема процесса принятия решений представлена на рис. 1.2.3.

Основу принятия всех решений, на всех этапах процесса разработки решений, конечно же, составляют предпочтения ЛПР. Что такое "предпочтения", примерно понимает каждый. Тем не менее, позже будет дано специальное толкование этого термина с целью обеспечить его единое понимание в данном изложении и на этой основе достичь ясного представления о сущности технологий выявления, измерения и моделирования предпочтений. Таким образом, целесообразным началом процесса принятия решений должен стать подпроцесс формализации предпочтений. Изучению содержания этого подпроцесса будет посвящен специальный раздел. После того как предпочтения ЛПР формализованы с требуемым в рамках процедуры "Номинации – Тенденции – Пропорции" качеством, получена необходимая информация о предпочтениях, переходят к следующему важному шагу принятия решений – построению так называемой функции выбора.

**Функция выбора** в теории принятия решений имеет фундаментальное значение. Именно на ее построение в конечном итоге ориентировано решение задач формирования исходного множества

альтернатив, анализа условий проведения операции, выявления и измерения предпочтений лица, принимающего решения.

Согласно формальному определению, принятому в ТПР [39], функция выбора – это отображение вида

$$Ch:D \Rightarrow D^{\circ}, \quad (1.2.3)$$

где  $D$  – некоторое (исходное для рассматриваемого шага принятия решений) множество;

$D^{\circ}$  – подмножество исходного множества (обозначается как  $D^{\circ} \subseteq D$ ), обладающее известными или заданными свойствами.

Формальное задание функции ценности выражением (1.2.3) – это не более чем определение. На самом деле получение подмножества  $D^{\circ}$  из исходного множества  $D$  обычно технологически реализуется как итерационный процесс. Вот как, например, в рамках процедуры "Номинации – Тенденции – Пропорции" выделяют подмножество наилучшие альтернативы  $a^*$  из исходного множества  $A$  альтернатив. Вначале строится функция выбора по измерениям в наиболее надежной, но и менее точной номинальной шкале. Для этого используют качественные суждения ЛПР о предпочтениях. В результате из исходного множества  $A$  альтернатив получают первое представление о подмножестве альтернатив  $A_1 \subseteq A$ , в котором содержится "наилучшая альтернатива", т. е. –  $a^* \in A_1$ . Если ЛПР, проведя неформальный анализ подмножества  $A_1$  еще не смогло определиться в выборе  $a^*$ , то следует продолжить построение функции выбора. Для этого ЛПР должно уточнить измеренные предпочтения, применив более совершенную шкалу для их измерения (например, ранговую или балльную).

Получаем множество  $A_2$  выбора, в котором по-прежнему будет присутствовать "наилучшая альтернатива"  $a$ . Затем при необходимости можно построить множество  $A_3$ , вновь уточнить предпочтения ЛПР, измерив их в какой-либо из "пропорциональных" шкал, и так далее до тех пор, пока ЛПР уверенно не остановится в выборе "наилучшей альтернативы"  $a^*$ .

Следует иметь в виду, что конкретный вид функции выбора, реализующий отображение (1.2.3), зависит от того, каков "механизм ситуации". Это объясняется тем, что при однозначном механизме ситуации, задающем полную определенность связи "решение – результат" (т. е. в условиях определенности), ЛПР выбирает наилучшую альтернативу совсем не так, как оно это делает при неоднозначности указанной связи (т. е. в условиях неопределенности). Причина тому – риск, связанный с неопределенностью, который в условиях определенности отсутствует. Но и риск для разных типов неопределенности воспринимается ЛПР по-разному. Поэтому есть различия в построении функции выбора и для разных типов неоднозначного механизма ситуации.

Эти обстоятельства отмечены на рис. 1.2.3 вариантами построения функции выбора с детализацией их по типу условий неопределенности (в условиях стохастической неопределенности, условиях поведенческой неопределенности и в условиях природной неопределенности).

В результате уточнения вида функции выбора будет получено в общем случае иное подмножество  $A_2$  альтернатив, причем  $A_2 \subseteq A_1 \subseteq A$ . Теперь ЛПР должно сосредоточиться на анализе этого последнего множества.

Целевое различие в использовании скалярного и векторного критериев определило необходимость отображения на рис. 1.2.3, в общем случае, двух вариантов формы исходных данных и процедур для построения функции выбора – по скалярному или векторному критерию.



Рис. 1.2.3. Процесс принятия решений

Назначение и суть остальных этапов принятия решений, представленных на рис. 1.2.3, уже достаточно обсуждались, чтобы не уделять им дополнительного внимания. Однако и на этих этапах, и на всех других, где ЛПР проводит работу не в одиночестве, а вместе со специалистами и исполнителями, вся управленческая работа представляет собой достаточно трудный процесс взаимной "притирки", нахождения, так сказать, общего языка.

В этой связи целесообразно рассмотреть особенности процесса коммуникации, на фоне которого проводится значительная часть консультационной и поисковой работы.

#### 1.2.4. Общая характеристика проблемы коммуникации в процессе разработки решений в сложных ситуациях

Иногда сразу проанализировать проблему или сформулировать цель предстоящей операции ЛПР не удается. Чаще всего это обусловлено недостаточной исходной информацией, срочностью решаемой задачи, неполными знаниями или отсутствием опыта у ЛПР. Число вопросов, возникающих при решении сложной проблемы, более чем превосходит интеллектуальные возможности одного человека. Поэтому в практике разработки решений в сложных ситуациях все чаще наблюдается ситуация, когда в качестве ЛПР выступает коллективный орган (например, совет директоров, совет попечителей и т. п.), а при обосновании решений, как правило, обязательно участвуют консультанты, эксперты, переводчики. Их работой ЛПР также должно управлять. Однако при этом почти сразу возникает параллельная проблема – проблема коммуникации, проблема общения ЛПР и других участников процесса разработки решений и управления. Эта проблема часто усугубляется особенностями субординации в организациях, требованиями конфиденциальности или режимом секретности, другими обстоятельствами. Все указанные обстоятельства вносят дополнительный психологический дискомфорт.

Большая удача, если ЛПР длительное время работает с одной "командой". Тогда люди неизбежно узнают друг друга лучше, адекватнее воспринимают вербальные высказывания, учатся прощать незначительные просчеты и ошибки, растет взаимопонимание. При этом ЛПР должно быть постоянно готовым пребывать в несвойственной ему роли "ученика", слушающего "мудрого учителя". ЛПР

должно заставить себя не обращать внимания на разницу в должности, звании, возрасте и т. п.

Таким образом, реалии сегодняшнего дня таковы, что невозможно эффективно решать сложные проблемы или задачи, если не учиться терпеливо, с желанием и по возможности беспристрастно воспринимать информацию от специалистов, советы и рекомендации помощников и экспертов. Важно хорошо усвоить, что особенно это трудно делать, если информация или рекомендации не очень нравятся ЛПР, не совпадают с тем, что оно желало бы услышать.

Возникает известная психологическая проблема, получившая в литературе название "Они и Мы" [37]. Вначале "Они" неизбежно воспринимаются ЛПР как чужаки. ЛПР, его команда и "Они" никак не могут найти общий язык. Они как бы говорят на разных, несовпадающих, иностранных языках. А ведь должно быть единое понимание проблемной ситуации, должен быть выдержан еще один принцип системного подхода – **принцип однозначной семантики**.

Поэтому при исследованиях выяснилось, что хорошей, адекватной моделью совместной работы, например, ЛПР и экспертов является модель изучения иностранного языка. Математическую модель процесса взаимного общения достаточно просто построить, если допустить, что ничто не изменяется скачком. В действительности это довольно сильное допущение. На самом деле понимание обычно как раз и проявляется внезапно, как некое озарение.

Для построения математической модели процесса коммуникации (например, ЛПР и эксперта) следует согласиться с некоторыми гипотезами об основных факторах и проявлениях тех или иных тенденций в процессе изучения иностранных языков. Впервые перечень таких факторов и тенденций для моделирования предложил известный исследователь Г. Саймон [31]. На основе анализа процесса изучения иностранного языка по методике "Берлиц" Саймон предположил, что главными факторами, определяющими эффективность процесса, являются исходный уровень непонимания языка и продолжительность обращения к изучаемому предмету (языку).

В качестве гипотез об основных тенденциях и условиях процесса изучения иностранного языка были сформулированы следующие предположения:

- ◆ уровень непонимания меняется в процессе обучения логарифмически с ростом частоты и продолжительности обращения к языку, практики разговорной речи;
- ◆ существует "граница положительной мотивации" при обучении новому языку;
- ◆ скорость изменения интенсивности обучения (частоты и продолжительности обращения к языку, практики разговорной речи) зависит от "близости" параметров процесса обучения к "границе положительной мотивации".

Смысл понятия "граница положительной мотивации" заключается в том, что при определенном уровне непонимания обучаемый стремится сокращать продолжительность занятий языком. Если же уровень непонимания ниже некоторого критического порога для данного значения продолжительности занятий ("порога отрицательной мотивации"), то занятия приносят удовлетворение, они приятны (наблюдается положительная мотивация), их хочется продолжать, и обучаемый будет стремиться увеличивать продолжительность занятий. Если же уровень непонимания выше критического порога, то занятия неприятны, раздражают (отрицательная мотивация), и обучаемый будет стремиться сокращать их продолжительность или даже вообще откажется от изучения языка. Процесс целенаправленного общения людей в интересах получения и обмена информацией, достижения соглашения, принятия совместного решения по важной проблеме будем далее именовать **деловой беседой**.

Приняв гипотезы Г. Саймона и основываясь на предположении о плавном, нескачкообразном характере изменения значений факторов модели, составляют несложные дифференциальные уравнения и моделируют процесс общения ЛПР и эксперта. Результаты моделирования дают достаточно полное представление об особенностях процесса взаимодействия участников подобных деловых бесед. Так, например, при хорошем начальном уровне взаимопонимания даже при сравнительно низкой частоте общения удается снизить уровень непонимания практически до нуля, не вызывая у ЛПР и эксперта отрицательных эмоций. Если же уровень непонимания очень высок, а частота общения низкая, ЛПР, скорее всего, откажется от контактов с экспертом и останется практически на том же уровне непонимания.

Умению преодолеть подобные трудности общения учит практика ведения деловых бесед [37]. Обычно считают, что участники деловой беседы одинаково заинтересованы в ее результатах и поэтому готовы активно сотрудничать друг с другом для достижения общей цели. Это значит, что рациональное должно преобладать над эмоциональным ("не примешивать чувства и эмоции к делу"). Нужно понять, что ситуация "Они и Мы" должна уступить место ситуации "Мы против проблемы". Стороны просто

обязаны исключить взаимные обиды и предвзятости. При планировании особо ответственных деловых бесед стоит прибегнуть к помощи и совету специалистов по этому вопросу, пригласить для консультации психоаналитика, имиджмейкера, дизайнера. Они помогут ЛПР подготовить и отрепетировать специальные действия, направленные на блокирование скрытого сопротивления или открытой деструктивной позиции собеседника.

Однако, даже если участники деловой беседы искренне заинтересованы в ее успехе, часто этого еще недостаточно для того, чтобы она немедленно дала полезный эффект. Люди ведь разные... У них могут быть разная национальность, религия, разный уровень образования и культуры, разные принципы морали и нравственности (например, И. Кант утверждал, что чем выше мораль, тем ниже нравственность). Поэтому нет ничего более далекого от истины, чем полагать, будто одни и те же слова для разных людей обозначают одно и то же. Значение одного и того же слова для разных людей почти всегда разное. Следовательно, в ходе деловой беседы необходимо активно добиваться взаимопонимания, тактично выясняя, что именно в сознании собеседника (собеседников) отождествляется с тем или иным словом. Ни в коем случае не пытаться пассивно приписывать словам тот смысл, который они (эти слова) имеют для вас.

Особенно ярко это проявляется, если ваш собеседник делает заявления типа: "Вам этого не понять!" В подобной ситуации вам следует немедленно заблокировать подобное отношение вашего собеседника к беседе и сразу задать свой вопрос: "Что именно... <нам не понять>?" Скорее всего, такая активная позиция, подкрепленная неоскорбительным вопросом, обеспечит необходимую разрядку в отношениях сторон. Но если вы вдруг "обидитесь" и ударитесь в амбиции, поставив перед собеседником вопрос типа: "Почему <нам этого не понять>", который выразит ваше "агрессивное" и вызывающее отношение, это может превратить деловую беседу в ее антипод – словесную ссору. В результате цель деловой беседы может оказаться недостижимой. Более подробно о проведении деловых бесед будет рассказано в п. 3.3.4.

### 1.2.5. Содержание процесса контроля

Важным элементом управления является контроль. Именно контроль позволяет реализовать эффективное разделение труда исполнителей, так как предполагает обязательное делегирование полномочий этим исполнителям в соответствии с принципом неокончателности и свободы принятия ими локальных решений. Контроль – это такая же целенаправленная деятельность ЛПР, как и любая другая операция. Поэтому для достижения необходимого эффекта его также нужно тщательно спланировать и организовать. Теория управления предусматривает три основных вида контроля:

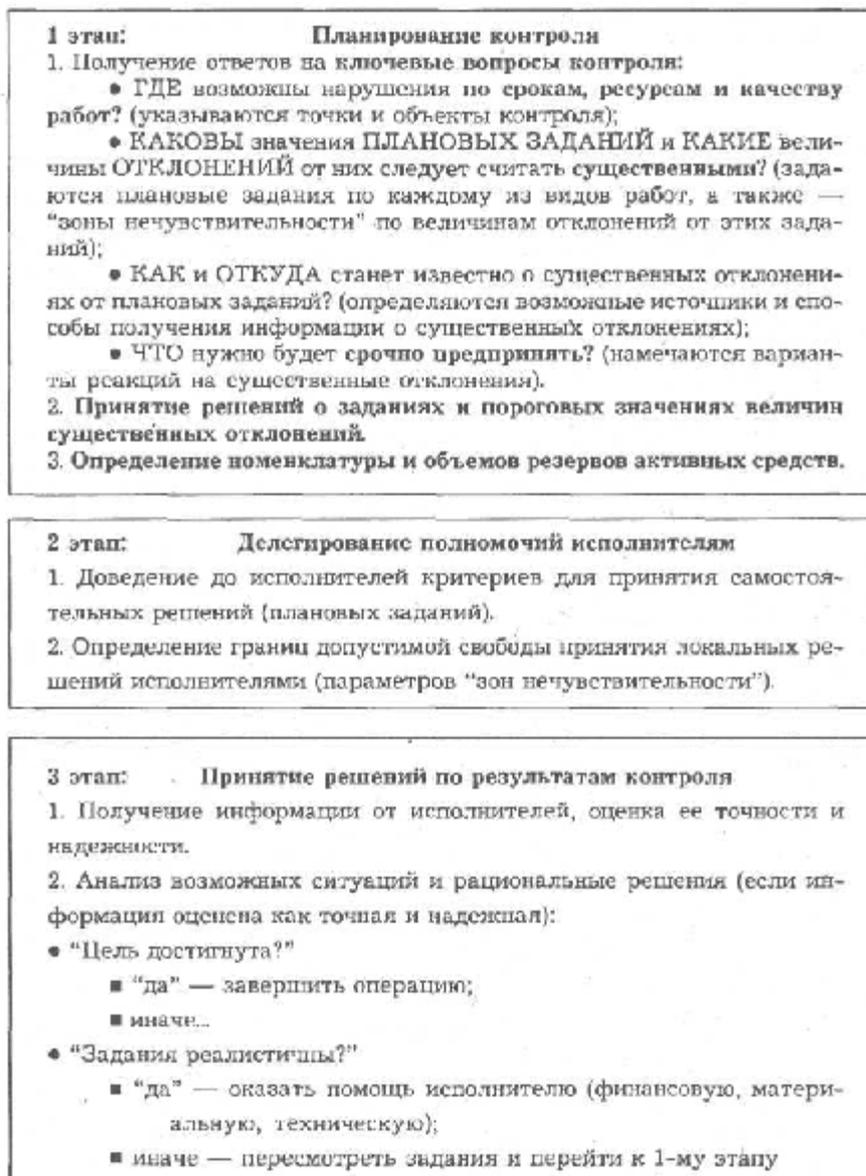
- ◆ **предварительный** – контролируется готовность трудовых, материальных и финансовых ресурсов;
- ◆ **текущий** – контроль работы исполнителя его непосредственным руководителем;
- ◆ **итоговый** – контроль ЛПР фактически достигнутых результатов, когда операция закончена или истекло отпущенное на нее время.

Для правильной научной организации каждого из этих видов контроля следует провести тщательное их планирование, организовать гласное делегирование полномочий исполнителям на принятие ими локальных решений, а также спрогнозировать и глубоко проанализировать возможные форсмажорные ситуации. Схема организации и проведения контроля в рамках такого подхода к нему реализуется в ходе выполнения трех основных этапов. Она представлена на рис. 1.2.4.

На первом этапе проводится планирование контроля. Именно здесь, на основе глубокого изучения сложившейся проблемной ситуации принимаются решения по главным вопросам.

При этом:

- ◆ определяют основные направления контроля – сроки, ресурсы, эффективность и качество исполнения отдельных подопераций и работ;
- ◆ определяют основные объекты и точки контроля;
- ◆ намечают плановые значения (задания) по главным результатам выполнения подопераций и работ;
- ◆ выбирают величины допустимых отклонений от заданий по главным результатам (так называемые существенные отклонения и зоны нечувствительности) и диапазоны свободы принятия решений по неосновным, некритическим работам;



**Рис. 1.2.4.** Схема организации и проведения контроля

♦ устанавливают порядок передачи докладов и сообщений (определяются возможные источники и способы получения информации о существенных отклонениях) и порядок взаимодействия при затребовании резервов активных средств при форсмажорных ситуациях;

♦ концептуально (на уровне замысла) планируют экстраординарные реакции на существенные нарушения заданий (решают, что нужно будет срочно предпринять в той или иной ситуации);

♦ планируют объемы резервов основных видов активных ресурсов.

На втором этапе организации и проведения контроля юридически оформляют делегирование полномочий исполнителям по принятию локальных решений по результатам текущего контроля. Основной принцип делегирования полномочий, вытекающий из принципа неокончателности и свободы принятия решений, гласит: руководители на местах с конкретными людьми и ресурсами, а также сами исполнители в конкретной обстановке, лучше знают, как выполнить ту или иную поставленную перед ними задачу или работу.

На третьем этапе процесса контроля оцениваются реально складывающиеся ситуации и принимаются текущие решения. Здесь мы по-прежнему полагаем, что решения, принятые ЛПР на этапе планирования процесса контроля, вовсе не являются безупречными, идеальными (см. рис. 1.1.4 в п. 1.1.3).

### **1.3. Постановки и основные методы решения базовых задач обоснования решений**

Вербальная постановка задачи удобна для содержательного анализа и выбора подхода к решению проблемы. Она также незаменима на этапах интерпретации результатов, полученных абстрактными методами, и окончательного принятия решений. Формальная постановка задачи помогает эффективнее выбрать наиболее предпочтительный математический метод получения оптимального решения из известных классов методов. Разумеется, иногда удастся сразу разработать формальную постановку задачи, но все же лучше получать ее из вербальной. Это позволит проще осуществлять интерпретацию результатов решения формальной задачи. Процедура формализации вербальной задачи в общем случае включает следующие шаги:

- ◆ введение обозначений – вводят символы и идентификаторы, обозначающие элементы проблемной ситуации;
- ◆ выбор факторов, обозначающих результаты – вводят результаты, устанавливают направления предпочтений на них;
- ◆ построение целевой функции на результатах;
- ◆ формулирование ограничений задачи – записывают систему равенств, неравенств и логических условий, моделирующую условия достижения цели и действие объективных законов;
- ◆ формирование канонической (принятой за образец) задачи математического программирования.

На наш взгляд, следование такому порядку формализации вербальной задачи позволяет эффективно концентрировать внимание на сущности каждого из логически обусловленных шагов, получать результаты с меньшими затратами ресурсов.

Рассмотрим постановки и методы решения наиболее важных задач обоснования решений.

### 1.3.1. Задача измерения

Если обобщить все сказанное ранее о ЛПР, то станет ясно, что оно – своеобразная "машина по переработке информации". ЛПР только тем и занимается, что все время собирает информацию о текущих и перспективных проблемах, определяет, какая информация необходима для решения тех или иных проблем, лично и через помощников обрабатывает информацию и превращает её в решение. Решение – это тоже специфическая информация, т. е. информация для исполнителей – кому, что, где, когда и с помощью чего сделать. Другими словами, главная функция ЛПР – информационная. Главный исходный рабочий материал ("сырье") для ЛПР – факты, события, сведения, данные, относящиеся к решаемой проблеме. Главный "продукт деятельности" ЛПР – указания для исполнителей. В качестве "побочного продукта" деятельности ЛПР выступают новые знания о проблеме, оформленные в виде выводов и рекомендаций по итогам оценки фактической эффективности реализованного решения.

Итак, вся деятельность ЛПР объективно сводится к непрерывному решению, по сути, только одной задачи – получать, обрабатывать и представлять соответствующим людям требуемую информацию в соответствующее время и в соответствующем месте.

Решать эту задачу следует как можно более эффективно. На практике это означает неукоснительное следование только одному из двух возможных целевых устремлений: или обеспечить как можно более высокое качество информации при заданных ограничениях на затраты ресурсов, или, наоборот, стремиться обеспечить наименьшие затраты на получение, обработку и передачу информации при условии удовлетворения требований к ее качеству. Оценка эффективности желательно получить в форме, удобной для рационального осмысления и оценки. Рациональное мышление – это, как правило, мышление научное. А наука, как известно, начинается там, где начинают измерять. В этой связи целесообразно прежде всего рассмотреть постановку и основные методы решения **задачи измерения**.

Рассмотрим, например, как осуществить рациональный выбор проблемы на основе оценки ее важности. Ясно, что представление о важности складывается в сознании ЛПР из оценки и анализа сочетания "свойств" проблемы. Среди таких свойств прежде всего следует отметить связь рассматриваемой проблемы со смежными, затем следует отметить временную, информационную и материальную обеспеченность условий ее решения. При этом следует учитывать и возможности собственных ресурсов и потребности в привлечении внешней помощи. Большое влияние на восприятие важности проблемы оказывает ее срочность (как скоро проблему требуется решить). Каждое из этих свойств является проявлением определенных взаимоотношений между элементами системы, которой руководит ЛПР, с элементами внешнего системного окружения. Эти элементы и эти отношения требуется соизмерить и представить в модельном виде, удобном для принятия решений. Мы уже знаем, что измерить одну и ту же характеристику какого-то объекта можно с использованием разных шкал.

При этом эффект измерения в различных шкалах (т. е. качество полученных результатов и затраты на их получение) будет различным. Следовательно, для осмысленного, рационального выбора способа измерения следует глубже разобраться в свойствах разных типов шкал.

Для описания типов шкал воспользуемся понятием "эмпирической системы с отношениями". Предположим, что ЛПП представляет реальную действительность в упрощенном виде как модель следующего вида [2]:

$$S_{\varepsilon} = \{D, R_{\varepsilon}\}, \quad (1.3.1)$$

где  $S_{\varepsilon}$  – окружающая ЛПП реальная действительность, именуемая эмпирической системой с отношениями;

$D$  – конкретные элементы рассматриваемой системы, вычлененные ЛПП (взятые как наиболее значимые, существенные) из реальной действительности;

$R_{\varepsilon}$  – множество разнообразных соотношений между элементами реальной действительности, учитываемые ЛПП.

**Измерение** – это специальное и еще более значительное упрощение модели вида (1.3.1), в ходе которого эмпирическую систему  $S_{\varepsilon}$  с отношениями отображают в форме абстрактной числовой системы  $S$ . Элементами числовой системы  $S$  являются числа из нового множества  $X$  и специально подобранные отношения  $R$  между этими числами. Таким образом, числовая система с отношениями выглядит следующим образом:

$$S = \{X, R\}. \quad (1.3.2)$$

Теперь, чтобы завершить определение термина "измерение", сделать его конструктивным, потребуем, чтобы система  $S$  была гомоморфным отображением системы  $S_{\varepsilon}$ . Целенаправленный процесс получения информации об эмпирической системе с отношениями и трансформации ее в элементы числовой системы с отношениями называют **измерением**.

Все же следует заметить, что процесс измерения по-разному интерпретируется в физической и социальной областях. Так, в [2] подчеркивается, что "физическое измерение относится к реальным объектам, первоначально не зависящим от познающего субъекта". Измерить физическую величину означает сравнить ее с определенным количеством однородной величины, выбранной в качестве единицы. В отличие от физического измерения социальное измерение концептуально связано с человеком, точнее говоря, с такими его субъективными свойствами, как, например, эмоции, желания, т. е. с такими его свойствами, которые в принципе не поддаются измерению. В самом широком смысле слова измерение можно трактовать как классификацию объектов или явлений, при которой каждой определенной группе приписывается определенный знак (цифра, буква, слово и т. д.). Это позволяет сравнить одни объекты с другим рядом объектов, измеряемых подобным же образом.

Чтобы реализовать гомоморфное отображение эмпирической системы  $S_{\varepsilon}$  в числовую систему  $S$ , нужно каждому элементу  $d \in D$  поставить в соответствие число  $x \in X$  так, чтобы, сравнивая числа из множества  $X$  по отношению  $R$ , можно было бы делать адекватные выводы о взаимосвязи между элементами  $d$ . Формально это выглядит так:

$$\Psi: D \rightarrow X \{ \{d_i \succ d_j \Leftrightarrow x(d_i) \succ x(d_j), d_i \sim d_j \Leftrightarrow x(d_i) = x(d_j)\}. \quad (1.3.3)$$

Содержательно смысл выражения (1.3.3), описывающего операцию  $\Psi$  измерения, означает, что мы какие-то сравниваемые объекты  $d$  из реальной действительности заменяем их модельными образами, а именно – числами  $x(d)$ . Делаем это так, чтобы при сравнении чисел  $x(d)$  между собой мы могли бы в отношении объектов  $d$  делать те же выводы и суждения, как если бы мы сравнивали между собой сами эти объекты. Важно также и то, что соотношение (1.3.3) в сравнениях между объектами и в сравнениях между числами "двустороннее" (на это указывает знак двойной импликации в выражении). Здесь просматривается полная аналогия с выражением (1.2.1), задающим функцию ценности (см. п. 1.2.2). Тогда мы впервые обратили внимание на важность "обратного прочтения" двойной импликации для разработки технологий принятия решений.

Для построения технологий измерения важно также заметить, что отображение  $\Psi$ , удовлетворяющее

свойству (1.3.3), можно выполнить не единственным образом. Пусть, например, имеем две шкалы  $\{S_3, S, \Psi_1\}$  и  $\{S_3, S, \Psi_2\}$ . Каждая из этих шкал оперирует разными отображениями  $\Psi_1$  и  $\Psi_2$ .

Это приведет к тому, что в результате проведения измерений на одном и том же множестве  $D$  объектов для одних и тех же элементов  $d$  будут получены два разных результата, а именно: числовые значения  $x_1 = \Psi_1(d)$  и  $x_2 = \Psi_2(d)$  соответственно. Числа  $x_1$  и  $x_2$  как результаты измерения в разных шкалах, разумеется, в общем случае будут получены разные. Например, в известном детском мультфильме длину одного и того же удава измеряли в мартышках и в попугаях. При этом, естественно, "в попугаях удав значительно длиннее". Если теперь для двух рассматриваемых нами шкал найдется некоторая функция  $\varphi$ , такая, что всегда выполняется соотношение вида  $x_1 = \varphi(x_2)$ , т. е. значения одной шкалы однозначно пересчитываются в значения другой, то такую функцию будем называть **допустимым преобразованием шкалы**. Допустимым в смысле того, что безразлично для ЛПР измерять ли объекты в той или в другой шкале, если выводы из измерения для практики принятия решений будут одни и те же. Разные классы функций  $\varphi$  обеспечивают однозначный пересчет оценок  $x_1$  и  $x_2$  в шкале рассматриваемого типа. При этом степень совершенства шкалы будем оценивать через степень адекватности выводов при принятии решений.

Например, если целью принятия решения является ответ на вопрос типа "Да – Нет" или "Хороший – Плохой", то для достижения этой цели достаточно использовать номинальные шкалы. Понятно, что более совершенная шкала требует и более значительных затрат на проведение измерения в ней. Другими словами, за более высокое качество выводов и рекомендаций приходится больше "платить".

И тут мы неожиданно приходим к следующему выводу: нет необходимости излишне тратить время и другие ресурсы на проведение измерений в как можно более совершенных шкалах, если требуется сделать выводы, которые легко проистекают из сравнения результатов измерения в менее совершенных шкалах. Это все тот же, уже известный нам принцип Оккама ("Не умножайте сущности без необходимости!").

За формальную оценку степени совершенства шкалы принимают широту класса допустимых преобразований, а именно: чем класс допустимых преобразований шире, тем шкала менее совершенна. При таком подходе наименее совершенной следует считать номинальную (или классификационную) шкалу, поскольку при использовании подобного типа шкал допустима любая замена чисел для обозначения номинаций, лишь бы это было взаимно-однозначное преобразование. Другими словами, множество допустимых преобразований номинальной шкалы – это множество всех взаимно-однозначных функций. Класс подобных функций чрезвычайно широк, и, следовательно, номинальная шкала наименее совершенная. Порядковые (ранговые) шкалы используют для формального описания и измерения отношений упорядочения на множестве объектов. Разумеется, упорядочение объектов проводится в отношении какого-то общего для них свойства или в отношении какой-то общей цели. Ранговые шкалы позволяют путем сравнения чисел (результатов измерения) установить, что один объект лучше, важнее, предпочтительнее другого или равноценен другому. В то же время порядковая шкала отражает лишь порядок следования объектов друг за другом в отношении рассматриваемого свойства. Такая шкала не дает возможности ответить на вопрос, на сколько или во сколько один объект "предпочтительнее" (опережает) другого в отношении этого свойства. В ранговой шкале нельзя определить меру степени упорядоченности. Множество допустимых преобразований такой шкалы составляют все монотонные функции. Шкала интервалов (интервальная) применяется для отображения величины различия между характеристиками объектов. Она позволяет указать, на сколько один объект отличается от другого в принятых единицах измерения. Интервальная шкала может иметь произвольное начало отсчета и масштаб. Множество допустимых преобразований данной шкалы составляют все линейные преобразования. Основным свойством шкалы интервалов является сохранение отношения длин интервалов. Примером измерения в интервальной шкале является измерение температуры объекта. Температура чаще всего измеряется в градусах Цельсия, Фаренгейта, Кельвина. Пересчет температуры, например, из градусов  $h^\circ F$  в шкале Фаренгейта в градусы  $t^\circ C$  по шкале Цельсия производится по известной формуле  $h^\circ F = 1,8 \cdot t^\circ C + 32$ . Частными случаями шкалы интервалов являются шкала отношений (нулевое начало отсчета) и шкала разностей (произвольное начало отсчета и единичный масштаб), а также абсолютная шкала (нулевое начало отсчета и единичный масштаб измерения). Абсолютная шкала считается самой совершенной.

Номинальная и порядковая шкалы относятся к **качественным шкалам**. Шкалы интервалов, отношений, разностей и абсолютная относятся к **количественным шкалам**, которые позволяют устанавливать количественные соотношения между объектами.

### 1.3.2. Задача получения информации для анализа условий и выявления "механизма ситуации"

Рассмотрим задачу, моделирующую третий и четвертый этапы процесса обоснования решений (см. рис. 1.2.1). Напомним, что содержательно на этих этапах проводят анализ условий проведения будущей операции с целью предсказать ее будущий ход и исход. Ясно, что от того, насколько верно и точно ЛПР сможет предсказать будущие условия проведения операции, во многом будет зависеть и то, насколько верно ЛПР найдет подходящие способы достижения цели операции. При этом важно хорошо понять, какие из фрагментов этих условий будут ведущими, главными, а какие – второстепенными, на какие ЛПР сможет повлиять, а с какими ему придется смириться как с неизбежностью. Затем – выделить среди факторов объективные и субъективные (об этом мы подробно говорили в п. 1.1.3; см. рис. 1.1.4). Далее ЛПР следует в каждой из подгрупп объективных и субъективных факторов выделить те элементы, которые способствуют и, наоборот, мешают достижению цели операции. Именно эти элементы факторов обстановки и должны стать, так сказать, объектами приложения усилий на этапе формирования альтернатив. Схематично процесс подобного умелого анализа условий проведения операции представлен на рис. 1.3.1.

После этого ЛПР останется "только решить", как воздействовать на управляемые факторы, чтобы ослабить отрицательное влияние мешающих и усилить положительный эффект от действия факторов, способствующих достижению цели. Напомним, что управляемые факторы – это те, которыми ЛПР в силах распоряжаться по своему усмотрению, менять их состав, структуру, качество, количество и т. п. Далее ЛПР следует решить, какая информация, какого качества и к какому сроку нужна, а затем выбрать один из доступных источников информации и принять решение о наилучшем способе ее получения из этого источника.

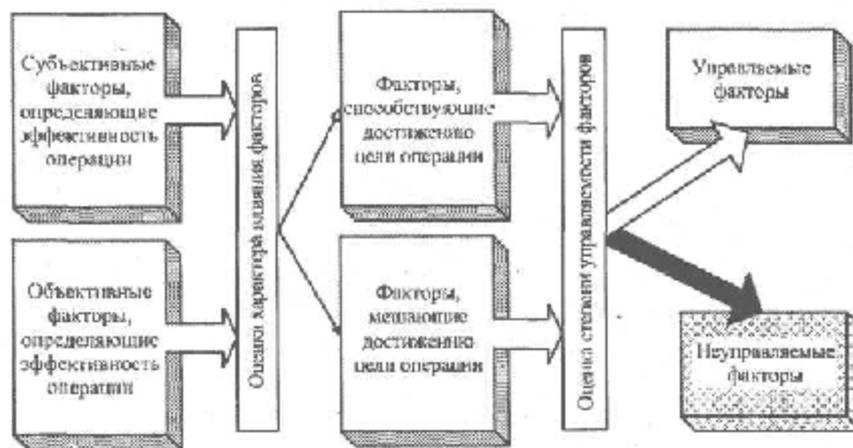


Рис. 1.3.1. Процесс анализа условий проведения операции

Концептуальная схема классификации источников и способов получения информации представлена на рис. 1.3.2. Из анализа этой схемы следует, что принципиально есть только три источника информации:

- ♦ эмпирические данные (кратко будем обозначать этот источник информации именем "ОПЫТ");
- ♦ знания, личный опыт и интуиция ЛПР (имя источника – "ЛПР");
- ♦ совет специалиста (краткое имя для этого источника – "ЭКСПЕРТИЗА").

Ясно, что практически чаще всего люди черпают информацию из собственного опыта и знаний, а собственная интуиция помогает им заполнить пробелы в позитивном знании. В историческом отношении этот источник информации ("ЛПР") наиболее древний. Но бывает, что само ЛПР не имеет достаточных знаний или опыта по разрешению стоящей перед ним проблемы. Вообще-то это не такой уж редкий случай. В подобной ситуации ЛПР начинает искать наиболее подходящий источник получения недостающих данных, информации или знаний. Здесь перед ним оказываются две принципиальные возможности: поискать необходимые сведения в одном из "объективных источников", где зафиксирован исторический опыт человечества, или обратиться к "субъективному источнику" – к знаниям, умениям и навыкам признанных специалистов своего дела (экспертам).



Рис. 1.3.2. Концептуальная схема классификации источников и способов получения информации

По-видимому, использование для принятия решений знаний, навыков и опыта специалистов следует считать исторически следующим шагом в развитии методов управления и разработки решений. ЛПР прибегали к подобному источнику информации ("ЭКСПЕРТИЗА") для принятия ответственных решений столь же часто, как и к собственным опыту и интуиции. Однако, если в обыденной жизни человек самостоятельно решает, является ли тот или иной из знакомых ему специалистов "экспертом", то, чтобы считаться экспертом в строгом, научном понимании, человек должен удовлетворять ряду особых требований.

Так, в ТПР считают, что **эксперт** – это человек, который *лично работает* в интересующей ЛПР области деятельности, является *признанным* специалистом по решаемой проблеме, *может* (умеет и желает) и *имеет возможность* (например, обладает юридическим правом) высказывать суждение по проблеме или вопросу проблемы в доступной для ЛПР форме.

Таким образом, существенными для теории принятия решений характеристиками, отличающими эксперта от иных специалистов, являются:

- ◆ признание его заслуг ("компетентность");
- ◆ умение высказываться на языке, понятном ЛПР;
- ◆ наличие разрешения на высказывание своего мнения;
- ◆ личная заинтересованность в сотрудничестве с ЛПР по рассматриваемой проблеме.

Если же специалист, претендующий на звание эксперта, не удовлетворяет хотя бы одному из перечисленных требований, то такой специалист не будет нами рассматриваться как эксперт.

Эксперты выполняют информационную и аналитическую работу на основе своих личных представлений о решаемой задаче. В общем случае представления экспертов могут не совпадать с мнением ЛПР. Такое расхождение во мнениях играет как отрицательную, так и положительную роль. С одной стороны, при несовпадении мнений затягивается процесс разработки решения. С другой, – ЛПР может критически осмыслить альтернативную точку зрения или скорректировать собственные предпочтения.

Чтобы повысить личную уверенность в том, что специалист дает дельный совет, ЛПР может обратиться не к одному, а к нескольким экспертам. В этой связи целесообразно разделять экспертизу на индивидуальную (один эксперт дает информацию по проблеме) и групповую. Понятно, что если вопрос строго конфиденциальный, если время не ждет, или если нет возможности спросить у нескольких специалистов ответ на интересующий вопрос, то индивидуальная экспертиза – наилучший способ получения информации. Но, если перечисленные ограничения не являются существенными, то, несомненно, групповая экспертиза будет в целом более достоверным и точным способом получения информации. Однако следует иметь в виду, что в ходе групповой экспертизы возможны несовпадение субъективных суждений отдельных специалистов, давление мнения авторитета или "ведомственные" шероховатости. Следовательно, предвидя такую возможность, нужно будет предусмотреть специальные приемы получения и обработки экспертной информации с целью повышения качества информации. Теорией принятия решений разработан специальный комплекс организационных, технических и математических процедур, придающих стройность и логическую обусловленность всему процессу

получения, обработки и анализа групповой экспертной информации. Этот комплекс процедур, включающий экспертизу (т. е. сам опрос экспертов), а также специальные математические методы обработки и анализа экспертной информации, в ТПР называют **методом экспертного оценивания**.

Концептуальная схема построения информационно-аналитических систем экспертного оценивания типа "LIGIS" (Latent Information Generating Interactive System) была разработана в 1998 г.

Постепенно накапливая знания, люди со временем научились фиксировать свой объективный опыт. Полезную информацию стали заносить на камень, кожу, дерево, бумагу и другие специальные носители. Вначале эти носители были неудобны. Но постепенно они приобрели более совершенную форму и вид, а с развитием печатного дела и компьютерных технологий превратились в библиотеки, банки данных (БнД), базы данных (БД) и базы знаний. Процесс поиска общедоступной информации стал более удобным, эффективным и даже творческим. Но одновременно жизнь требовала какую-то информацию скрывать от посторонних глаз, какую-то делать частично доступной. Поэтому в том случае, когда ЛПР в силу разных причин не могло найти необходимую ему информацию в общедоступных источниках, такую информацию ему приходилось активно добывать.

Какими способами можно добыть необщедоступную информацию? Ответ на этот вопрос зависит от причин "необщедоступности" информации. Например, если специальных мер по сокрытию информации никто не предпринимает, ЛПР может получить недостающую ему информацию путем организации и проведения натурального или модельного эксперимента. Если же информация скрывается намеренно, ЛПР потребуется прибегнуть к помощи разведки, перехвату сведений и данных, расшифровке информации или применить какие-то другие специальные приемы. Разведка или спецсредства – это дело особенное и дорогое. Однако и натуральный эксперимент тоже недешев. Особенно, если эксперимент масштабный и проводится в условиях действия неоднозначного "механизма ситуации". Чтобы сэкономить ресурсы, ЛПР следует прибегнуть к математическому экспериментированию (эксперименту с математической моделью). Строгое научное планирование такого эксперимента поможет количественно установить его параметры, оптимальные в отношении эффективности будущих решений и действий ЛПР. Однако пока аппарат математической теории планирования эксперимента не является достаточно совершенным. В основном он ориентирован на исследование случайных "механизмов ситуации".

Концептуально аппарат математической теории планирования эксперимента ориентируется на две основные постановки задачи, различающиеся целевой направленностью. Так, если целью исследования является максимизация полезного эффекта в операции при ограничениях на затраты активных ресурсов, а сам полезный эффект модельно выражается, например, стремлением к обеспечению максимума выходного результата, то задача установления оптимальных параметров управления операцией сведется к стремлению максимизировать выходной результат при ограничениях на затраты. По такой схеме формулируется, например, задача как можно более точного воспроизведения "механизма ситуации" при ограничении затрат на моделирование. Альтернативная задача – задача, в которой целью ЛПР является стремление к минимизации затрат на создание модели при условии обеспечения необходимых уровней ее точности и адекватности.

В любой из указанных постановок задач важно правильно выбрать источник и установить способ получения необходимой информации. Для того чтобы осмысленно решить этот вопрос, целесообразно проанализировать характеристики качества принципиальных способов получения информации. Наиболее существенные из характеристик способов, отображенных на рис. 1.3.2, представлены в табл. 1.3.1.

Как интерпретировать частные характеристики способов получения тех или иных сведений, данных, информации, приведенных в табл. 1.3.1.

Под **точностью информации** будем понимать степень близости содержащихся в ней данных тем, какие объективно присутствуют в реальной действительности. Например, получена информация о курсе валюты в коммерческом банке. Степень близости этих данных о курсе валюты к истинному ее значению и есть точность информации.

**Надежность информации** – это некоторая характеристика, показывающая, в какой степени сходны (повторяются) результаты, полученные при неоднократных обращениях к источнику. Например, анализируется информация о структурной перестройке системы управления в конкурирующей организации или фирме. Если эта информация получена из одного источника, например агентурной разведки, и эту информацию сообщают семь разных агентов, то можно считать такую информацию вполне надежной.

**Достоверность информации** – это свидетельство того, что информация весьма верно отражает то, что представляет; что сообщенное в ней не вызывает никакого сомнения в истинности.

Например, достоверно известно, что солнце всходит на востоке. Следует отметить близость понятий достоверности и адекватности. **Адекватный** – значит вполне соответствующий, совпадающий с чем-либо. Например, адекватные понятия, адекватная модель. Однако, как видно, здесь все же есть семантическое различие. **Полнота информации** – это мера ее разнообразия и количественной достаточности для разработки вполне обоснованного решения в отведенное время.

Таблица 1.3.1

Характеристики способов получения информации

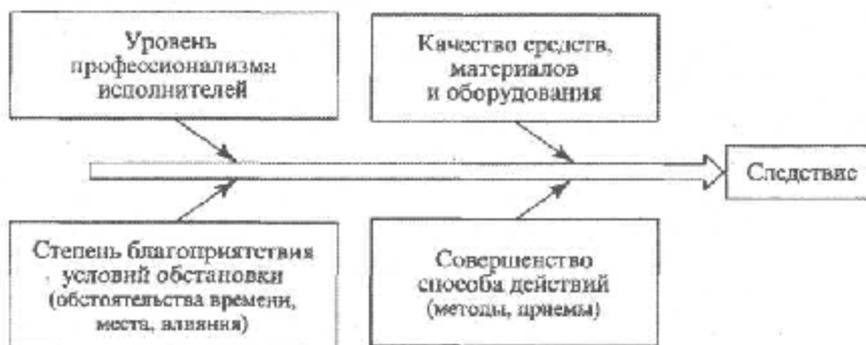
Наименование способов	Частные характеристики способов получения информации					
	Точность	Надежность	Достоверность	Полнота	Оперативность	Цена
1	2	3	4	5	6	7
ПОИ: поиск в традиционных носителях информации	*	*	*	*	низкая	средняя
ПОИ: поиск в базах и банках данных и знаний	*	*	*	высокая	высокая	высокая
ДНИ: проведение натурального эксперимента	очень высокая	высокая	высокая	средняя	очень низкая	очень высокая
ДНИ: математическое моделирование на ЭВМ	*	*	*	*	низкая	высокая
ЛПР	Определяются индивидуальными особенностями личности					
ИЭ	очень низкая	низкая	*	*	высокая	средняя
МЭО	средняя	средняя	средняя	*	очень низкая	очень высокая

Таким образом, можно считать, что надежность, достоверность и полнота информации – это такие ее качества, которые порождают у ЛПР полную уверенность в успехе процесса разработки решения, не оставляют у ЛПР никаких сомнений в том, что сообщенное ему является "истиной" и существенно снижает неопределенность выбора наилучшего решений.

При анализе табл. 1.3.1 важно иметь в виду следующее. В некоторых ячейках таблицы помещен специальный символ \*. Это означает, что уровень качества сведений, который может обеспечить тот или иной способ, оказывается не выше исходного уровня качества самого рассматриваемого источника информации.

Планирование процесса сбора информации удобно осуществлять с помощью причинно-следственной диаграммы. Такая диаграмма представлена на рис. 1.3.3.

Диаграмма моделирует, как из основных факторов "механизма ситуации", которые и есть "причины", вытекает результат, т. е. "следствие".



Причинно-следственная диаграмма составляется следующим образом. На листе бумаги посередине проводим горизонтальную стрелку и в ее острие помещаем "следствие" (имя результата, изучаемого вопроса). К линии стрелки сводим стрелки четырех указателей, обозначающих основные факторы. Указатель – это прямоугольник, из которого идет стрелка к линии центральной стрелки, приводящей, в свою очередь, к следствию. Таким построением мы графически моделируем наличие какого-то вклада рассматриваемого фактора в следствие. При этом само обозначение на листе бумаги поля указателя все время подталкивает исследователя к мысли о том, что в это поле нужно внести какую-то информацию, что-то вписать. А это означает, что указатели на диаграмме играют роль специального психологического раздражителя, заставляющего исследователя искать ("до полного изнеможения") и находить факторы рассматриваемой категории. После того как все указатели обозначены на листе диаграммы, следует в произвольном порядке (лишь бы не забыть, не упустить что-то существенное) заполнять соответствующие поля.

Еще раз подчеркнем, что порядок заполнения полей никакого значения не имеет, он произвольный. Главное – это сформировать как можно более полный список основных "причин", породивших "следствие". С этой целью в поля указателя для фактора "Качество" вписываем значимые, на наш взгляд, для рассматриваемого исхода, результата или вопроса характеристики уровня профессионализма исполнителей и качества средств, материалов и оборудования. Фактор "Условия" раскрываем через характеристики степени благоприятности условий обстановки (обстоятельства времени, места, возможных влияний других субъектов и др.), а фактор "Способы" описываем через категории, характеризующие совершенство способа действий, такие как применяемые методы, последовательности выполнения тех или иных трудовых или творческих приемов. В результате удастся довольно быстро сформировать список представительных ("значимы") факторов, которые, по мнению ЛПР, следует принять во внимание.

Работу по формированию списка факторов нужно проводить в условиях полного раскрепощения фантазии. Это значит, что на этапе синтеза списка не допускается никакая критика, никакое сомнение в том, включать или не включать претендента в список факторов. Иными словами, на этапе заполнения полей указателей главная цель – как можно больше факторов ЗАПИСАТЬ на бумаге. Именно записать, поскольку это высвобождает мозг исследователя для творческой работы, освобождает от необходимости ЗАПОМИНАТЬ сгенерированную информацию. Этот этап работы с причинно-следственной диаграммой можно назвать этапом генерации причин (этап синтеза причин).

После того как фантазия иссякла и генерация причин завершена, можно приступить к этапу анализа вкладов факторов. Вначале анализ ведется вербально, в качественных шкалах, а на завершающей стадии – в более совершенных, количественно-качественных и количественных. Подобный рациональный порядок использования шкал оценок позволяет значительно быстрее получить окончательный ответ на главные вопросы, интересующие ЛПР на этапе планирования процесса сбора информации. При этом весьма просто устанавливаются не только требуемые номинации и качество важной информации (т. е. о чем нужна информация, с какой точностью, достоверностью, полнотой), но и к какому сроку, и из какого источника следует эту информацию получать.

### 1.3.3. Задача формирования исходного множества альтернатив

Если спросить человека, хорошо разбирающегося в проблемах управления, чем он мог бы охарактеризовать степень опытности управленца, то чаще всего можно встретить такой ответ: умением предсказывать ситуацию и быстро найти наилучший способ решения проблемы. Что такое "умение предсказывать ситуацию" мы уже обсудили в предыдущем параграфе. А вот что такое "наилучший способ решения проблемы"? Как вообще сформировать способы достижения цели операции?

Умение ЛПР генерировать новые, нестандартные решения вообще-то отождествляется в сознании многих с искусством. По-видимому, это объясняется тем, что задача формирования исходного множества альтернатив не поддается полной формализации. Поскольку решение подобной задачи – творческий процесс, в результатах которого прежде всего заинтересовано ЛПР, главная роль в этом процессе, конечно же, принадлежит ЛПР. Однако прежде чем предложить научный подход к решению этой весьма непростой задачи, определим системные требования, которым множество альтернатив должно соответствовать.

Во-первых, множество альтернатив должно быть по возможности более широким. Это обеспечит в дальнейшем необходимую свободу выбора решений ЛПР и сведет к минимуму возможность упустить "лучшее" решение. Но, это первое, принципиальное требование входит в противоречие с естественными ограничениями по времени, месту и возможностям, в которых обычно приходится работать ЛПР. Невозможно бесконечно долго вырабатывать решение. Иначе не останется времени на его реализацию. Поэтому чаще всего на практике от ЛПР требуется выработать решение в кратчайшие сроки. Отсюда немедленно следует второе требование к исходному множеству альтернатив. Это множество должно быть обозримым, достаточно узким, чтобы у ЛПР осталось больше времени на оценку предпочтительности альтернатив, а у исполнителей – больше времени на воплощение найденного наилучшего решения на практике. Для того чтобы удовлетворить разумным образом указанные противоречивые требования, требуется искусство, а чтобы при этом не сделать грубых ошибок, следует привлечь науку. Так вот, в соответствии с системным принципом декомпозиции, наука вначале рекомендует сформировать множество альтернатив, все элементы которого потенциально, по их облику, скрытым в них возможностям обеспечивают достижение цели.

В случаях детерминированного, стохастического или природно-неопределенного "механизмов ситуации" методика формирования исходного множества альтернатив предполагает совершение достаточно простых действий. В той или иной степени все они сводятся к ряду целенаправленных модификаций управляемых факторов, определяющих эффективность операции (см. рис. 1.3.1). При этом ЛПР исследует возможность одновременно воздействовать на "управляемую" компоненту указанных факторов, так как именно такой способ управления чаще всего приводит к возникновению положительных эмерджентных свойств у будущих альтернатив. При этом если ЛПР намерено воздействовать, например, на качество активных ресурсов, то в таком случае все методы формирования альтернатив относят к категории так называемого **инженерного синтеза**. Если же объектом приложения усилий ЛПР станут факторы из классов "Условия" и "Способы", то будем иметь в виду способы **оперативного синтеза** вариантов решений.

Полученное в ходе инженерного или оперативного синтеза множество вариантов решения проблемы назовем множеством **"целевых альтернатив"**. После получения "целевых альтернатив" из их множества следует отобрать те варианты, которые являются логически непротиворечивыми и могут быть реализованы в отпущенные на операцию сроки. При этом оставляемые альтернативы должны быть обязательно удовлетворены как активными ресурсами, так и отвечать общей системе предпочтений ЛПР. Эти отобранные варианты (из числа целевых) назовем **"физически реализуемыми"**. Таким образом, остальные варианты, потенциально приводящие к цели, но физически нереализуемые, отбрасываем.

Полученное подмножество "физически реализуемых альтернатив" дополняют вариантами, придающими способам необходимую гибкость и устойчивость по отношению к возможным изменениям будущих условий проведения операции. В итоге проделанной работы как раз и получают то, что мы будем в дальнейшем называть **"исходным множеством альтернатив"**.

Что касается технологических приемов реализации представленной общей методики формирования исходного множества альтернатив, то здесь все зависит от того, с каким из теоретических классов задач ТПР мы сталкиваемся в конкретной ситуации. По понятным причинам, наибольшие "технологические ухищрения" приходится применять в ситуациях с поведенческой неопределенностью.

Условно все методы формирования множества альтернатив можно разделить на следующие классы, различающиеся степенью формализации применяемых технологий:

- ◆ эмпирические (каузальные);
- ◆ логико-эвристические;
- ◆ абстрактно-логические (математические);
- ◆ рефлексивные.

Исторически первыми возникли эмпирические методы. Вначале люди подмечали некоторые общие признаки, присущие тем или иным практическим приемам решения конкретный задач. Затем этот опыт творчески обобщался и превращался в набор правил, как поступать в том или ином случае. Подобные методы применяются и в настоящее время. Например, известна машинная *технология CBR* (Case-Based Reasoning – "метод рассуждений на основе прошлого опыта"). Суть ее в том, что анализируемая ситуация принятия решений сопоставляется в памяти ЭВМ со всеми известными из прошлого сходными ситуациями. Из базы данных машина отбирает несколько ситуаций, похожих на анализируемую, и представляет их ЛПР.

Выбор конкретного решения руководителем (менеджером) основывается на сопоставлении наблюдаемой ситуации с ситуацией из базы данных и корректировки известных для этих ситуаций решений применительно к особенностям рассматриваемого случая.

Логико-эвристические методы генерации множества альтернатив предполагают постепенное расчленение рассматриваемой проблемы или задачи на отдельные подзадачи, вопросы, подоперации и так далее до таких элементарных действий, для которых уже известны эвристические решения и конкретные технологии их исполнения. По частоте применения на практике, пожалуй, именно логико-эвристические методы занимают первое место. Типичные представители логико-эвристических методов – это метод дерева решений и метод морфологических таблиц. Такое положение они приобрели из-за присущей им наглядности, простоты и универсальности подхода, удобства компьютеризации их алгоритмов.

Рассмотрим технологию **метода дерева решений**.

Для целостного и единого ее понимания воспользуемся тремя основными понятиями: "важное обстоятельство", "измеримая характеристика", "финальный" элемент. Будем считать "важным обстоятельством" любой фактор, который ЛПР считает необходимым учитывать в процессе работы над проблемой. Важные обстоятельства, свойства объектов или задач, которые можно не только описать вербально, но и измерить, будем именовать "измеримыми характеристиками". Важное обстоятельство, которым заканчивается любая ветвь дерева, назовем "финальным". По аналогии будем пользоваться понятиями "финальная подцель", "финальная измеримая характеристика".

Как уже отмечалось, вначале на основе логического анализа цели операции ЛПР строит дерево целей. Это первый этап. При этом дерево целей следует строить или на основе детального описания "желаемого" состояния (цели), или декомпозиции "действительного" состояния (что в нем не удовлетворяет ЛПР, что необходимо устранить). По сути – это одно и то же, ведь ЛПР должно уяснить, "чего оно хочет". Однако по форме логической деятельности – это разные подходы (как синтез и анализ).

Если дерево целей строится на основе анализа "желаемого" состояния, процедуру ветвления удобнее отображать графически. Результат построения дерева целей не является однозначным. Это происходит из-за того, что каждое ЛПР само решает, когда закончить ветвление целей. На втором этапе в построенном дереве целей каждой из финальных частных задач ставят в соответствие известный из практики способ ее решения. В результате получают "дерево решений". Но поскольку дерево целей – субъективный продукт творческой деятельности ЛПР, то и дерево решений, скорее всего, получится уникальным, так как ЛПР определяет, какие принять эвристические способы решения тех или иных финальных задач.

Если процесс декомпозиции проводится в ходе анализа сущности "действительного" состояния, то в этом случае ЛПР стремится выявить те "важные обстоятельства", которые, по мнению ЛПР, необходимо обязательно изменить для достижения цели. Эти важные обстоятельства также изображают в виде дерева. После этого ЛПР опять-таки остается только заменить в полученном дереве все важные финальные обстоятельства на конкретные эвристические способы их изменения и получить дерево решений. Особенность технологии построения дерева решений путем декомпозиции "действительного состояния" заключается в том, чтобы каждое из важных обстоятельств можно было бы описать измеримой характеристикой. Если такое требование выполнено, то можно утверждать, что представление "действительного состояния" будет однозначным. На практике степень однозначности восприятия определяется степенью совершенства шкал, используемых для описания финальных элементов.

Наконец, следует иметь в виду, что все полученные методом дерева решений варианты могут быть взаимоисключающими или совместимыми. Если варианты взаимоисключающие, то число возможных альтернатив равняется числу ветвей в дереве. Для случая совместимых решений количество альтернатив определяется числом допустимых сочетаний решений. Достоинством метода дерева решений являются наглядность и логическая полнота множества альтернатив. Недостаток этой процедуры – его громоздкость (впрочем, этим грешат все графоаналитические методы).

**Метод морфологических таблиц**, с одной стороны, представляет определенную модификацию метода дерева решений. С другой стороны, на определенном этапе работы ЛПР абстрагируется от сущности финальных эвристических методов или приемов с целью сгенерировать нетрадиционные (неизвестные ранее) варианты. Для этого активно применяется метод декомпозиции для неформального и абстрактного (формального) этапов процесса работы метода.

Вначале (неформальный, эвристический этап) выписывают в произвольном порядке известные способы решения поставленной задачи. Затем эти способы анализируют (формальный, логический этап) с целью выявления у них общих системных свойств.

Действуя таким образом, можно выделить классы способов действий и объектов приложения усилий. Имена этих классов далее используются как рубрики морфологической таблицы (имена строк и столбцов). Для облегчения построения морфологической таблицы обычно придерживаются следующего порядка действий:

- ♦ внести в морфологическую таблицу способы решения задачи из составленного списка;
- ♦ рассмотреть последовательно каждую незаполненную клетку таблицы. При этом на основе своего личного опыта, интуиции или с помощью экспертов сформулировать хотя бы одно простое решение для рассматриваемой комбинации объекта приложения усилий и способа действий.

К числу абстрактно-логических (математических) методов генерации альтернатив отнесем те, которые позволяют отвлечься от сущности конкретных действий или приемов работы, сосредоточиться только на их последовательности. Для этого обычно приходится вначале построить математическую модель проведения всей операции. Типичными представителями таких методов формирования исходного множества альтернатив являются методы формирования планов выполнения взаимосвязанных работ (методы сетевого планирования и управления) и методы календарного планирования [53, 54].

Рефлексивные методы генерации альтернатив используют в том случае, когда ведущим типом неопределенности является поведенческая. Метод основан на последовательном выдвижении гипотез о возможных целях другого субъекта операции и формировании ответных реакций в предположении, что тот не изменит своей линии поведения ни при каких обстоятельствах. Формируют список возможных альтернатив ЛПР. После того как это сделано, начинают вести "параллельный список" ответных реакций оппонента. Сформированный список ответных реакций затем анализируется с целью отыскания слабых мест и возможных контрдействий субъекта операции на какое-либо действие оперирующей стороны. Таким образом, "параллельные списки" альтернатив субъектов поочередно корректируются и уточняются. Рефлексивный процесс "действие – контрдействие" повторяется до тех пор, пока множества действий и реакций не стабилизируются.

Особый класс образуют методы формирования альтернатив для случая, когда решение вырабатывает "групповое ЛПР". В подобном коллективном органе управления всегда можно увидеть и полное, и частичное совпадение интересов участников процесса разработки решений, и различного рода столкновения интересов. Часто несовпадения интересов объясняются неодинаковой трактовкой целей действий, из-за индивидуальных особенностей восприятия проблемной ситуации. Иногда это может быть следствием умышленных действий отдельных суверенных участников "коллективного ЛПР". Типичный пример – ведомственные интересы или целенаправленная деструктивная политика. Это весьма свойственно экономическим, социальным и политическим конфликтам. Именно в таких ситуациях наиболее эффективны как раз рефлексивные методы.

#### 1.3.4. Задача оценки альтернатив

Согласно парадигме "рациональных решений" осознанный выбор решения должен производиться только на основе сравнения по предпочтительности результатов, которые обеспечивает в операции та или иная из альтернатив. В этой связи весьма важными оказываются взаимосвязанные задачи оценки альтернатив и моделирования предпочтений ЛПР. Понятно также, что предпочтения ЛПР в отношении ценности альтернатив должны выявляться не абстрактно, а только для конкретных значений соответствующих им результатов в рассматриваемой операции. При этом задача получения результатов для оценки альтернатив имеет как бы первостепенное значение.

Итак, задача оценки альтернатив имеет главной целью получение для каждой альтернативы значений связанных с ней результатов, характеризующих интенсивность существенных свойств исходов операции. Эту задачу, в принципе, нецелесообразно и не следует решать в отрыве от задачи формирования исходного множества альтернатив. В то же время из методических соображений задачу оценки альтернатив целесообразно рассматривать как самостоятельную, поскольку только так можно выявить ее особенности.

Сформулируем задачу оценки альтернатив следующим образом.

**Дано:** Множество  $A$  альтернатив ЛПР, характеризующих порядок использования имеющихся

ресурсов для достижения цели операции; множество  $S$  факторов, задающих условия проведения операции по достижению цели, и их количественные и качественные характеристики; тип "механизма ситуации".

**Требуется:** Оценить значение результата  $y(a, s)$  (в общем случае векторного) для каждой из альтернатив множества  $A$  в условиях  $S$ .

В зависимости от типа "механизма ситуации" результат  $y(a, s)$  применения альтернативы  $a \in A$  в условиях  $s \in S$  будем понимать по-разному.

Если механизм детерминистский, то результат  $y(a)$  зависит от альтернативы  $a \in A$  однозначно, условия  $s \in S$  фиксированы и определяют лишь вид отображения  $A \rightarrow Y$ .

Для стохастического механизма ситуации в общем случае каждой альтернативе ставится в соответствие вероятностное распределение  $F_a(y)$  векторного результата, условия  $s$  фиксированы и определяют вид распределения вероятностей. Для других типов механизма ситуации будем искать множество возможных значений векторного результата  $y(a, s)$ .

Разумеется, информацию о значениях (оценках) результата  $y(a, s)$  для любых из перечисленных типов механизма ситуации можно получить из тех же источников, о которых говорилось в п. 1.3.2. Однако основным средством получения новой информации для принятия решений в отношении крупномасштабных проблем все же следует считать **моделирование**.

Часто представители старой школы управленцев, а также люди, не слишком искушенные в вопросах моделирования, под словами "модель", "моделирование" склонны понимать лишь математические модели и процесс их создания. На самом деле, при рассмотрении этих понятий в непосредственной связи с основными задачами управления легко понять, что это далеко не так. Важно сразу получить правильные ответы на два наиболее часто поступающих и весьма характерных вопроса типа: "Для чего управленцу нужна модель?", а также "Какие и для исполнения каких функций управления следует использовать модели?"

Обобщенные ответы на первый из двух приведенных гипотетических вопросов (о целях моделирования, основных характеристиках моделей и способах моделирования) сведены в табл. 1.3.2.

Таблица 1.3.2

**Обобщенные данные о целях моделирования и основных характеристиках моделей**

Основные возможные цели моделирования (использования моделей)	Наименование рекомендуемых типов моделей	Рекомендуемый способ моделирования
1	2	3
Узнать или познать что-либо о реальной деятельности	Концептуальные и когнитивные модели	Натуральные макеты, графические (когнитивные) диаграммы, деловые игры, имитационные модели
Передать кому-то знания, опыт, научить чему-либо	Дидактические (обучающие) и развивающие модели	Вербальные и графические модели, аудиовизуальные формы (фильмы), игровые модели
Произвести расчеты чего-либо по заданной схеме	Расчетные модели	Математические модели, графические диаграммы
Разъяснить кому-либо достоинства и недостатки чего-то, прояснить какой-то вопрос, раскрыть содержание замысла	Демонстрационные модели	Вербальные и графические модели, аудиовизуальные формы (фильмы), игровые модели
Оптимизировать предварительный вариант решения	Оптимизационные модели	Натурные макеты и эксперименты, математические модели
Отыскать информацию, "подсказать" как, где, что, когда и т. п.	Информационно-справочные системы	Традиционные вербальные и графические (текстовые) формы, базы данных, базы знаний, модели искусственного интеллекта

Отработать навыки в выполнении стандартных приемов или работ, проверить гипотезы о значениях основных параметров работ	Тренажеры	Макеты, игровые модели, модели с виртуальной реальностью
--	-----------	--

При этом ясно, что для выбора способа моделирования необходимо сразу определить не только объект моделирования, но и его предмет.

Вспомним, что **объект** – это то, что противостоит субъекту в его познавательной, преобразующей или другой деятельности, а **предмет** – то, на чем конкретно сосредоточены эти усилия в деятельности субъекта. Основные объекты моделирования при разработке решений нам уже хорошо известны из п. 1.1.3.

Факторы, определяющие эффективность решений: объективные ("качество", "условия", "способы") и субъективные ("рассудительность", "инициатива", "характер", "опыт"). Предметы моделирования при разработке решений также не слишком многочисленны, если учесть особенности целей управления. Так как главной задачей управления все же является управление людьми, то ЛПР постоянно приходится что-то этим людям объяснять, чему-то их учить, как-то формировать их умения и навыки и т. п. В ходе постановок задач исполнителям, обучения подчиненных, при осуществлении контрольных функций, ЛПР очень часто приходится в упрощенном виде объяснять, воспроизводить, имитировать или форму какого-то объекта либо явления, или содержание. В зависимости от конкретной ситуации, а также для придания своим действиям большей выразительности, ЛПР может образы формы и содержания объекта представлять как в статике, так и в динамике.

Для имитации формы объекта хорошо подходят механические образы (копии, макеты и т. п.), графические ("видеомодели"), вербальные и звуковые образы ("аудиомодели"). А чтобы адекватно воспроизвести содержание объекта, помимо уже перечисленных средств ЛПР может прибегнуть или к специально построенным "мыслительным технологиям" (например, прибегнуть к фантазиям и эвристикам в ходе "мозгового штурма"), или использовать математические символы и операции над ними, т. е. построить математическую модель. Если же существо управляемого или изучаемого процесса, явления определяется тем, какие конкретно действия предпримут какие-то определенные субъекты операции, то ЛПР целесообразно назначить специальных людей выполнять в упрощенном виде главные из реальных функций тех субъектов, существенно упростить исследуемую ситуацию с сохранением ее главных черт и воспроизвести моделирование в специальной динамической форме, так называемой игровой модели. Понятно, что динамические модели предмета более информативны, даже если это касается воспроизведения его формы. Например, анимация местности с изменяющимся масштабом изображения от "птичьего полета" до "взгляда с высоты муравья" дает более выразительный образ местности, чем ее статический макет. Способы моделирования, рекомендуемые для того или иного типа модели, представлены в последней колонке табл. 1.3.2.

При разработке моделей, в ходе процесса моделирования очень важно учесть, на каком уровне иерархии управления действует пользователь. Это очень важно, если учесть, что на каждом из таких уровней свои функции, задачи, традиции, представляемая о "входной" и "выходной" информации. Обязательно нужно учитывать управленческий статус пользователя. Но сколько уровней рассмотреть? Оказывается, вполне достаточно рассматривать всего лишь четыре концептуальных уровня иерархии управления. В табл. 1.3.3 отображены основные типы моделей, которые целесообразно рекомендовать управленцам различного концептуального статуса. Реально на практике уровню "исполнителя" соответствует управленец категории до мелкой фирмы, уровню "администратор" – до среднего и крупного предприятия (фирмы), "руководитель основного звена отрасли" – концептуально моделирует управленца до уровня отделов и управлений министерства, а "высшее руководство" – это уровень министерства и выше.

Техническая разработка модели проводится по общей схеме разработки решения на операцию. Начинается все с определения цели и задач моделирования. Разумеется, что это прерогатива ЛПР. Цель определяет назначения модели, задает общий характер входной и выходной информации. При этом понятно, что выходная информация по характеристикам точности, надежности и достоверности не может быть лучше входной. Что касается других показателей качества выходной информации, например полноты, содержательности, выразительности и др., то здесь связь не столь однозначна. После этого цель декомпозируют, превращая ее в набор обозримых и понятных задач моделирования. Каждая из этих задач отражает определенный элемент достижения цели с привязкой к временным и

ресурсным фрагментам ее достижения, к объектам приложения усилий и исполнителям. Технология разработки моделей подробно изложена в подразд. 4.3 и 5.3.

Затраты на разработку модели, ценность полученных результатов  $y(a, s)$  моделирования во многом определяются совершенством приемов разработки и использования моделей. Возможно, что главная причина, почему модели еще недостаточно используются руководителями, которые просто обязаны их применять в силу своего статуса, заключается в том, что эти ЛПР их опасаются или не понимают. Сегодня уже пора принять как аксиому, что ЛПР, для которых предназначены модели, просто обязаны принимать участие в постановке задачи и установлении главных требований по их качеству. Можно с уверенностью сказать: когда это имеет место, само применение моделей и эффект от их использования увеличиваются не менее чем вдвое.

Таблица 1.3.3

**Типы моделей, рекомендуемые управленцам различного статуса**

Концептуальный уровень иерархии управления	Главные функции на концептуальном уровне иерархии управления	Рекомендуемые для использования типы моделей
1	2	3
"Исполнитель"	Исполнение точно поставленных задач, детальных указаний; минимум свободы принятия решений (только в части нюансов технологии исполнения задания)	Информационно-справочные системы, оптимизационные модели, тренажеры
"Администратор"	Руководство группой исполнителей или небольшими отделами организации, принятие решений о тактике действий, выбор способа распределения небольших объемов активных ресурсов	Информационно-справочные системы, расчетные модели, дидактические (обучающие) и развивающие модели
"Руководитель звена отрасли"	Руководство крупной организацией, определение подробной тактики действий и элементов стратегии поведения, участие в разработке решений по стратегическим вопросам	Когнитивные и демонстрационные модели
"Высшее руководство"	Определение политики и выбор стратегии	Концептуальные и когнитивные модели

На начальном этапе процесса моделирования используют математические модели наибольшей степени обобщения факторов, учитывающих лишь самые заметные закономерности – так называемые **концептуальные модели** (это самый "мелкий масштаб" исследования). Затем уточняют объект и предмет исследования и дополняют модель, внося в нее большее число факторов и измеряя их характеристики в шкалах промежуточной степени совершенства ("средний масштаб"). Наконец, когда пользователь настолько определился в объекте и предмете моделирования, что выделил конкретный элемент из реальной действительности и решил, какие именно закономерности воспроизвести во всех деталях, проводят детальное моделирование (самый "крупный масштаб" исследования) с использованием наиболее совершенных, количественных шкал. На завершающих этапах моделирования, предшествующих моменту принятия решений, целесообразно применять оптимизационные математические модели для поиска наилучших решений и игровые модели (например, учения, деловые беседы и игры, семинары, конференции, исследовательские игры и т. п.). Из-за значительных временных и организационных затрат делать это целесообразно или для проверки отдельных теоретических выводов и рекомендаций, или для отработки элементов будущего решения.

Чтобы достичь высокой эффективности процесса моделирования при столь широком охвате участников, важно обеспечить высокую интерпретируемость результатов моделирования и хода основных его этапов. Поскольку методы, используемые в аппарате ЛПР высшего концептуального уровня иерархии, в частности в аппарате Министерства финансов РФ или Министерства экономического развития и торговли РФ, как правило, просты и "старомодны", самое важное – умело довести до участников процесса моделирования его суть и основные цели. Модель должна быть

оформлена в виде обозримых и понятных функциональных блоков (в пространстве, времени, в задачах). При построении основных блоков математической модели, особенно блоков ввода-вывода информации, обязательно следует учитывать уровень специальной подготовленности и статус основных пользователей. Это позволит разработчикам правильно оценить возможную реакцию пользователей. Излишне сложная модель может быть воспринята пользователями как угроза их авторитету и отвергнута ими. Вот почему для построения эффективной модели лицам, принимающим решения, и специалистам по теории принятия решений и моделированию рекомендуется работать вместе, взаимно увязывая потребности каждой стороны. Об этом мы уже частично говорили в п. 1.2.4, где обсуждали содержание проблемы коммуникации в процессе разработки решений в сложных ситуациях.

Но как быть, если даже на вопрос о приближенных исходных данных для моделирования пользователи реагируют болезненно, высказываясь приблизительно так: "... но у нас ведь нет таких данных..." или "... кто же нам даст эти данные..." и т. п. Здесь разработчик модели должен проявить твердость и не жалеть времени на доказательство невозможности изменить существующее положение дел иным способом, как только добыть требуемую информацию. Разработчик должен убедить ЛПР в том, что тезис об "отсутствии соответствующих данных" попросту означает, что раньше решения принимались без должного обоснования. Кроме того, научный опыт принятия решений свидетельствует о том, что если в решении фигурируют данные даже на уровне догадок, выраженные в качественных или промежуточных шкалах, то это все равно существенно лучше, чем если бы требуемые данные вовсе не учитывали.

Пользователей нередко занимает проблема доказательства адекватности, "правдивости" модели. Но на самом деле его интересует, главным образом, справедливость тех выводов и рекомендаций, к которым он придет на основе результатов моделирования. Таким образом, на самом деле управленцев волнует не справедливость самой структуры модели, а ее функциональная полезность. Такого процесса, как "испытание" правильности модели, не существует. Вместо этого разработчик в ходе создания модели должен провести серию проверок с целью укрепить свое доверие к модели [64]. На этом основании мы рекомендуем каждому ЛПР мысленно разделить все используемые им модели на "объяснимые" и "полезные". Первые – это те, которые удовлетворяют всем необходимым для моделирования теориям, допущениям, ограничениям, и их адекватность подтверждена на практике.

Следовательно, в отношении таких моделей незачем отвечать на вопросы об их научной обоснованности и точности. Второй класс моделей – это те модели, которые менее строго, формально обоснованы, однако ЛПР имело возможность не раз убедиться в полезности использования на практике результатов моделирования на них. В любом случае ясно, что только практика может ответить на вопрос, адекватна модель или нет. Следовательно, если оценка фактической эффективности, полученная после проведения операции (см. п. 1.1.3), показывает, что использование результатов моделирования оказалось полезным, то рекомендуем ЛПР считать такую модель *адекватной целям и задачам моделирования* и больше не терзаться вопросами "теоретической обоснованности и точности". Лучше уделить больше внимания вопросам представления информации по результатам моделирования. В этой задаче большую пользу может оказать изучение эффективных технологий и приемов, изложенных в специальной литературе [3].

### 1.3.5. Задача моделирования предпочтений. Основные модели предпочтений

Пусть теперь результаты  $y(a, s)$  для каждой из альтернатив получены. Тогда для выбора наилучшей альтернативы  $a^*$  необходимо вначале измерить с помощью функции выбора  $u$  ( $y(a, s)$ ) степень предпочтительности результатов, а затем решить задачу оптимизации полезности (см. п. 1.2.2). Теоретически предпочтения можно выявлять и измерять не только на результатах операции. Это можно делать на множестве элементов произвольной природы.

Для того чтобы абстрагироваться от качества объектов, на множестве которых выявляют предпочтения ЛПР, и сосредоточиться на сущности самой задачи моделирования предпочтений, вводят понятие некоего абстрактного множества сравниваемых объектов. Поскольку элементы множества будут предъявляться ЛПР для сравнения по предпочтению, этому множеству присвоено специальное название – **множество предъявления**.

Вербальная постановка задачи моделирования предпочтений задается следующими высказываниями.

**Дано:** Описание цели операции, условий ее проведения, сведения о значениях основных факторов, определяющих предпочтения ЛПР, об особенностях личности ЛПР и т. п., "множество предъявления".

**Требуется:** Найти функцию выбора, упорядочивающую элементы "множества предъявления" в соответствии с предпочтениями ЛПР.

Проанализируем задачу. Прежде всего заметим, что существительное "предпочтение" происходит от глагола "предпочесть", т. е. признать преимущество перед кем-нибудь или чем-нибудь, признать одно лучшим по сравнению с другими. **Предпочтение** – это выражение субъективного отношения кого-то к представленным ему на выбор объектам. Например, известно, что братья Сергей Михайлович и Павел Михайлович Третьяковы (первый – на посту градоначальника, а второй – в период основания известной картинной галереи в Москве) своим девизом считали слова: "Выгода – превыше всего, но честь – дороже выгоды!" [1]. В то же время указанная "определенность" отношения индивида к выбору среди альтернатив диктуется не только тем, что его выражает определенное лицо. Здесь, как мы заметим, также имеются в виду и вполне определенная цель, которую преследует в своих действиях это лицо, и определенные условия достижения цели. Такое толкование показывает, что "принятие решения" и "предпочтение" понятия родственные не только семантически, но и "технологически". Другими словами, мы вновь убеждаемся, что **принять решение** – это и есть сделать обоснованный выбор среди имеющихся альтернатив. Предпочтение – это вполне субъективное мнение конкретного человека, выраженное для вполне определенной цели и во вполне объективных условиях. Нет предпочтений без субъекта. Нет предпочтений вообще, безотносительно целей. Нет предпочтений без конкретизации условий достижения цели. Нет субъектов или объектов хороших или плохих в каком-то абсолютном смысле слова. В этой связи становится понятным смысл еще одной из аксиом ТПР: *"Не бывает наилучших решений вообще. Каждое решение может считаться наилучшим только для конкретной задачи, только в конкретных условиях и только для конкретного ЛПР"*.

Итак, теперь уже становится понятно, что для решения поставленной задачи, для того чтобы построить функцию выбора, следует вначале выявить и измерить предпочтения ЛПР. С этой целью ЛПР предлагают сравнить элементы множества предъявления и делают это по определенным правилам. В результате от ЛПР можно получить не только так называемые "элементарные суждения", но и более сложные, завязанные в систему суждения. Это так называемая **система предпочтений ЛПР**, т. е. система его личных внутренних психологических установок, заставляющих его в ситуациях выбора совершать тот или иной определенный поступок. Таких поступков для ситуации выбора ТПР предполагает только два:

- ♦ уверенный выбор только одного из объектов среди множества предъявления, так как ЛПР считает именно этот объект лучше по сравнению со всеми другими;
- ♦ уверенный выбор нескольких объектов среди представленных, причем все выбранные объекты ЛПР считает "одинаковыми", т. е. не обладающими преимуществами друг перед другом и одновременно – лучшими по сравнению со всеми остальными, невыбранными объектами.

Предпочтения, как первопричина поступков, – это результат сложной психической деятельности ума человека. При формировании предпочтения сознание человека ориентируется на объективные и субъективные факторы, как эмоциональные, так и рациональные их компоненты. Причем, как Установлено, эти компоненты далеко не равнозначны по своему вкладу в поступки человека. Остановимся подробнее на субъективных факторах, определяющих предпочтения ЛПР. На рис. 1.3.4 графически отражена структура и значимость вкладов отдельных элементов психической деятельности ЛПР в его поступки.

**Рациональная, "открытая" компонента системы предпочтений** формируется в процессе жизни индивида в ходе разработки условных рефлексов. На нее влияют образование, служба и выполнение других "формальных" обязанностей.



Рис. 1.3.4. Структура вкладов в поступок ЛПР отдельных элементов его психической деятельности

Эта составляющая предпочтений исторически более "молодая", быстро меняющаяся под влиянием воздействий окружающей среды. Поэтому она более индивидуальна и специфична для людей из каждого конкретного социального статуса. Этих фрагментов психической деятельности совсем немного, и обычно индивид открыто признает их для себя и для окружающих, подчеркивая тем самым свою индивидуальность (поэтому их и принято называть "открытые"). Но, как оказывается, влияние таких, открыто признаваемых элементов психической деятельности, ничтожно мало. Однако именно они и придают решениям индивида своеобразие в силу, особенностей, присущих конкретной личности.

**Эмоциональная компонента системы предпочтений** более "старая". Она сформировалась как результат работы правого полушария и подкорки головного мозга человека. Архаичные, родовые, генетические (наследственные) факторы, являющиеся элементами "бессознательной" деятельности мозга человека, уходят корнями в бесчисленные нравственные, моральные, религиозные, этические традиции, чувства и потребности того народа, той расы, к которой принадлежит индивид. Поэтому они оказываются наиболее устойчивыми и "влиятельными" [23, 37, 48]. Эти элементы бессознательного образуют, так сказать, душу расы, объясняют сходство индивидов одного народа и вносят решающий вклад в поступки ЛПР. Это те самые "традиции сотен предшествующих поколений, которые, по образному выражению Маркса, тяготеют как кошмар над умами всех живущих на Земле". Эти фрагменты психической деятельности хранятся глубоко в подсознании индивида и недоступны, неизвестны ему самому. Они всплывают из подсознания человека самопроизвольно, в момент принятия очень важных решений. Индивид не в силах управлять этими "бессознательными" механизмами психической деятельности ума. Это самые мощные, но и самые незаметные (даже для самого индивида) факторы предпочтений. Вот почему люди одной расы практически сходны в своих поступках при принятии решений.

Второй по значимости вклад в поступки индивида вносят те элементы его психической деятельности, которые базируются на осознаваемых им, но скрываемых от других ("тайных") фрагментах деятельности его ума. Этот вклад в поступки ЛПР при осуществлении выбора несравненно меньший, чем вносят "бессознательные" фрагменты его психики.

Таким образом, становится понятно, что именно "тайные" и "открытые" фрагменты сознательного в деятельности ума индивида объясняют отличия этого индивида от других индивидов того же народа, той же расы. Эти особенности являются отпечатком социальной среды, в которой достаточно длительное время пребывает этот индивид. Если "бессознательные" элементы психики уподобить мощному, но почти незаметному течению большой реки, то "тайные", а тем более "открытые" фрагменты психической деятельности – это отдельные завихрения на ее поверхности или рябь от ветра.

Иногда из-за ряби на поверхности воды, ряби, которая движется против течения реки, может показаться, что река течет вспять, но это не более чем иллюзия. Не эти элементы диктуют выбор ЛПР.

В дальнейшем будем полагать, что ЛПР может сравнить между собой любые два элемента  $d_i$  и  $d_j$  из множества предъявления  $D$ , и при сравнении двух указанных произвольных элементов для ЛПР имеет место всегда один из трех альтернативных вариантов суждения [22]:

- а) элемент  $d_i$  предпочтительнее элемента  $d_j$ ;
- б) оба предъявленных элемента одинаково предпочтительны;
- в) элемент  $d_j$  предпочтительнее элемента  $d_i$ .

Случаи а) и в) означают, что если многократно предъявлять эти элементы ЛПР, то его выбор среди них будет всегда однозначен (только первый – в случае а) и только второй – в случае в). При многократном предъявлении элементов в случае б) ЛПР всегда отвечает, что выбор одного из этих элементов ему безразличен. Других вариантов суждения (например, "я не могу ничего сказать" или "я не знаю") не должно быть.

Если это так, то говорят, что предпочтения ЛПР обладают свойством полноты. Кроме того, идеальные предпочтения ЛПР на предъявленном множестве элементов должны обладать свойством направленности (транзитивности). Это означает, что если ЛПР последовательно сравнивает три каких-то элемента попарно, т. е. первый и второй, а затем второй и третий и при этом, например, считает, что первый предпочтительнее второго, а второй – третьего, то при предъявлении ему первого и третьего элемента его вывод должен быть однозначен – "первый предпочтительнее третьего".

О том, какие из известных способов выявления предпочтений целесообразно использовать в тех или иных ситуациях разработки решений, о технологических особенностях процедур проведения опроса лиц, чью систему предпочтений стремятся смоделировать, можно прочитать, например, в [39, 24]. Мы же дадим краткую характеристику некоторых наиболее распространенных приемов. К ним относят

сортировку, попарное сравнение, ранжирование и, частично, – балльное оценивание, а также попарные сравнения с градациями. Каждый из перечисленных способов обладает определенными, свойственными ему характеристиками качества, в частности, таких как точность, надежность, оперативность, сложность получения и др. Сразу, оговоримся, что здесь мы перечислили эти технологические приемы в порядке возрастания точности измерения предпочтений и сложности получения результата.

*Сортировка.* ЛПР должно разделить элементы множества предъявления на некоторые предложенные классы. Например, множество возможных сценариев развития некоего конфликта отнести к классам "благоприятные" (конфликт быстро угаснет) и "неблагоприятные" (перманентный конфликт). Сортировка требует от ЛПР незначительной сосредоточенности, но высокой профессиональной подготовленности, так как объекты сравниваются по целой совокупности свойств. Поэтому оценки могут оказаться не вполне надежными. Сортировка дает результаты в номинальной (классификационной) шкале.

*Попарное сравнение* – сравнительно простой способ выявления элементарных предпочтений. Чаще всего при попарном сравнении ограничиваются простой констатацией того, что один из элементов предпочтительнее другого или объекты равноценны. В этом случае попарное сравнение есть измерение в номинальной шкале. Это удобно и просто. Чаще всего выбирают шкалу со следующими значениями: "1" – отражает факт предпочтительности первого элемента над вторым (соответственно "0" – не предпочтительности), а "0,5" – факт равноценности этих элементов по предпочтительности. В общем случае попарное сравнение не дает полного упорядочения элементов, поэтому иногда, когда можно выявить степень предпочтения, используют порядковые или близкие к интервальным шкалы.

*Ранжирование.* Это способ выражения предпочтений, заключающийся в расположении предъявленных элементов в порядке возрастания (так называемое прямое ранжирование) или убывания (обратное ранжирование) их предпочтительности. При ранжировании каждому элементу в упорядоченном ряду приписывают натуральное число, называемое рангом элемента. Таким образом, при прямом ранжировании более предпочтительному элементу будет приписано меньшее натуральное число, а при обратном – большее. Для упрощения процедуры иногда допускают нестрогое ранжирование. При нестрогом ранжировании несколько элементов могут занимать одинаковое место в ранжировке по предпочтительности, и им будет приписан одинаковый ранг. Ранжирование – это измерение в порядковой шкале.

При большом количестве элементов ранжирование удобно проводить способом "медианного сравнения", который требует лишь попарного сравнения. Вначале берут два любых элемента из множества и упорядочивают их. Затем берут третий элемент и сравнивают его с лучшим из первых двух, уже упорядоченных. Если новый элемент лучше, чем лучший из уже упорядоченных, то его "размещают" в упорядоченном ряду на первом месте; если он хуже лучшего, то его сравнивают с худшим и таким образом определяют его место. Затем берут следующий (четвертый) элемент и сравнивают его в паре с медианным (средним в ряду уже упорядоченных) элементом из трех первых элементов, определяя "левый" или "правый" полуряды для дальнейшего уточнения места четвертого элемента, и так далее.

Элементарные суждения в виде результатов попарного сравнения, сортировки и ранжирования выражаются всегда в качественных шкалах.

*Балльное оценивание.* Оно заключается в том, что каждому элементу из множества предъявленных ставят в соответствие число (балл), характеризующее меру его предпочтительности перед другими. Указанные числа – балльные оценки – выбирают из специальной балльной шкалы. Оценивание в балльной шкале рекомендуется проводить тогда, когда предпочтительность элемента устанавливается по строгим правилам, не допускающим неоднозначного толкования. При этом обязательно следует иметь в виду, что чем правила назначения баллов проще, размытее, тем ближе шкала балльных оценок (по своим свойствам и допустимым преобразованиям над их значениями) к ранговой. И наоборот, чем правила начисления баллов строже, точнее, детальнее, тем оценки в балльной шкале ближе по своим свойствам к интервальным, количественным.

Для выражения предпочтений в случае неоднозначного механизма ситуации часто используют так называемые *субъективные вероятности*. В этом случае от опрашиваемого лица необходимо получить оценки степени возможности появления тех или иных альтернатив, проявления именно тех или иных условий и т. п. Эти оценки выражают в виде неотрицательных чисел, сумма которых равна единице, причем каждое из них отражает степень уверенности ЛПР в том, что при проведении операции может реализоваться та или иная из предъявленных ему для сравнения ситуаций.

Разумеется, такое "прямое" оценивание нельзя считать точным. Поэтому процедуру оценки субъективных вероятностей ситуаций часто совмещают с более надежными методами выявления элементарных суждений, такими как сортировка и ранжирование или попарное сравнение.

## 2. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В п. 1.1.3 мы обсудили вопросы, связанные с эффективностью решений ЛПР. В частности, нами было отмечено, что реализация им любого своего решения принципиально связана с двумя концептуальными исходами, которые мы назвали "Успех" и "Неудача". Однако принятие решения на основе только анализа исходов – это достаточно редкое явление. Другими словами, редко когда свои решения ЛПР основывает исключительно на столь полярных оценках завершения операции, редко руководствуется схемой типа "Победа или поражение!", "Все или ничего!", "Пан или пропал!" и т. п. Значительно чаще при принятии решений ЛПР интересуют интенсивности проявления тех или иных свойств исходов операции. Вот вопросы, которыми задается ЛПР, оценивая исходы операции: сколь значителен успех? сколь тяжела неудача? сколько это потребует ресурсов? когда будет получен эффект?

Оценки интенсивности проявления тех или иных свойств мы назвали результатами операции. Это обстоятельство было нами отмечено и ранее, при рассмотрении вопроса о том, когда нужен *критерий*. При этом и результат, и критерий могут быть как скалярным, так и векторным. Но и это не все. Как мы знаем, при оценке проблемных ситуаций ЛПР далеко не безразлично, каковы шансы на успех или неудачу, каковы возможности получить то или иное значение результата. Это значит, что ЛПР не безразличны вопросы, связанные с оценкой рисков. Однако, если даже риск мал, т. е. если даже "механизм ситуации детерминированный, то это еще не значит, что принять решение легко и просто. Здесь возникают методологические и технологические вопросы, которые требуют особого рассмотрения. Именно такими вопросами для задач обоснования решений в условиях определенности мы и будем заниматься в данном разделе.

### 2.1. Постановка задачи обоснования решений в условиях определенности

Поставим в соответствие каждому из концептуальных исходов операции значения результатов для них. В силу влияния различных факторов шансы появления тех или иных исходов операции различаются, а потому, естественно, что будут различаться и шансы появления тех или иных результатов. Последнее обстоятельство, а именно – различие шансов появления тех или иных значений результатов, обязательно должно учитываться ЛПР при обосновании и принятии им решения. Схематично описанный механизм анализа будущих последствий каждого из возможных вариантов решения представлен на рис. 2.1.

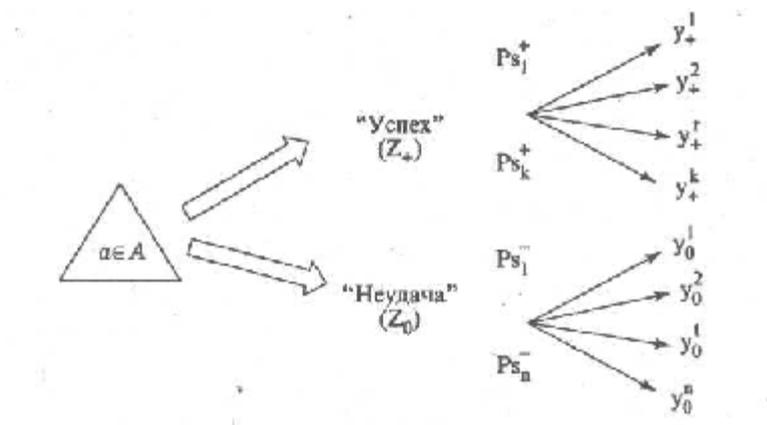


Рис. 2.1. Схема механизма анализа последствий вариантов решения

На этом рисунке задействование ЛПР предполагаемого варианта  $a$  решения схематично обозначено записью  $a \in A$ , помещенной внутрь треугольника; успешный исход операции обозначен через  $Z_+$ , а

неудачный –  $Z_0$ . С исходами связаны результаты  $y_+^r$   $y_0^t$ , соответственно. Поскольку в общем случае результаты  $y$  – это векторные величины, каждая из компонентов которых отражает тот или иной частный аспект исхода, то для обозначения номера векторного результата будем использовать верхний индекс, а для обозначения номера частной компоненты результата – нижний индекс. Шансы на получение тех или иных результатов  $y^s$  измеряются ЛПР величинами  $P_s$ .

Но как определить, каковы они, эти компоненты  $y_1$   $y_2, \dots$ ,  $y_m$  векторного результата операции? Как построить векторный результат операции?

Для того чтобы методически правильно решить эти вопросы, следует помнить, что любая операция проводится с целью получения определенного эффекта. При этом на получение эффекта обязательно нужно будет тратить какие-то активные ресурсы, ресурсы, как правило, не могут быть задействованы мгновенно, а эффекты, как правило, не проявятся мгновенно даже после полного задействования ресурсов. Другими словами, следует обязательно иметь в виду, что при оценке исходов операции, при принятии решений, как правило, трудно обойтись без таких характеристик, как эффект, затраты и время. Понимание перечисленных особенностей принятия решений позволило С. Н. Воробьеву в 1992–1994 гг. построить концептуальную модель гипотетического векторного результата операции. Эту концептуальную модель результата автор назвал **иерархической семантической структурой (ИСС)**. С тех пор ИСС не раз успешно применялась на практике в качестве универсального шаблона для формирования конкретных векторных результатов при оценке исходов реальных операций в экономике.

Что такое ИСС? ИСС – это граф, отражающий результаты процесса углубленного проникновения в сущность предмета исследования (явления, объекта, понятия и др.). Вершины графа моделируют частные составляющие предмета исследования. Эти составляющие содержательно раскрываются в ходе декомпозиции свойств предмета при постепенном увеличении масштаба исследования. В соответствии со смыслом рассматриваемого частного аспекта предмета исследования ЛПР присваивает каждой вершине графа имя, которое далее рассматривается как имя обобщенной или частной характеристики. Останов процесса увеличения масштаба исследования и, следовательно, ветвления графа должен происходить в тот момент, когда ЛПР считает, что терминальная составляющая адекватно описана понятной, измеримой и интерпретируемой характеристикой – частным результатом операции.

Иерархическая семантическая структура, которая может служить универсальным шаблоном для формирования векторного результата в любой конкретной операции, представлена на рис. 2.2.

Путь к терминальным ветвям ИСС, где будут располагаться имена частных компонентов векторного результата, проходит на рис. 2.2 через обобщенные семантические характеристики с именами "Эффект", "Затраты", "Время". Далее эти характеристики уточняют ("увеличиваем масштаб исследования"), а дерево разворачивается вниз. Например, "Эффект" декомпозируем на такие составляющие, как "Изменения в свойствах, составе или структуре объектов" и "Изменения во взглядах, впечатлениях, суждениях, мнениях, предпочтениях субъекта". Концептуальный критерий "Затраты" расчленим по составляющим "Материальные" и "Психологические"; относительно временных свойств исхода интересуемся временами "Принятия решения", "Начала первых изменений" или "Завершения операции" и т. д. Стрелки внизу условно показывают, что подобные уточнения понятий и ветвления дерева могут проводиться до тех пор, пока этого требует проблемная ситуация для принятия ЛПР окончательного решения относительно имен частных компонентов векторного результата. Таким образом, предложенную иерархическую семантическую структуру следует считать (с позиций ТПР) графической моделью процесса применения системных принципов цели, декомпозиции и однозначной семантики (одинакового толкования понятий) к анализу проблемной ситуации. Сама структура, представленная на рис. 2.2, может нами рассматриваться как шаблон для построения векторного результата или критерия для оценки предпочтительности альтернатив.

Предположим теперь, что ЛПР оценивает шансы  $P_{s_i}$  всех результатов  $y_i$  ( $a$ ) на рис. 2.1 как незначительные, а для одного результата, например  $y(a)$ , как абсолютные. Это означает, что по результатам анализа факторов, определяющих облик "механизма проблемной ситуации", им сделало одно из следующих умозаключений:

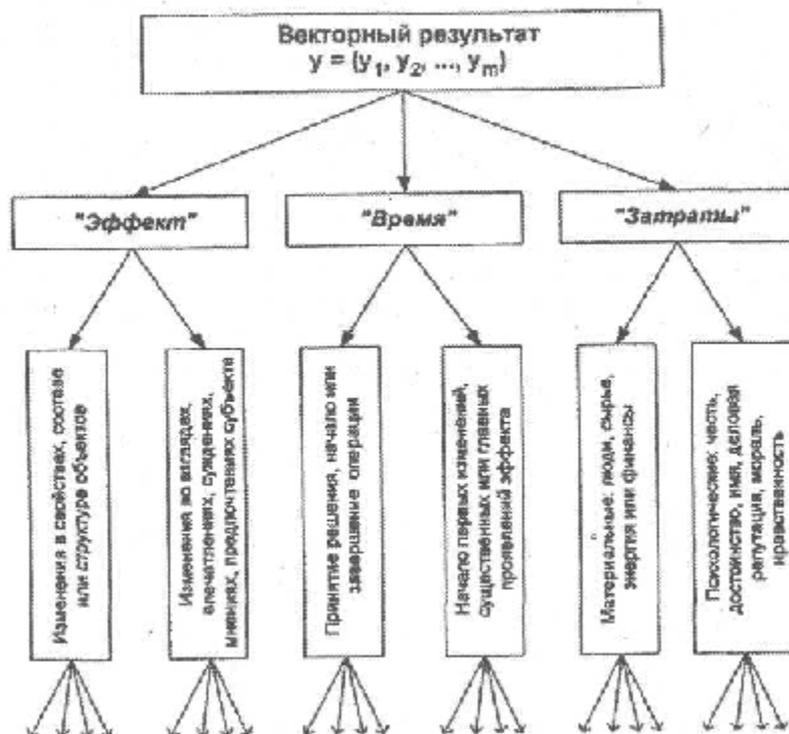


Рис. 2.2. Иерархическая семантическая структура для формирования векторного результата операции

♦ или объективно условия проведения операции таковы, что для каждой фиксированной альтернативы (варианта проведения операции) известно, что она неизменно приводит к вполне определенному результату, т. е. механизм операции объективно однозначный по связи "альтернатива – результат";

♦ или объективно "механизм операции" многозначный, но субъективно, по своему мнению ЛПР оценивает проявление неоднозначности связи между альтернативой и результатом как весьма несущественное; другими словами, ЛПР считает, что результаты изменяются столь незначительно, что оно согласно считать разнящиеся значения этих результатов для одной и той же альтернативы приблизительно одинаковыми.

Как нам уже известно, это формально означает, что операция проводится в условиях определенности ("детерминированный механизм ситуации"). Подобный тип механизма представлен на рис. 2.3 следующим упрощенным вариантом рассмотренной выше схемы (см. рис. 2.1).

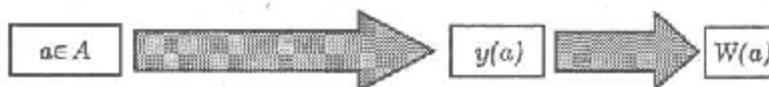


Рис. 2.3. Модель ситуации принятия решений в условиях определенности

На этом рисунке обозначения имеют тот же смысл, как и на рис. 2.1. Для оценки предпочтительности векторного результата на его значениях строится критерий  $W(a)$ , как об этом говорилось в п. 1.2.2. Критерий  $W(a)$  также может быть как скалярным, так и векторным.

Вербальная постановка задачи принятия решений в условиях определенности выглядит следующим образом.

**Дано:** Описание цели операции ЛПР, условия проведения операции определены как "детерминированный механизм" ("условия определенности"), множество альтернатив ЛПР и значения результатов (или критерия) для каждой из альтернатив, модель системы предпочтений ЛПР на значениях результата (или критерия).

**Требуется:** Найти наилучшую альтернативу для реализации ее в виде решения ЛПР на проведение операции.

Вербальная задача может быть преобразована в формальную и в общем случае решение может быть найдено, если на множестве исходов (значениях результата или критерия) определена функция полезности (см. п. 1.2.2):

$$a^*: \max_{a \in A} u(a), \quad (2.1)$$

где  $u(a)$  – функция полезности, заданная на множестве  $A$  альтернатив.

По форме задача (2.1) – это задача математического программирования, т. е. задача отыскания экстремума некоторой функции на заданном для нее множестве определений. Однако стремление прямо, на все случаи жизни переложить достижения высшей математики на потребности задач управления и принятия решений подчас наталкивается на серьезные трудности. Вот наиболее характерные из них:

- ♦ трудно формально описать элементы  $a$  множества  $A$  альтернатив как функцию некоторых их характеристик  $x$ , а границы множества  $A$  в виде системы равенств  $h(x) = 0$  и (или) неравенств  $q(x) \leq 0$ , где фигурируют эти характеристики  $x$ ;

- ♦ трудно в явном, формальном виде задать зависимости значений результата  $y(a)$  или критерия  $W(a)$  от характеристик  $x$ , формально описывающих облик альтернатив;

- ♦ трудно формально описать вид функции  $u(a)$  полезности на альтернативах в виде некоторой функции  $\varphi(x)$  на характеристиках  $x$ ;

- ♦ трудно интерпретировать формальный экстремум  $x^*$  для представления его ЛПР как наилучшей альтернативы  $a^*$ .

В этой связи при обосновании решений прежде всего стремятся выяснить, нельзя ли свести исходную общую задачу к более простому, частному виду. Например, концептуальные частные критерии в ИСС могут иметь настолько сильное различие в важности, что, по сути, задача сводится к оценке вариантов решений только по одному из них. Иногда частные критерии эффекта, затрат и времени некоторым "естественным" образом агрегируются в скалярную функцию, либо исходная задача с векторным результатом может быть представлена как бы скалярной, если значения всех частных результатов кроме одного слабо варьируются по альтернативам. В подобной ситуации разумно задачу с векторным критерием аппроксимировать задачей со скалярным критерием. Бывает, что информация об относительной важности частных критериев позволяет заранее определить способ решения задачи через какие-то вспомогательные скалярные критерии. Нередко множество альтернатив является дискретным, что также значительно упрощает поиск наилучшего решения.

Для каждой из таких частных постановок задач разработаны свои наиболее выгодные технологии их решения, часть из которых будет рассмотрена далее.

## 2.2. Технологии решения задач по скалярному критерию

Предположим, что в некоторой проблемной ситуации удалось обойти трудности, указанные для общей постановки задачи обоснования решений. Тогда мы сможем преобразовать исходную задачу, заданную выражением (2.1), в задачу математического программирования вида:

$$x^* : \underset{x \in X}{extr} \varphi(x), \quad (2.2)$$

где  $extr \varphi(x)$  – экстремум (максимум или минимум) заданной скалярной функции  $\varphi(x)$  векторного аргумента  $x$ .

Среди подобных проблемных ситуаций в практике управления часто встречаются следующие задачи принятия решений:

- ♦ составление оптимального плана транспортировки материальных средств;
- ♦ определение кратчайших маршрутов на заданной транспортной сети;
- ♦ принятие решений об оптимальной загрузке транспортных средств грузами;
- ♦ принятие решений о назначении исполнителей для выполнения работ какой-то целостной программы или проекта и др.

Как правило, все перечисленные задачи являются задачами дискретного математического программирования [54, 39]. Рассмотрим математические постановки и представим общие описания технологий решения подобных задач.

**Задача составления оптимального плана транспортировки материальных средств.** Рассмотрим

эту задачу (применительно к ее простейшему случаю – транспортировке однотипных материальных средств, которые могут быть разделены на части произвольным образом. Например, такими материальными средствами мы можем считать комплекты одежды, горюче-смазочные материалы (ГСМ), продовольственные товары в мелкой расфасовке, различные комплектующие изделия и т. п. А вот оптимизировать план перевозки крупногабаритных грузов, например, тяжелой автомобильной или железнодорожной техники, которую можно везти только целиком, которую нельзя разделить на части (т. е. "неделимые" объекты), в рамках рассматриваемой задачи нельзя.

Вербальная постановка задачи планирования перевозки однотипных "делимых" грузов на примере обеспечения потребителей ГСМ выглядит следующим образом. ГСМ располагаются на нескольких складах поставщика. Известны расположение складов и запасы ГСМ на них. Известен отдельный спрос потребителей в ГСМ, а также характеристики дорожной сети в регионе. К числу характеристик дорожной сети отнесем протяженности отдельных участков дорог, типы дорожных покрытий, грузоподъемности мостов и переправ и др. Тактико-технические характеристики автоцистерн известны. Требуется составить план перевозок, отвечающий следующим требованиям:

- ♦ удовлетворение потребностей (заявок) всех клиентов, если имеются соответствующие запасы ГСМ на складах;
- ♦ частичное удовлетворение заявок клиентов в соответствии с их приоритетами, если на складах нет ГСМ в достаточном количестве;
- ♦ стремление обеспечить рациональность плана – т. е. как можно больший эффект, как можно меньшие затраты и время на перевозки.

Конкретный смысл понятия "рациональности" плана зависит от условий решения поставленной задачи. Так, например, если перевозки планируют проводить при определенном дефиците времени, то рациональность плана может быть выражена уменьшением суммарного пробега автоцистерн, экономией топлива на перевозку и т. п.

Рациональность плана может быть обеспечена стремлением минимизировать скалярную целевую функцию, интерпретируемую как "суммарная цена перевозки". Эта суммарная цена, так или иначе, вычисляется через результаты, характеризующие перевозку единицы массы ГСМ с какого-то склада в адрес конкретного потребителя. В свою очередь, упомянутые результаты рассчитываются через значения частных компонентов концептуальных критериев "Эффекта", "Затрат" и "Времени". Например, для обычных условий нашего времени рациональность чаще всего отождествляют со стремлением уменьшить суммарный пробег автоцистерн; для условий форсмажорных обстоятельств рациональными обычно считают варианты, обеспечивающие наивысшую оперативность выполнения поставленных задач.

Технология оптимизации плана перевозки в рамках представленной вербальной постановки задачи включает:

- ♦ формирование математической постановки задачи и приведение ее к каноническому ("сбалансированному") виду;
- ♦ применение алгоритма для решения канонической транспортной задачи;
- ♦ интерпретацию полученного оптимального решения канонической задачи и принятие решения относительно наилучшего способа реализации плана транспортировки.

В качестве примера реализации технологии рассмотрим "транспортную задачу" для обычных условий. Для формирования математической постановки задачи обозначим:

- $m, i$  – число складов ГСМ и номер склада, соответственно;
- $n, j$  – число клиентов, заказавших ГСМ (в дальнейшем именуются "потребителями"), и номер потребителя, соответственно;
- $b_j$  – количество ГСМ, нужное  $j$ -му потребителю;
- $a_i$  – запас ГСМ на  $i$ -м складе;
- $l_{ij}$  – расстояние между  $i$ -м складом и  $j$ -м потребителем (длина маршрута, по которому может перевозиться ГСМ в адрес  $j$ -го потребителя с  $i$ -го склада);
- $v_i$  – допустимая грузоподъемность автоцистерн, используемых при перевозках с  $i$ -го склада;
- $x_{ij}$  – количество ГСМ, перевозимое с  $i$ -го склада к  $j$ -му потребителю.

Если не учитывать ограничения на целочисленность числа поездок, то при использовании цистерн грузоподъемностью  $v_i$  нужно будет сделать  $x_{ij}/v_i$  поездок. В этом случае средний пробег автоцистерны составит величину  $2 \cdot l_{ij} \cdot x_{ij}/v_i$ . Обозначим величину  $2 \cdot l_{ij}/v_i$  через  $c_{ij}$  и будем рассматривать ее как "стоимость" перевозки единицы ГСМ с  $i$ -го склада  $j$ -му потребителю, а матрицей  $x_{ij}$  будем обозначать

план перевозок. В таком случае суммарная "стоимость" всех перевозок ГСМ при выбранном плане  $x_{ij}$  перевозок составит величину

$$\varphi(x_{ij}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}. \quad (2.3)$$

Естественные ограничения на реализуемость плана выглядят следующим образом:

$$\sum_{j=1}^n b_j \leq \sum_{i=1}^m a_i, \quad (2.4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i=1,2,\dots,m, \quad (2.5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j, \quad j=1,2,\dots,n. \quad (2.6)$$

Канонической ("сбалансированной") транспортной моделью называется такая, у которой ограничения, задаваемые выражениями (2.4) и (2.5), являются ограничениями-равенствами. Приведение задачи к каноническому виду осуществляют либо путем введения в рассмотрение дополнительного фиктивного потребителя с объемом фиктивной заявки, точно равным избыточному запасу на складах, либо введением фиктивного склада с объемом запаса в размере недостающей поставки. В обоих случаях принимают нулевую стоимость перевозок с фиктивного "склада" или в адрес фиктивного потребителя.

Алгоритм решения канонической транспортной задачи реализуется как пошаговый (говорят – "итерационный"). Оформляются итерации в виде отдельных расчетных таблиц. На начальном шаге алгоритма составляют таблицу, число строк которой равно числу складов, а число столбцов – числу потребителей. Заголовками строк и столбцов являются объемы  $a_i$  запасов и  $b_j$  потребностей соответственно. В каждой ячейке таблицы записывают величины соответствующих цен  $c_{ij}$ . Затем составляют любой план (его называют "опорный"), который удовлетворяет ограничениям задачи. Значения компонентов  $x_{ij}$ , характеризующих объемы перевозок груза по опорному плану, размещают в ячейках рядом с величинами  $c_{ij}$  цен перевозок. Лучше, разумеется, найти такой опорный план, который является как можно больше похожим на оптимальный. Тогда будет меньше последующих итераций. Очень хорошее приближение дает опорный план, найденный по алгоритму Фогеля, состоящему из следующих шагов:

1. Для каждой строки таблицы упорядочить элементы цен перевозок  $c_{ij}$  по возрастанию. Вычислить величину так называемого штрафа строки как разность значений второго и первого элементов в ранжированном ряду.

2. Для каждого столбца таблицы упорядочить элементы цен перевозок  $c_{ij}$  по возрастанию и вычислить величину "штрафа столбца" аналогично шагу 1.

3. Найти строку или столбец, имеющую (имеющий) наибольший штраф по всем штрафам строк и столбцов, а в ней (в нем) – элемент с минимальной величиной стоимости перевозок  $c_{ij}$ . Зафиксировать индексы  $(i, j)$  этого элемента.

4. Присвоить переменной  $x_{ij}$ , индексы которой соответствуют шагу 3, наибольшее из допустимых для нее значений (с учетом ограничений задачи).

5. Скорректировать величины  $a_i$  и  $b_j$  и вычеркнуть строку  $i$ , если оказалось, что  $a_i = 0$ , или столбец  $j$ , если  $b_j = 0$ .

6. Проверить, все ли величины  $a_i$  и  $b_j$  равны нулю. Если да, то окончить вычисления; в противном случае взять в качестве исходной оставшуюся часть таблицы и перейти к шагу 3 алгоритма.

Затем производят итерации, направленные на улучшение найденного приближенного решения задачи, вплоть до получения оптимального плана [54]. По достижении оптимального плана алгоритм останавливается.

Может получиться, что оптимальных планов несколько. Тогда необходимо провести содержательный анализ различий в найденных оптимальных решениях и выбрать тот вариант плана, который является более предпочтительным. Завершает решение задачи интерпретация полученного оптимального варианта с целью конкретно назначить кому, что, где, как и с помощью чего перевозить и

по каким маршрутам.

**Задача определения кратчайших маршрутов на заданной транспортной сети.** Следует заметить, что для минимизации целевой функции  $\varphi(|x_{ij}|)$  в транспортной задаче нужно, чтобы "стоимости"  $c_{ij}$ , входящие в выражение (2.3) для нее, уже были бы минимальны. Таким образом, возникает еще одна оптимизационная задача, связанная с отысканием "кратчайшего" маршрута  $l_{ij}$  от  $i$ -го склада до  $j$ -го потребителя на заданной дорожной сети. Рассмотрим постановку этой задачи. Дана матрица  $|d_{st}|$  длин участков дорожной сети, соединяющих узлы с номерами  $s$  и  $t$ . Если между какими-либо узлами дорожной сети нет прямого сообщения, то на соответствующем месте в матрице ничего не проставлено. Заметим, что элемент  $d_{st}$  в общем случае может отличаться от элемента  $d_{ts}$  в силу, например, одностороннего движения в том или ином направлении. Требуется определить кратчайший маршрут между узлом  $s$  и каким-либо другим узлом  $t$ . Для решения задачи исходные данные заносят в матрицу. Далее применяют или алгоритм Беллмана динамического программирования, или метод Дейкстры, который является его модификацией. Эти алгоритмы весьма просты, и справку по ним можно найти, например, в справочнике [39].

Если требуется транспортировать грузы, которые нельзя разделить на части ("неделимые" объекты), приходится решать **задачу об оптимальной загрузке** транспортных средств грузами с учетом их веса, габаритных размеров и ценности (или важности). В теории каноническая форма такой задачи получила название "задача о ранце". Эту задачу также решают по алгоритму Беллмана. Сразу отметим, что частным случаем "задачи о ранце" является **задача о назначении** исполнителей для выполнения работ в рамках некоторой целостной программы или проекта, и хотя подобную задачу также можно решить методом Беллмана, обычно применяют более эффективные, специальные алгоритмы. Рассмотрим подробнее постановку и удобный графический алгоритм решения задачи о назначении.

**Дано:**  $m, i$  – число исполнителей и номер исполнителя для выполнения работ;

$n, j$  – число работ и номер работы;

$c_{ij}$  – затраты на выполнение  $j$ -й работы  $i$ -м исполнителем.

**Требуется:** Найти распределение исполнителей по работам (один исполнитель строго на одну работу) так, чтобы минимизировать суммарные затраты на производство работ.

Если принять "объем запаса" на каждом складе равным единице и "объем спроса" у каждого потребителя равным единице, то описанная задача о назначении в точности совпадает с постановкой транспортной задачи. Поэтому, если наблюдается дисбаланс, т. е.  $m \neq n$ , то добавляют фиктивные работы или фиктивных исполнителей, поэтому далее без потери общности будем считать, что задача сбалансирована в вышеуказанном для транспортной задачи смысле.

Следует отметить, что сформулированная задача о назначении обладает интересной особенностью, а именно: оптимальное решение не изменится, если к любому столбцу или к любой строке матрицы  $|c_{ij}|$  исходных данных прибавить постоянное число.

Пусть, например, величины  $p_i$  и  $q_j$  вычитаются из  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца соответственно. В этом случае новые "затраты" будут описываться матрицей  $|d_{ij}|$  с элементами  $d_{ij} = c_{ij} - p_i - q_j$ , а новая целевая функция определится соотношениями:

$$\sum_{i,j} d_{ij} x_{ij} = \sum_{i,j} (c_{ij} - p_i - q_j) x_{ij} = \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} - \sum_i p_i x_{ij} - \sum_{i,j} q_j x_{ij},$$
$$x_{ij} \in \{0;1\}, \quad \sum_i x_{ij} = \sum_j x_{ij} = 1.$$

Видно, что новая целевая функция отличается от исходной лишь на константу и, следовательно, минимизация новой целевой функции приводит к минимуму исходной. Возникает вопрос: а что это все нам дает? Практически все методы решения задачи о назначении в той или иной степени основаны на использовании указанного свойства задачи о назначении.

Если размерность задачи невелика, число работ (или работников) не превышает 15–20, то поиск решения удобно проводить графоаналитическим методом. Он основан на том, что, если на основе исходной матрицы цен удастся построить новую матрицу, в которой будут содержаться такие нулевые элементы, совокупность которых будет образовывать допустимое решение, то после формирования плана путем записи единиц в матрице  $|x_{ij}|$  на места, занимаемые указанными нулевыми элементами, получим оптимальное решение. Это действительно так, поскольку элементы  $c_{ij}$  по смыслу – затраты, которые, конечно же, не могут быть отрицательными.

Алгоритм графоаналитического метода работает следующим образом:

1. Для каждой строки выполняют следующие действия: находят в ней наименьший элемент и вычитают его из каждого элемента строки; в результате в каждой строке получается хотя бы один нуль.
2. Если в каждой строке оказалось по одному нулю, то получено оптимальное решение; Stop.
3. Если полученное решение еще не оптимально, то проводят минимальное число прямых линий через некоторые строки и столбцы так, чтобы все нули оказались вычеркнуты.
4. Выбирается наименьший невычеркнутый элемент, который вычитается из каждого невычеркнутого элемента и прибавляется к каждому элементу, стоящему на пересечении проведенных прямых.
5. Перейти к п. 2.
6. Stop.

Рассмотрим пример применения представленного алгоритма для матрицы затрат следующего вида:

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 9 & 3 \\ 10 & 12 & 4 & 11 \\ 5 & 8 & 2 & 6 \end{pmatrix}$$

Приведем задачу к сбалансированному виду. Для этого добавляем четвертого, фиктивного, исполнителя с весьма значительной ценой выполнения всех работ. Например, каждую из всех его "услуг" оцениваем в 100 единиц. Получим новую матрицу  $C'$  цен работ, представленную на рис. 2.4, а.

а)  $C' = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 9 & 3 \\ 10 & 12 & 4 & 11 \\ 5 & 8 & 2 & 6 \\ 100 & 100 & 100 & 100 \end{pmatrix}$

б)  $C'' = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 8 & 2 \\ 6 & 8 & 0 & 7 \\ 3 & 6 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

в)  $C'' = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 8 & 2 \\ 6 & 8 & 0 & 7 \\ 3 & 6 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

г)  $C''' = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 11 & 2 \\ 3 & 5 & 0 & 4 \\ 0 & 3 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \end{pmatrix}$

Рис. 2.4. Этапы преобразования матрицы цен

Преобразуем эту матрицу согласно алгоритму. Из каждой строки матрицы цен  $C$  вычитаем наименьший в этой строке элемент. Получим матрицу  $C''$ , изображенную на рис. 2.4, б. В образовавшейся матрице строк или столбцов, которые не содержали бы нулей, нет, и, следовательно, пока получить допустимое решение из нулевых элементов не получается. Поэтому вычеркиваем образовавшиеся нули минимальным числом прямых линий. Например, как это сделано на рис. 2.4, в. Находим среди невычеркнутых элементов последней матрицы наименьший. Это элемент  $c_{31} = 3$ . Вычитаем элемент  $c_{31}$  из всех невычеркнутых элементов матрицы  $C''$  и прибавляем его значение к значениям всех элементов, стоящих на пересечении прямых. В результате получаем матрицу  $C'''$ , представленную на рис. 2.4, г. Допустимого решения по-прежнему еще нет. Поэтому продолжаем вычеркивание (показано на матрице). Наименьший из невычеркнутых элементов равен 1. Вычитаем его из всех невычеркнутых элементов матрицы  $C'''$  и прибавляем к элементам, находящимся на пересечении прямых. Образовавшаяся матрица  $C_{\text{итог}}$ , представленная ниже, содержит совокупность нулей, удовлетворяющих ограничениям задачи:

$$C_{\text{итог}} = \begin{pmatrix} 0 & 5 & 11 & 0 \\ 3 & 4 & 0 & 3 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 4 & 0 \end{pmatrix}$$

Таким образом, план  $x^*$  наилучшего назначения имеет вид:  $x_{11} = 1$ ;  $x_{23} = 1$ ;  $x_{34} = 1$ ;  $x_{42} = 1$ . Однако четвертый "работник" – фиктивный, поэтому реально вторая работа исполняться не будет. Общие затраты на исполнение трех работ из четырех соответственно составят:

$$(c_{11}=1)+(c_{23}=4) + (c_{34}=6) = 11.$$

Графоаналитический метод трудно записать в виде программы для ЭВМ в силу трудности формализации пожелания "зачеркнуть нули минимальным количеством прямых". Поэтому если размерность задачи большая и требуется процесс оптимизации автоматизировать, чаще всего применяют метод Мака. Он также основан на идее выбора в каждой строке минимального элемента. Чтобы распределить элементы по строкам и столбцам, здесь также используется идея сложения или вычитания одного и того же значения со всеми элементами строк или столбцов. По-прежнему будем рассматривать уже сбалансированную задачу, пользуясь понятиями "невывбранного" –  $M_1$  и "выбранного" –  $M_2$  подмножеств столбцов платежной матрицы.

Алгоритм включает выполнение следующих шагов:

1. Найти в каждой строке минимальный элемент и подчеркнуть его.
2. В каждом столбце оказался только один подчеркнутый элемент? Если да, то перейти к пункту 12 – "Stop".
3. В множество  $M_1$  "невывбранных" столбцов записать все столбцы исходной матрицы "С".
4. Из  $M_1$  выбрать столбец  $M_1(j)$ , в котором более одного подчеркнутого элемента, и включить его во множество  $M_2$  "выбранных" столбцов.
5. Для всех строк, имеющих во множестве  $M_2$  подчеркнутые элементы, вычислить разности между минимальными из элементов множества  $M_1$  в данной строке и этими подчеркнутыми элементами. Обозначим эти разности через  $\Delta_i$ .
6. Определить минимальный из элементов  $\Delta^*$  по п. 5 и прибавить эту величину ко всем элементам множества  $M_2$ .
7. В строке, соответствующей минимальному элементу по п. 5, найти элемент  $C(r, k)$ , обеспечивающий эту минимальную разность, и подчеркнуть его пунктиром; зафиксировать номера  $r$  строки и  $k$  столбца, на пересечении которых стоит подчеркнутый пунктиром элемент. Если строк, обеспечивающих величину минимальной разности несколько, то берется та  $r$  строка, элемент которой (обеспечивающий величину  $\Delta^*$ ) стоит в столбце, не содержащем ни одного подчеркнутого элемента.
8. Проверить, есть ли в столбце  $M_1(k)$ , в котором находится элемент  $C(r, k)$ , хотя бы один подчеркнутый элемент. Если да, то включить столбец  $M_1(k)$  во множество  $M_2$  и перейти к п. 5.
9. Подчеркнуть элемент  $C(r, k)$  сплошной линией, найти ранее подчеркнутый элемент в той же строке  $r$  и убрать подчеркивание.
10. Проверить, содержится ли в столбце, в котором только что убрали подчеркивание, отмеченный пунктиром элемент. Если да, то обозначить этот элемент  $C(r, k)$  и перейти к п. 9.
11. Проверить, есть ли столбцы без подчеркнутых элементов. Если да, то перейти к п. 3.
12. Stop.

Проиллюстрируем применение метода Мака на ранее рассмотренном примере. Матрица цен имеет тот же вид, но мы ее повторили на рис. 2.5, а.

$$\begin{array}{c}
 C = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 9 & 3 \\ 10 & 12 & 4 & 11 \\ 5 & 8 & 2 & 6 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 7 & 9 & 3 \\ 10 & 12 & \underline{4} & 11 \\ 5 & 8 & \underline{2} & 6 \\ 100 & 100 & 100 & 100 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta_2 = 10 - 4 = 6 \\ \Delta_3 = 5 - 2 = 3 \end{array} \\
 \text{a)} \qquad \qquad \qquad \text{б)} \\
 \\
 \begin{pmatrix} 1 & 7 & 12 & 3 \\ 10 & 12 & \underline{7} & 11 \\ \underline{5} & 8 & \underline{5} & 6 \\ 100 & 100 & 100 & \underline{100} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 7 & 12 & 3 \\ 10 & 12 & \underline{7} & 11 \\ \underline{5} & 8 & \underline{5} & \underline{6} \\ 100 & 100 & 100 & \underline{100} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta_1 = 2 \\ \Delta_2 = 4 \\ \Delta_3 = 1 \end{array} \\
 \text{в)} \qquad \qquad \qquad \text{г)}
 \end{array}$$

Рис. 2.5. Этапы преобразования матрицы цен методом Мака

На первом шаге все столбцы "невыбранные", поэтому  $M1 = C$ . Подчеркиваем минимальные элементы строк в матрице  $C$ , как это сделано на рис. 2.5, б. Замечаем, что третий столбец содержит два подчеркнутых элемента. Включаем этот столбец в множество  $M2$  "выбранных" столбцов. Во множестве  $M1$  остаются 1, 2 и 4-й столбцы матрицы  $C$ . Вычисляем величины разностей  $\Delta_2$  и  $\Delta_3$  в строках, где в  $M2$  стоят подчеркнутые элементы. Минимальной является разность  $\Delta_3 = 3$ , которая получена для элемента  $c_{31}$ . Прибавляем  $\Delta_3$  ко всем элементам множества  $M2$ , подчеркиваем двойной чертой элемент, стоящий в третьей строке первого столбца, и получаем матрицу, представленную на рис. 2.5, в. В первом столбце уже был ранее подчеркнутый элемент (в первой строке первого столбца), поэтому включаем первый столбец во множество  $M2$  "выбранных" столбцов. Теперь вычисляем разности  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  и  $\Delta_3$  для всех трех строк матрицы (так как во всех строках множества  $M2$  теперь есть подчеркнутые элементы). Это действие также схематично отображено на рис. 2.5, г. Минимальная разность  $\Delta_3 = 1$  достигается на элементе 3,4. Поэтому данный элемент (он равен 6) подчеркиваем двойной чертой. Во 2-м столбце нет другого подчеркнутого элемента, поэтому подчеркиваем этот элемент 4,2 одной чертой, снимаем подчеркивание в этой строке с других элементов (с элемента (4,4)). Мы сняли подчеркивание с элемента 4,4. Но в 4-м столбце, где элемент 4,4 находится (см. рис. 2.5, в), есть уже ранее подчеркнутый двойной чертой элемент 3,4. Раз теперь это подчеркивание в 4-м столбце единственное, то подчеркивание двойной чертой заменяем подчеркиванием одной чертой. Контролируем наличие других подчеркиваний теперь уже в 3-й строке. В этой 3-й строке снимаем два ранее поставленных подчеркивания (двойной чертой был выделен элемент 3,1 и одной чертой был ранее подчеркнут элемент 3,3). Теперь оказывается, что подчеркиваний двойной чертой нет, а в каждом столбце только по одному подчеркнутому одной чертой элементу. Эти элементы находятся в позициях 1,1; 4,2; 2,3 и 3,4 матрицы. Учитывая, что 4-я строка матрицы – "фиктивный" работник, получаем оптимальный план назначения, как и при использовании графоаналитического метода.

### 2.3. Эффективные альтернативы и технологии их отыскания без учета относительной важности частных критериев

В отличие от задач обоснования решений по скалярному критерию, результатом решения которых является оптимальная в рамках соответствующей модели альтернатива, в задачах с векторным критерием нельзя с абсолютной уверенностью утверждать, что то или иное решение действительно (объективно) оптимально. Один из вариантов решения может превосходить другой по одним критериям и уступать по другим (другому) критериям. Следовательно, объективно утверждать, что какое-то из двух решений в указанных условиях лучше другого, не представляется возможным. Только со временем будет объективно ясно, сколь верным было принятое решение. Пока же, т. е. до реализации решения, до оценки его *фактической эффективности*, личные предпочтения ЛПР, его опыт и интуиция являются единственной основой, которые хоть как-то помогают ему предвидеть последствия принятого компромиссного (по значениям частных критериев) решения. Невозможно строго математически доказать, что выбранное решение наилучшее – любое решение из числа недоминируемых, т. е.

неулучшаемых одновременно по всем частным критериям, может оказаться наилучшим для конкретного ЛПР в конкретных условиях. Таким образом, сложность проблемы принятия решений по векторному критерию даже в условиях определенности связана не столько с вычислительными трудностями, сколько с концептуальной обоснованностью выбора "оптимального" решения.

Сравнение альтернатив по векторному критерию прежде всего будем осуществлять по следующему очевидному правилу: всякая альтернатива критерия не менее предпочтительнее любой другой, если для неё значение векторного значения критерия не хуже, чем у другой альтернативы, т. е.

$$a_1 \succsim a_2 \Leftrightarrow W(a_1) \succsim W(a_2) \quad (2.7)$$

где  $a_1, a_2$  – альтернативы;

$W(a)$  – векторный критерий;

$\succsim$  – символ отношения нестрогого предпочтения.

В выражении (2.7) словосочетание "**отношение нестрогого предпочтения**" следует понимать в математическом смысле [39]. Означает оно в этом смысле нестрогое упорядочение, заданное на элементах какого-то множества. Наиболее употребительными в математической теории принятия решений являются бинарные отношения, так как они легко интерпретируются и достаточно просто выявляются традиционными способами выражения элементарных суждений [39].

Для математического моделирования предпочтений всегда важно знать, какими из **свойств бинарных отношений** оно обладает. Среди разнообразных свойств бинарных отношений нас прежде всего будут интересовать такие, как *рефлексивность, симметричность, транзитивность и связность* (полнота), поскольку именно они во многом определяют разрешающую способность модели – способность точно предсказывать истинные предпочтения и выборы ЛПР. Если перечисленные свойства у бинарного отношения, моделирующего предпочтения ЛПР, в той или иной степени отсутствуют, этот факт будем отмечать указанием на нерефлексивность, несимметричность, несвязность, вплоть до их полной противоположности, а именно: антирефлексивности, антисимметричности и т. п.

В частности, бинарное отношение называют **эквивалентностью**, если оно обладает свойствами рефлексивности, транзитивности и симметричности. Это отношение играет важную роль при принятии решений, поскольку моделирует факт разбиения множества предъявленных ЛПР элементов на определенные классы одинаковой предпочтительности. Элементы, принадлежащие одному классу эквивалентности, равноценны по предпочтению, а принадлежащие разным классам – резко различаются по предпочтительности при их сравнении с элементами других классов. Эквивалентность между элементами можно понимать как их взаимозаменяемость при выборе для ЛПР. При этом свойство транзитивности очень важно для однозначности отнесения объекта к тому или иному классу. Если отношение предпочтения только лишь симметрично и рефлексивно, то оно будет толерантностью (образовывать класс "похожих" элементов), но не эквивалентностью. Так, например, результаты сортировки в ходе экспертизы могут моделироваться либо как эквивалентность, либо как толерантность – в зависимости от степени уверенности, с которой ЛПР сортировало множество предъявления в соответствии со своими предпочтениями. Обычно ЛПР среди предъявленных ему элементов может уверенно отнести к тому или иному классу лишь элементы субъективно "сильно" различающиеся между собой, а среди оставшихся, "похожих", действует менее уверенно. В результате транзитивность на границах между классами может нарушаться, а выявленное отношение предпочтения моделируется лишь рефлексивным и симметричным бинарным отношением, которое и представляет собой толерантность.

Бинарное отношение называют **строгим порядком**, если оно транзитивно и строго антисимметрично. С его помощью моделируют отношение строгого предпочтения ЛПР. Примером отношения строгого порядка является отношение "меньше" на множестве действительных чисел. Если же бинарное отношение помимо свойств транзитивности и антисимметричности обладает еще и рефлексивностью, то это – **квазипорядок** ("почти порядок"). Например, результаты попарного сравнения каких-то элементов в ходе экспертизы в общем случае могут оказаться как рефлексивными, так и антирефлексивными, поскольку сравнение элементов производится только в парах, т. е. без учета остальных элементов. Это может привести к тому, что свойство транзитивности на множестве всех элементов может отсутствовать. Ранжирование элементов – это также один из распространенных способов выявления элементарных суждений в ходе экспертизы. Так вот, оно в общем случае задает отношение квазипорядка на множестве всех элементов, поскольку разрешается разные элементы

располагать на одном месте в упорядоченном ряду. А вот если этого делать не разрешено, если ранжирование так называемое строгое, то при строгом ранжировании моделируемое отношение предпочтения будет отношением строгого порядка. Результаты же балльного оценивания, а также результаты выражения предпочтения субъективными вероятностями или коэффициентами важности устанавливают отношение связного квазипорядка.

Из всего сказанного следует, что наиболее серьезными недостатками моделей предпочтения, вскрытыми в ходе экспертизы с использованием элементарных суждений, является отсутствие свойств транзитивности и связности. Именно это зачастую затрудняет анализ истинных предпочтений ЛПР. Понимая это, указанные недостатки моделей предпочтений всячески стараются избежать, специально организуя экспертизу, объединяя ее с математическими методами проверки, анализа и повышения достоверности суждений. В результате простая экспертиза превращается в сложный процесс – процесс экспертного оценивания.

Если в процессе экспертного оценивания установлено, что на множестве оценок  $w$  критерия  $W$  предпочтения ЛПР транзитивные, связные и непрерывные, то каждый исход операции можно оценить по предпочтительности с помощью **функции ценности  $v(w)$** . Для задач обоснования решений в условиях определенности эта функция является частным случаем функции  $u(a)$  полезности. Доказано [22], что функция ценности существует всегда, когда ЛПР считает, что для любой оценки  $w$  уменьшение значений одних компонент  $w_i$  может быть компенсировано увеличением значений других компонент  $w_j$ ; так, что исходная оценка  $w$  и новая оценка  $w'$  оказываются одинаково предпочтительными. Говорят, что в таком случае предпочтения ЛПР плавные, что не изменяются резко, скачком. Функция ценности задает весьма совершенную модель предпочтения, которая обладает свойствами связного квазипорядка. Если функция ценности построена, значит перед вами самый короткий путь для решения задачи выбора наилучшей альтернативы: выбирайте ту альтернативу, у которой измеренная с помощью этой функции ценность наибольшая.

Однако подчас необходимые для построения функции ценности, знания в области ТПР, умения и навыки у ЛПР отсутствуют, а требуемые для совершения этой работы активные ресурсы – время, деньги, специальное математическое обеспечение и т. п. – отсутствуют в нужных количествах. Да ведь и не все проблемы, возникающие перед ЛПР, на практике оказываются столь важными, чтобы обязательно как можно более точно моделировать его предпочтения. Как тут быть? Во всех перечисленных случаях для отыскания наилучшей альтернативы ТПР рекомендует ЛПР следовать **принципу Родена**. Когда у этого великого скульптора спросили, как ему удается создавать столь великие шедевры, Роден ответил: "Я просто беру глыбу мрамора и отсекаю от нее все лишнее!"

Прекрасная идея: последовательно отсекайте от множества альтернатив все элементы, которые "не нужны", которые являются "лишними", а то, что останется (не лишнее), – это и есть то, что вам нужно – наилучшая альтернатива (или несколько эквивалентных по предпочтительности наилучших альтернатив). Концептуальную идею, изложенную в вербальной форме Роденом, реализовал в формальном виде и превратил в одну из наиболее эффективных функций выбора видный социолог и экономист В. Парето (вспомните, ему же принадлежало и известное нам правило "20/80"). Парето ввел понятие взаимной независимости частных критериев по предпочтительности и на основе этого сформулировал известную аксиому о доминируемости. Рассмотрим это понятие и эту аксиому. При этом везде далее будем полагать, что для ЛПР большие значения каждого из частных критериев предпочтительнее меньших значений. Задачи обоснования решений с такими направлениями предпочтений по всем критериям будем называть **положительно ориентированными** (по предпочтениям).

Подумаем вот над каким вопросом: могут ли измениться направления предпочтений по каким-то из критериев в зависимости от того, какие в этот момент приняли значения другие критерии? Вопрос этот не праздный. Оказывается, что если число  $m$  частных критериев больше двух, то направления предпочтения по одним критериям могут измениться в зависимости от того, какие значения принимают другие критерии. Такая ситуация наблюдается, если ЛПР считает необходимым "выдержать пропорцию" между значениями критериев, придать их значениям некую определенную им гармоничность. Например, гармоничными должны быть размеры концертного зала филармонии для обеспечения выразительного звучания оркестра, гармоничными должны быть характеристики экспансии товаров на рынке сбыта, чтобы уровень сервиса при продаже, качество гарантийного и послегарантийного обслуживания отвечали заявленным в рекламе при разумных уровнях затрат на них. Везде в ситуациях разработки решений, подобных описанным в примерах, может измениться

направление предпочтения по одному или нескольким частным критериям в зависимости от того, какие значения приобрели другие критерии.

Если же направление предпочтения по какому-либо критерию не изменяется с изменением значений других критериев, то такой критерий будем называть **независимым по предпочтению от остальных**. Следует сказать, что на практике довольно часто оказывается, что, по мнению ЛПР, каждый критерий является независимым по предпочтению от остальных. Такую ситуацию с предпочтениями ЛПР будем характеризовать словами "**взаимная зависимость частных критериев по предпочтению**".

**Аксиома Парето** (принцип доминирования).

Если частные критерии  $W_i$  взаимно независимы по предпочтению, то из двух векторных оценок  $w(a)$ ,  $w(b)$ , для которых выполняются неравенства

$$w_i(a) \geq w_i(b), i=1, 2, \dots, m, \quad (2.8)$$

векторная оценка  $w(a)$  не менее предпочтительна оценки  $w(b)$ . При этом если хотя бы одно из указанных нестрогих неравенств выполняется как строгое, то оценка  $w(a)$  доминирует над оценкой  $w(b)$ .

Будем обозначать любую информацию о предпочтениях, на основе которой построена модель предпочтения ЛПР, с помощью аббревиатуры *inf*. Для уточнения типа модели предпочтения и того, на основе какой конкретно информации эта модель построена, будем использовать различные аббревиатуры. Так, информацию о предпочтениях ЛПР, содержащую сведения о взаимной независимости критериев по предпочтительности, будем обозначать аббревиатурой *iop* (от англ. *independence of preference*). Если  $inf = iop$ , то из исходного множества вариантов решений как раз и можно выделить так называемые **недоминируемые** (их еще называют эффективные, нехудшие, неухудшаемые одновременно по всем критериям) **альтернативы**. С учетом этих обозначений краткую формальную запись факта доминирования альтернативы  $a$  над альтернативой  $b$  запишем так:

$$a \succ_{\approx(iop)} b \Leftrightarrow w(a) \succ_{\approx(iop)} w(b) \Leftrightarrow w_i(a) \geq w_i(b), i = 1, 2, \dots, m. \quad (2.9)$$

Если все неравенства в выражении (2.9) выполняются как равенства, то альтернативы  $a$  и  $b$  эквивалентны (символ  $\approx$ ) по предпочтительности. Формальная запись такого факта имеет вид  $a \approx^{(iop)} b$ .

Отношения (2.8) и (2.9) не являются связными, так как для произвольных векторных оценок  $w(a)$ ,  $w(b)$  часть неравенств (2.8) может выполняться "в одну сторону", (т. е.  $w_i(a) \geq w_i(b)$ ), а остальные – "в другую сторону" ( $w_i(a) \leq w_i(b)$ ). Такие векторные оценки оказываются несравнимыми по Парето и образуют множество недоминируемых, оценок, которым соответствует множество недоминируемых (эффективных по Парето) альтернатив. Таким образом, отличительной особенностью недоминируемых или эффективных по Парето альтернатив является то, что ни у одной из них ни по одному из их частных критериев оценка не может быть улучшена без ухудшения оценки какого-то другого (или других) критерия. Следовательно, эффективные альтернативы между собой несравнимы, и на множестве значений векторных оценок можно определить результат применения функции выбора. Этот результат применения функции выбора на множестве значений векторных оценок будем называть ядром отношения по заданной информации о предпочтениях ЛПР и обозначать  $eff(w, inf)$ . Таким образом, ядро отношения Парето получит обозначение  $eff(w, iop)$ . Для задач с положительно ориентированными критериями ядро  $eff(w, iop)$  отношения Парето расположено в северо-восточном направлении на границе достижимого множества векторных оценок. При этом мощность множества оценок ядра может быть различной в зависимости от конкретных особенностей (в частности, конфигурации) достижимого множества оценок. На рис. 2.6 представлены различные возможные конфигурации множества  $eff(w, iop)$  для двумерных векторных оценок.

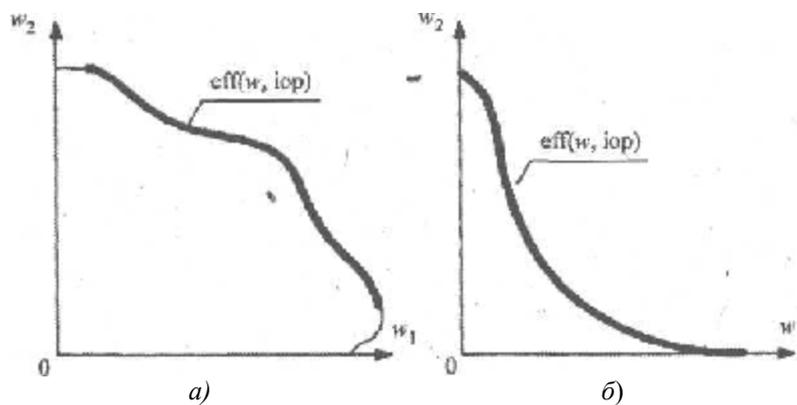


Рис. 2.6. Возможные конфигурации множества

Конфигурация допустимого множества векторных оценок, представленного на рис. 2.6, а, такова, что ядро занимает лишь часть северо-восточной границы этого множества, а на рис. 2.6, б ядро занимает всю северо-восточную границу. Но практически всегда эффективные альтернативы составляют лишь часть исходного множества альтернатив. Это, естественно, упрощает поиск наилучшего решения, так как совершенно ясно, что решение может считаться наилучшим только тогда, когда оно эффективно. Другими словами, наилучшее решение не может быть неэффективным.

Если для каждой альтернативы уже получены оценки частных критериев, поиск эффективного ядра, как правило, не вызывает затруднений. Технология здесь предельно проста:

- 1) выбрать какую-то альтернативу;
- 2) включить ее во множество недоминируемых;
- 3) взять очередную альтернативу из исходного множества; назовем ее "претендент";
- 4) проверить, не доминируется ли "претендент" альтернативой из множества недоминируемых; если "претендент" не доминируется, то проверить, не доминирует ли он над первой; если "претендент" доминирует, исключить первую альтернативу из числа недоминируемых, а "претендента" включить в число недоминируемых, иначе – "претендента" также включить в число недоминируемых;
- 5) если среди альтернатив исходного множества осталась хотя бы одна еще не проверенная на эффективность, назначить ее "претендентом", иначе – "Stop";
- 6) последовательно проверять, не доминируется ли "претендент" какой-либо из альтернатив, уже включенных во множество недоминируемых; при первом же обнаружении факта доминирования над "претендентом" его из дальнейшего анализа исключить и перейти к шагу 5;
- 7) последовательно проверять, не доминирует ли "претендент" над какой-то из альтернатив, ранее уже включенных во множество недоминируемых; если окажется, что "претендент" доминирует над какой-то из альтернатив, уже включенных во множество недоминируемых, эту альтернативу из множества недоминируемых исключить;
- 8) перейти к шагу 5;
- 9) "Stop".

Как было показано автором [9], данный алгоритм значительно выгоднее по числу сравнений, которые потребуются провести, чтобы найти эффективное ядро, чем прямое использование правила (2.9).

Если же нет данных о значениях оценок критерия  $W(a)$  для альтернатив  $a \in A$ , а эти оценки могут быть получены, если предварительно формально задать описание альтернатив  $a \in A$  через некоторые их характеристики  $x \in X$ , то задача построения эффективного ядра существенно усложняется. Здесь приходится специальным образом организовать зондирование пространства  $X$  характеристик альтернатив, для каждой получаемой точки  $x \in X$ , отражающей  $a \in A$ , вычислять  $W(a)$ , а затем уже решать вопрос о доминировании. Чтобы придать указанному процессу логическую направленность, в общем-то, вновь обращаются к соотношению (2.9), но технологически его интерпретируют по-разному. Рассмотрим наиболее распространенные технологии отыскания эффективных альтернатив по методу зондирования пространства характеристик и графически проиллюстрируем их смысл для двумерного случая векторного критерия [39].

Технология, основанная на использовании теоремы Гермейера, пригодна для случая, когда все частные показатели имеют положительные оценки, т. е. все  $w_i > 0$ . Технология предполагает назначение в качестве "уровней притязаний" в правой части выражения (2.8) минимальных значений  $w_i$  для

"претендента", а поиск эффективной альтернативы вести по направлениям от начала координат в сторону возрастания значений каждого из частных критериев. Если оценку "претендента" обозначить через  $x_0$ , а на правление  $\lambda$  поиска эффективной альтернативы задать, например, как  $\lambda_i = 1/x_{0i}$ , то максимум функции

$$\Gamma(\lambda, a) = \min \{\lambda_i \cdot w_i(a)\}$$

будет достигаться на эффективной альтернативе, принадлежащей ядру. Графиком функции  $\min \{\lambda_i \cdot w_i(a)\}$  является прямой угол, стороны которого параллельны осям  $w_i$  координат в пространстве оценок векторного критерия. Следовательно, все значения критерия, которые имеют хотя бы одну из частных компонентов лучше, чем "претендент", геометрически будут точками, принадлежащими северо-восточной подобласти в направлении от границ этого прямого угла. Максимизации функции Гермейера  $\min \{\lambda_i \cdot w_i(a)\}$  по множеству альтернатив обязательно приведет к множеству  $eff(w, iop)$ , т. е. к эффективной границе.

Однако функция Гермейера не очень удобна для оптимизации. Поэтому второй часто используемой технологией поиска эффективных альтернатив является процесс, основанный на применении классического метода гласного показателя. Позже мы этот метод разберем подробнее, а пока нужно знать только то, что, согласно этому подходу, в выражении (2.8) для всех частных критериев, кроме одного, назначаются уровни  $c_j$  притязаний. Оставшийся критерий назначается "главным" и он максимизируется при наложенных ограничениях на остальные. Например, главным назначим критерий  $w_i$  и решим задачу вида:

$$a^* : \max_{W_j \geq c_j} W_i(a).$$

Получаемая в результате оптимизации альтернатива со значением  $w^*$  векторного критерия будет эффективной.

Еще более простой в применении оказывается технология, предполагающая максимизацию не одного, "главного", частного критерия, а линейной свертки от всех критериев. Эта технология построена на результатах теоремы, доказанной тремя учеными – Куном, Таккером и Карлиным. Было показано, что если множество альтернатив, задаваемых характеристиками  $x$ , выпукло, а все  $w_i(a)$  – вогнуты, то для всякой эффективной стратегии  $a$  найдутся такие неотрицательные числа  $y_i$ , в сумме равные единице, что

$$\varphi(\gamma, a^0) = \max_a \sum_{i=1}^m \gamma_i w_i(a).$$

Ясно, что требование вогнутости  $w_i(a)$  и выпуклости  $W$  существенны, поскольку иначе не все эффективные альтернативы, а именно те, векторные оценки которых принадлежат вогнутой части эффективной границы, не смогут быть выделены по этой технологии ни при каких величинах весовых коэффициентов  $\gamma_i$ .

Соответствующие представленным технологиям графические иллюстрации представлены на рис. 2.7.

На рис. 2.7, а показано, что любая альтернатива  $a \in A$  задается набором характеристик в пространстве  $X$ , а также отмечен "претендент"  $x_0$ . На рис. 2.7, б заштрихованной областью показано множество векторных оценок  $w(x)$ , доминирующих над рассматриваемым "претендентом" с оценкой  $w(x_0)$ . На этом же рисунке штрихпунктирными стрелками показаны направления  $\lambda$ , поиска очередной эффективной точки на северо-восточной границе множества оценок по методу Гермейера, а на рис. 2.7, в проиллюстрирована суть технологии по методу главного показателя. Рис. 2.7, г помогает понять, почему требование выпуклости достижимого множества векторных оценок, фигурирующее в теореме Куна-Таккера-Карлина, весьма существенно. На этом рисунке изображена линия уровня

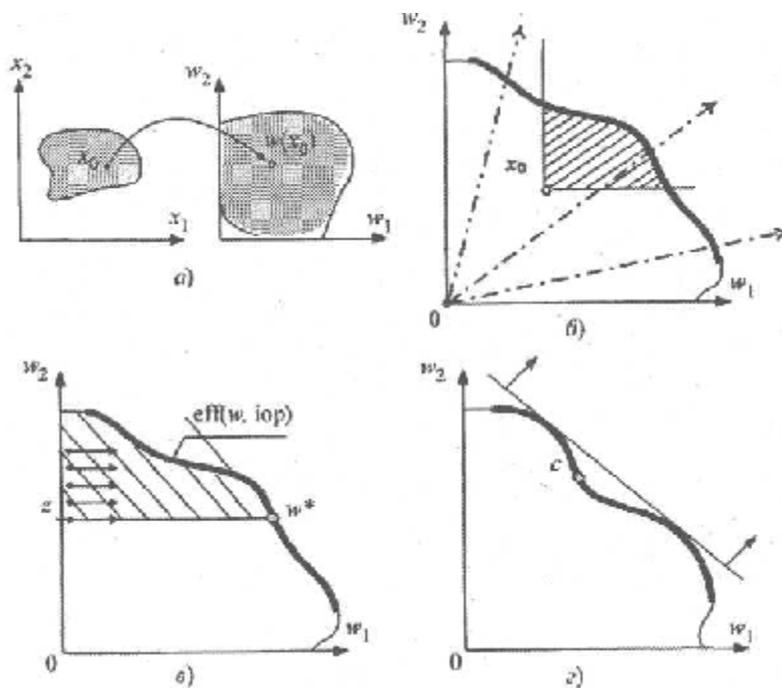


Рис. 2.7. Графическая иллюстрация технологий зондирования

$$\varphi(\gamma, a) = \text{const}$$

в виде прямой, для линии уровня стрелками показано направление возрастания ее значений (направление градиента). Когда указанная функция достигает максимума при заданных значениях коэффициентов  $\gamma$ , прямая  $\varphi(\gamma, a) = \text{const}$  занимает положение касательной к границе  $\text{eff}(w, iop)$ . Из рис. 2.7, г видно, что точка  $c$ , лежащая на вогнутой части эффективной границы, действительно не достижима ни при каких значениях параметров  $\gamma$  рассматриваемой линейной сверки оценок критериев.

Итак, множество эффективных альтернатив не шире исходного множества, а подчас существенно уже его. Но все же ядро  $\text{eff}(w, iop)$  отношения Парето может включать достаточно большое число элементов. И это обстоятельство не позволяет сразу осуществить выбор наилучшего решения. Например, установлено, что для двумерного дискретного множества достижимых векторных оценок, состоящего из  $N$  независимо сгенерированных альтернатив, математическое ожидание числа элементов ядра отношения Парето стремится к величине  $\ln N$ . Как мы уже знаем, все эти альтернативы не сравнимы. Для дальнейшего выбора лучшей из них необходимо привлечь дополнительную информацию о предпочтениях ЛПР. Такой дополнительной информацией могут служить сведения об относительной важности частных критериев. Соизмеряя степень влияния изменения значений одного из критериев по сравнению с изменением значений другого (других), ЛПР может установить **относительную важность частных критериев**.

#### 2.4. Технологии отыскания эффективных решений с учетом относительной важности критериев

Суждения об относительной важности частных критериев ЛПР может выразить как в качественной, так и в количественной шкале. Если частные критерии измеряются в различных, а тем более разных по классам шкалах (количественных и качественных), их оценки не могут быть пересчитаны в некоторую объективную шкалу оценивания (например, в универсальный денежный эквивалент), то трудно представить, как соизмерить их относительную важность. А сделать это иногда требуется как можно быстрее и как можно адекватнее, чтобы можно было сразу представить себе ценность какой-то конкретной альтернативы. В подобных ситуациях, когда информацию об относительной важности требуется получить и использовать как можно быстрее и при этом обеспечить высокую адекватность и надежность суждений, более предпочтительным представляется учет относительной важности частных критериев в качественной шкале (так называемая **качественная информация об относительной**

**важности).** К качественной информации об относительной важности частных критериев будем относить следующие вербальные суждения [39]:

♦ "критерий с номером  $i$  важнее критерия с номером  $j$ "; информацию такого типа будем формально обозначать как  $inf = i\ pre\ j$ , от английского "preference";

♦ "критерии с номерами  $s$  и  $t$  равноценны по важности"; краткое обозначение  $inf = s\ ind\ t$ , от английского слова "indifference".

Напрямую использовать информацию  $inf = pre$  или  $inf = ind$  для дальнейшего сокращения размера множества  $eff(w, iop)$  эффективных альтернатив и поиска наилучшего решения среди них можно только для некоторых частных случаев. Во-первых, это случай, когда шкалы всех частных критериев, относительно которых получена информация  $inf = pre$  или  $inf = ind$ , однородны и имеют небольшое число дискретных градаций. Чаще всего для этих целей используют 3–7-балльные шкалы. Это обусловлено тем, что дискретные однородные шкалы имеют важную особенность. Если в какой-то исходной векторной оценке, имеющей значения в однородной дискретной шкале, например,  $w(a) = (2, 4, 7, 3, 5)$  значения частных критериев поменять местами, скажем, так:  $(7, 2, 4, 3, 5)$ , то полученная оценка, назовем ее  $w(b)$ , также будет иметь осмысленное значение. То есть ЛПР будет воспринимать оценку  $w(b) = (7, 2, 4, 3, 5)$  как вполне возможную и уместную. Технологии непосредственного использования информации  $inf = pre$  и (или)  $inf = ind$  подробно рассмотрены в [39].

Второй частной ситуацией, когда возможно прямое использование качественной информации о равноценности или превосходстве в важности одних частных критериев над другими, является такая, в рамках которой фигурируют сообщения о равноценности всех критериев между собой, об абсолютно строгом (лексикографическом) упорядочении критериев по важности, а также о симметрически-лексикографическом упорядочении частных критериев по важности. Обозначениями для этих особых случаев будут  $inf = sym$ ,  $inf = lex$  и  $inf = sl$  соответственно. Заметим, что информация  $inf = lex$  о лексикографическом упорядочении настолько сильна, что позволяет всегда получить наилучшее решение даже непосредственно из исходного множества. Технология использования лексикографической информации для поиска решения задачи выбора даже не требует преобразования шкал критериев к однородной. Однако за подобные технологические "удобства" приходится подчас жестоко расплачиваться потерей адекватности результата. Поэтому лексикографической моделью предпочтений следует пользоваться крайне осторожно.

Самая сложная в получении, но и самая действенная – это **информация об относительной важности критериев в количественной форме.** Это информация о величинах замещений значений критериев между собой, о значениях коэффициентов важности частных критериев, количественная информация о допустимой степени взаимной компенсации значений тех или иных критериев, а также о виде функции агрегирования частных критериев в обобщенные критерии. В некоторых случаях такая информация поступает от ЛПР сразу. Но это, скорее, исключение из правил. Значительно чаще количественную информацию приходится получать по частям.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся способы реализации технологий отыскания эффективных решений с учетом относительной важности критериев.

**Технология преобразования натуральных шкал критериев в однородную дискретную шкалу.** По всему множеству альтернатив  $a \in A$  определяют множество  $\{w_i^H(a)\}$  возможных значений оценок каждого частного критерия  $w_i^H$  в натуральной шкале. Затем ЛПР (или эксперт) решает вопрос о том, сколькими классами толерантных, т. е. похожих, оценок это множество можно концептуально описать. Например, ЛПР решило, что можно множество всех возможных значений оценок критерия  $w_i^H$  – "устойчивость фирмы при совершении финансовых операций" концептуально характеризовать пятью классами значений с градациями: "Удовлетворительный", "Вполне удовлетворительный", "Хороший", "Весьма хороший", "Отличный". Затем классы нумеруют в порядке возрастания предпочтительности введенных градаций. В нашем примере концептуальная оценка была произведена таким образом:

1. "Удовлетворительный";
2. "Вполне удовлетворительный";
3. "Хороший";
4. "Весьма хороший";
5. "Отличный".

После этого множество значений  $w_i^H$  оценок каждого частного критерия в натуральной шкале графически отображают в виде интервала  $[w_i^{H(min)}, w_i^{H(max)}]$ . Этот интервал представляют ЛПР (или эксперту). ЛПР ставит на отрезке  $[w_i^{H(min)}, w_i^{H(max)}]$  точки, которые приблизительно отображают его

представления о границах толерантных значений критерия. Пусть для примера ЛПР рассматривает критерий "устойчивость фирмы при совершенствовании финансовых операций". Этот критерий имеет множество возможных значений в натуральной шкале, измеряющей вероятность "непотопляемости" фирмы конкурентами в ходе совершения финансовых операций. Пусть оказалось, что все значения этого критерия лежат в диапазоне от 0,3 до 0,87. На рис. 2.8, а диапазон оценок критерия "устойчивость ..."

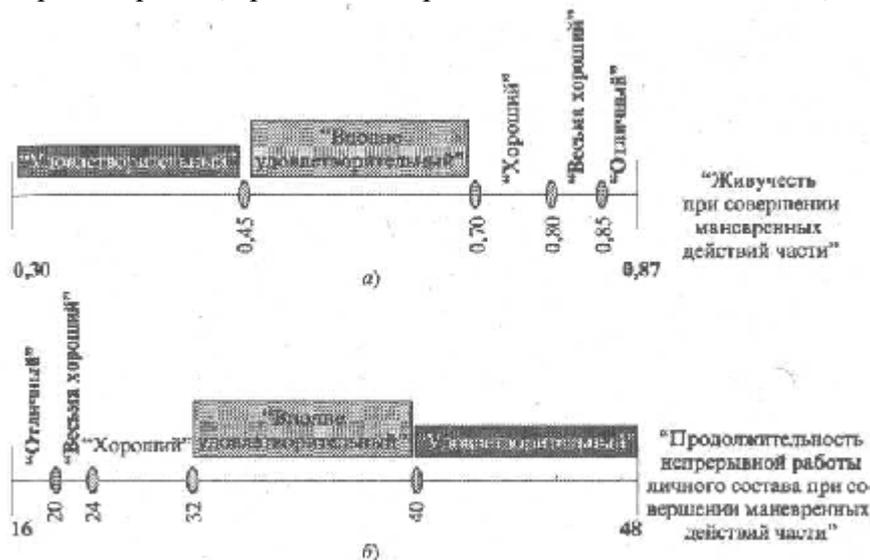


Рис. 2.8. Схема преобразований натуральных шкал критериев в дискретную однородную шкалу

На рис. 2.8, а также обозначены точки, с помощью которых ЛПР указало приблизительные границы введенных толерантных градаций. Так, множество значений критерия "устойчивость..." на уровне "Удовлетворительный" отделено от множества значений на уровне "Вполне удовлетворительный" точкой со значением 0,45. Аналогично точки со значениями 0,70, 0,80 и 0,85 разделяют множества значений "Хороший", "Весьма хороший" и "Отличный" соответственно. Поскольку градации пронумерованы числами от 1 до 5 в порядке возрастания предпочтений, любую оценку критерия в натуральной шкале вероятности устойчивости предприятия или фирмы в ходе совершения финансовой операции легко превратить в оценку, имеющую значения в шкале {1, 2, 3, 4, 5}. Например, оценка вероятности 0,4 трансформируется в значение 3 для дискретного однородного критерия, а значение вероятности 0,86 – в значение 5.

Если какой-то критерий имеет оценки в натуральной шкале, отрицательно ориентированные по предпочтению, схема преобразований остается прежней, только более предпочтительные значения дискретного однородного критерия будут соответствовать меньшим значениям критерия в натуральной шкале. Для примера на рис. 2.8, б показано, как на диапазоне [16...48] значений критерия  $w^H_2$  "Продолжительность непрерывной работы персонала при составлении годового бухгалтерского баланса" в часах. Этот критерий желательно минимизировать. ЛПР разместило на числовой оси разделяющие точки 20, 24, 32, 40 так, как, по его мнению, располагаются границы представленных пяти градаций предпочтительности. Однако теперь более предпочтительное значение в однородной шкале, равное 5, получают оценки продолжительности непрерывной работы персонала, лежащие в диапазоне от 16 до 20 ч.

Рассмотренная схема преобразований имеет ряд преимуществ. Во-первых, ЛПР работает в привычном для него режиме, так как от него требуется делать лишь качественные суждения (типа "Удовлетворительно", ..., "Отлично") о значениях оценок критериев, исходя из понятного для него их смысла и ориентируясь на ясное представление о цели предстоящей операции. Во-вторых, такая схема не только превращает значения натуральных критериев в однородную шкалу, но и делает все новые однородные критерии положительно ориентированными по предпочтению. В-третьих, сравнительно небольшое число градаций одного родного критерия существенно повышает действенность аксиомы Парето, так как существенно уменьшается число несравнений по правилу (2.8). В то же время использовать описанную технологию преобразования шкал следует достаточно осторожно, Это обусловлено тем, что на адекватность получаемых результатов и рекомендаций существенное влияние оказывают число градаций выбранной ранговой шкалы и адекватность сортировки натуральных

значений шкалы на толерантные градации.

**Технология использования информации  $inf = ind$ .** С целью обеспечения краткости изложения материала по этой и последующим технологиям будем векторные оценки критериев в однородных шкалах для различных альтернатив обозначать не  $w(a)$ ,  $w(b)$ ,  $w(c)$  и т. п., а  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и т. п. Пусть, например,  $inf = s ind t$ ; это означает, что ЛПП считает, что частный критерий с номером  $s$  и частный критерий с номером  $t$  имеют для него одинаковую относительную важность. Технология отыскания эффективных альтернатив с учетом такой поступившей информации реализуется по следующему алгоритму:

1) преобразовать все натуральные шкалы критериев в однородную дискретную шкалу с одинаковым числом градаций;

2) выбрать какую-то альтернативу из исходного множества, например,  $x$ ;

3) включить ее во множество недоминируемых;

4) взять очередную альтернативу из исходного множества; назовем ее "претендент" и обозначим через  $y$ ;

5) проверить, не доминируется ли "претендент"  $y$  альтернативой  $x$  из множества недоминируемых. Для этого построить специальное множество  $Y^{ind}$ , состоящее из исходной оценки  $y$  и всех ей равноценных по информации  $ind$ . Равноценные по информации  $ind$  оценки получают из исходной оценки  $y$  путем перестановки в ней местами оценок с номерами  $s$  и  $t$ . Оценку  $x$  сравнивают по Парето со всеми элементами из множества  $Y^{ind}$ , т. е. действуют по правилу:

$$x \succ_{inf}^{ind} y \iff \exists z \in Y^{ind} \mid x \succ_{inf}^{top} z$$

Иначе говоря,  $x$  не менее предпочтителен, чем  $y$  по информации о равноценности частных критериев, если найдется хотя бы одна оценка  $z$  из множества  $Y^{ind}$  (формально записывается как  $\exists z \in Y^{ind}$ ), которая менее предпочтительна по Парето, чем  $x$ . Если при сравнении по Парето, по правилу (2.8), хотя бы одно из нестрогих неравенств будет выполняться как строгое, то  $x$  доминирует над  $z$ , а следовательно, и над исходной векторной оценкой  $y$ ;

6) если "претендент"  $y$  не доминируется, то проверить, не доминирует ли  $y$  над  $x$  (для этого надо будет по аналогии с множеством  $Y^{ind}$  построить множество  $X^{ind}$ ); если "претендент"  $y$  доминирует над  $x$ , исключить альтернативу  $x$  из числа недоминируемых, а "претендента"  $y$  включить в число недоминируемых, иначе – "претендента"  $y$  также включить в число недоминируемых;

7) если среди альтернатив исходного множества осталась хотя бы одна, еще не проверенная на эффективность, назначить ее "претендентом", иначе – перейти к шагу 4;

8) последовательно проверять, не доминируется ли "претендент" какой-либо из альтернатив, уже включенных во множество недоминируемых; при первом же обнаружении факта доминирования над "претендентом" его из дальнейшего анализа исключить и перейти к шагу 7;

9) последовательно проверять, не доминирует ли "претендент" над какой-то из альтернатив, ранее уже включенных во множество недоминируемых; если окажется, что "претендент" доминирует над какой-то из альтернатив, уже включенных во множество недоминируемых, эту альтернативу из множества недоминируемых исключить;

10) перейти к шагу 7;

11) проверить, все ли сообщения типа  $inf = s ind t$  использованы; если нет – обратиться к очередному сообщению  $inf = s ind t$  и перейти к шагу 5;

12) "Stop".

**Технология использования информации  $inf = pre$ .** Эта технология аналогична технологии для информации  $inf = ind$  за одним исключением: на шагах алгоритма используются не множества  $Y^{ind}$  и  $X^{ind}$  оценок, эквивалентных по предпочтительности соответствующим исходным оценкам  $y$  и  $x$ , а специальные множества "улучшенных по сравнению с исходными оценками" –  $Y^{pre}$  и  $X^{pre}$  соответственно. Чтобы из исходной оценки, например  $y$ , получить множество  $Y^{pre}$  улучшенных по информации  $inf = s pre t$  оценок, необходимо:

1) преобразовать все натуральные шкалы критериев в однородную дискретную шкалу с одинаковым числом градаций;

2) проверить, является ли компонента  $y_s$  исходной векторной оценки  $y$  больше по величине компоненты  $y_t$ ;

3) если компонента  $y_s > y_t$ , то получить оценку  $z$  из исходной оценки  $y$  путем перестановки в ней местами компонентов  $y_s$  и  $y_t$ ;

- 4) включить оценку  $z$  во множество  $Y^{pre}$ ;
- 5) проверить, есть ли еще сообщения типа  $s \text{ pre } t$  для других номеров  $s$  и  $t$ ;
- 6) если другие сообщения типа  $s \text{ pre } t$  есть, перейти к шагу 1;
- 7) "Stop".

**Технология использования информации  $inf = ind \text{ u } inf = pre$ .** Вначале для "претендента" строят множества  $Y^{ind}$  и  $Y^{pre}$ , как это описано в предыдущих двух алгоритмах. Затем эти множества корректируют – из оценок множества  $Y^{ind}$ , используя информацию типа  $inf = s \text{ pre } t$ , получают дополнительные оценки  $z$  для включения их во множество  $Y^{pre}$ , а из оценок множества  $Y^{pre}$ , используя информацию типа  $inf = s \text{ ind } t$ , получают дополнительные оценки  $z$  для включения их во множество  $Y^{ind}$ . Расширенные таким образом множества  $Y^{ind}$  и  $Y^{pre}$  используются затем для поиска недоминируемых альтернатив, как это уже было описано.

**Технология использования информации  $inf = sym$ .** Наличие такой информации свидетельствует о равноценности всех частных критериев между собой, т. е. для всех  $s$  и  $t$  верны сообщения типа  $inf = s \text{ ind } t$ . Это позволяет воспользоваться более простой технологией для отыскания эффективных альтернатив, чем та, которая была описана для отдельного сообщения (или нескольких сообщений) вида  $inf = s \text{ ind } t$ .

Выполняется такая последовательность шагов:

- 1) преобразовать все натуральные шкалы критериев в однородную дискретную шкалу с одинаковым числом градаций;
- 2) сравниваемые оценки  $x$  и  $y$  преобразовать в оценки  $z(x)$  и  $z(y)$  соответственно, для чего в исходных оценках все компоненты упорядочить по возрастанию значений;
- 3) сравнить по Парето оценки  $z(x)$  и  $z(y)$ ;
- 4) если  $z(x) \succ \approx^{(iop)} z(y) \Leftrightarrow x \succ \approx^{(sym)} y$ , если  $z(y) \succ \approx z(x) \Leftrightarrow y \succ \approx^{(sym)} x$ , иначе –  $x$  и  $y$  несравнимы и, следовательно, обе эффективны;
- 5) если остались еще оценки, которые не проверялись на эффективность, перейти к шагу 3;
- 6) "Stop".

## 2.5. Технология реализации базовых методов решения многокритериальных задач

Рассмотрим базовые методы решения задачи выбора, получившие широкое распространение в практике принятия решений. Наиболее известными и широко применяемыми из них являются:

- ◆ лексикографический метод и его модификации;
- ◆ метод последовательных уступок;
- ◆ метод главного критерия;
- ◆ метод агрегированного критерия ("обобщенного показателя").

Все эти методы объединяет общий прием поиска наилучшего решения: векторный критерий тем или иным способом превращается в скалярную целевую функцию, а затем решается задача оптимизации.

**Лексикографические задачи.** Пусть ситуация обоснования решений характеризуется сведениями об абсолютном превосходстве в важности одних частных критериев над другими. В определенном смысле подобная ситуация полярно противоположна ситуации с информацией  $sym$  о предпочтениях ЛПР. Основанием для вывода об абсолютном превосходстве в важности одних частных критериев над другими является следующее. При предъявлении ЛПР для сравнения векторных оценок оно прежде всего обращает внимание на значения какого-то вполне определенного частного критерия. Следовательно, именно этот частный критерий ЛПР считает абсолютно самым важным среди других частных критериев. ЛПР сравнивает значения оценок у альтернатив вначале только по этому, самому важному частному критерию.

Если для какой-либо из альтернатив значение именно этого критерия окажется наиболее предпочтительным, то такую альтернативу ЛПР безоговорочно признает наилучшей. Другими словами, ЛПР делает свой выбор вне зависимости от того, какие у этой альтернативы значения оценок по остальным критериям.

Если же значения самого важного частного критерия у некоторых альтернатив оказались одинаковы, ЛПР обращает внимание на значения другого (также вполне определенного) частного критерия, который является следующим по важности в абсолютно упорядоченном ряду частных критериев, и т. д. Информация об абсолютном упорядочении критериев по важности столь совершенна, что позволяет задать связное отношение нестрогого предпочтения на множестве даже неоднородных векторных

оценок, выделить из них лучшую и поставить ей в соответствие оптимальную стратегию. Информацию такого типа будем называть лексикографической и обозначать  $inf = lex$ , а задачи с подобной информацией об относительной важности критериев будем называть задачами лексикографической оптимизации.

Информация  $lex$  является весьма сильной в том смысле, что для дискретных множеств  $A$  стратегий она дает возможность практически всегда выделять единственное решение. В то же время описанный алгоритм лексикографического выбора имеет существенные недостатки. Во-первых, получаемые решения обладают резко выраженной ортодоксальностью в том смысле, что они ориентированы исключительно на более предпочтительные частные критерии. В итоге допускается любой мыслимый ущерб значениям остальных критериев. Во-вторых, в основе идеи перехода к сравнению по следующей по важности компоненте лежит вывод об "одинаковости значений". На самом деле точно одинаковыми значения частных критериев могут оказаться только при использовании дискретных шкал, что само по себе достаточная редкость, а следовательно, делая подобный вывод, ЛПР всегда имеет в виду некоторую зону неразличимости (нечувствительности) к значениям критериев.

**Симметрически-лексикографические задачи.** Иногда, рассматривая задачи с равноценными однородными критериями, ЛПР может считать недопустимой компенсацию уменьшения меньших значений одинаково важных критериев сколь угодно значительным увеличением больших. Основанием для вынесения такого суждения может служить следующий факт. При сравнении альтернатив ЛПР обращает внимание на самые низкие значения частных критериев, вне зависимости от их конкретного наполнения. Если у каких-либо альтернатив самые малые значения частных компонент векторных оценок равны (но больше, чем у остальных альтернатив), то ЛПР принимает во внимание следующие по величине компоненты и т. д. Поскольку эта информация о равноценных частных критериях, сравнение величин которых ЛПР осуществляет, по сути, лексикографически, то подобный частный случай информации о равноценности будем обозначать  $symlex$  или информацией  $sl$ . Информация  $sl$  является более сильной, чем просто информация  $sym$  о равноценности частных критериев, так как обладает всеми преимуществами лексикографической. Но одновременно  $symlex$ -задачи приобретают и все недостатки лексикографических.

**Искусственные лексикографические задачи.** В практике часто применяют прием сведения задачи обоснования решений с различающимися по важности частными критериями к задаче лексикографической оптимизации. Без потери общности можно считать, что упорядочение частных критериев по относительной важности задается информацией  $\{1\text{ pre } 2, 2\text{ pre } 3, \dots, (m-1)\text{ pre } m\}$ . Еще раз подчеркнем, что различие в важности по информации  $\{t\text{ pre } t\}$  не носит абсолютного, лексикографического характера. От ЛПР получают информацию о том, какие минимальные значения  $w_i^d$  по каждому из частных критериев  $w_i$  его бы вполне устроили. Информацию об этих "уровнях притязаний" в виде ограничений вида  $w_i > w_i^d, i = 1, 2, \dots, m$  вводят в условия задачи. После этого в ходе поиска наилучшего решения вначале, стремятся достигнуть минимально допустимой величины по первому критерию (или немного превысить уровень притязания), затем – минимально допустимой величины по второму критерию, при условии, что значение первого критерия не опускается ниже уровня притязания и т. д. Этот прием формально соответствует преобразованию исходного критерия  $W$  с компонентами  $w_i$  в новый критерий  $W^{yn}$  с лексикографическим упорядочением компонентов  $w_i^{yn} = \min \{w_i, w_i^d\}$ .

**Метод последовательных уступок.** В его основе лежит идея понижения размерности исходной задачи путем назначения главного критерия в специально формируемых двумерных подзадачах условной оптимизации. Для этого в ходе вербального анализа исходов операции все частные критерии  $w_i, i = 1, 2, \dots, m$  ранжируют и нумеруют в порядке убывания важности. Затем максимизируют первый, самый важный критерий  $w_1$  и находят его наибольшее значение  $w_1^{max}$ . Далее, исходя из практических соображений, ЛПР назначается некоторая уступка  $\Delta_1$  от достигнутого значения  $w_1^{max}$ . Величина уступки – это своеобразная плата за возможность повысить значения очередного по важности критерия  $w_2$  от его достигнутого к данному шагу уровня  $w_2(a)$  для альтернативы  $a$ , обеспечивающей величину  $w_1^{max}$ . В результате второй критерий может достичь величины  $w_2^{max}(\Delta_1)$ , зависящей, естественно, от величины  $\Delta_1$  уступки по первому критерию. Затем назначают уступку  $\Delta_2$  по критерию  $w_2$  (от значения  $w_2^{max}(\Delta_1)$ ), ценой которой стремятся увеличить значения критерия  $w_3$ , и т. д. Таким образом, величины уступок последовательно назначаются в результате анализа только попарной взаимосвязи критериев. Выбирая уступки, ЛПР должно рассматривать только зависимость  $w_i(w_{i+1})$ , не обращая внимания на остальные критерии. При этом чаще всего вначале даже незначительная уступка  $\Delta_i$  от значения  $w_i^{max}$  приводит к

существенному увеличению значения критерия  $w_{i+1}$  а затем с ростом величины уступки маргинальные приращения в значениях критерия  $w_{i+1}$  резко уменьшаются. Сопоставляя получаемый в этом случае выигрыш по критерию  $w_{i+1}$  с потерями в значениях критерия  $w_i$ , ЛПР окончательно назначает величину уступки  $\Delta_i$  и определяет значение  $w_{i+1}^{\max}(\Delta_i)$ . Следовательно, именно ранжирование критериев по важности позволяет ЛПР ограничиваться назначением величины уступки для предыдущего критерия только с учетом поведения последующего.

**Модифицированный лексикографический метод.** Для ослабления недостатков лексикографических методов и получения устойчивых решений даже для непрерывных шкал критериев можно использовать следующий прием. Введем для каждого из  $m - 2$  лексикографически упорядоченных компонентов векторного критерия  $W$  функции  $\delta_i(w_i)$ ,  $i = 2, 3, \dots, m - 1$  величин пороговых значений зон неразличимости. Для построения функций  $\delta_i(w_i)$  необходимо предъявлять ЛПР значения  $w_i$  критерия  $W_i$  из области его возможных значений и выяснять, при каких значениях  $\delta_i(w_i)$  одинаковы по предпочтительности оценки  $w_i + \delta_i(w_i)$  и  $w_i - \delta_i(w_i)$ . После этого задача отыскания компромиссного решения осуществляется на основе идеи последовательных уступок. Таким образом, для получения компромиссного решения достаточно иметь информацию о величинах  $\delta_i(w_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, m - 1$  и рассматривать их как величины предельных уступок, используемых в методе последовательных уступок.

**Метод главного критерия.** Здесь агрегирование сводится к назначению одного из критериев, например  $w_j$ , главным и дополнительно требуют, чтобы значения всех остальных, "неглавных" критериев  $w_i$ ,  $i \neq j$  удовлетворяли дополнительным ограничениям. Обычно указанная подобласть задается ограничениями-неравенствами вида  $w_i(a) \geq w_i^{TP}$ , поэтому задача оптимизации принимает вид:

$$a^*: \max w_i(a). \\ w_i(a) \geq w_i^{TP}$$

Альтернатива  $a^*$ , выделенная в ходе решения задачи (2.10), как это следует из подразд. 2.3, будет эффективной.

**Метод агрегированного критерия** ("метод обобщенного показателя"). В этом методе частные компоненты вектора  $W$  сворачиваются в скаляр с помощью некоторой агрегирующей функции  $\varphi(w)$ , которая затем максимизируется с целью отыскания оптимальной альтернативы  $a^*$ . Вид функции  $\varphi(w)$  агрегирования для данного метода устанавливается на основе сложившихся в данной сфере деятельности традиций; на основе предшествующего опыта, или исходя из удобства вычислений, или на основе анализа допустимой компенсации увеличения значений одних критериев за счет уменьшения значений других. В любом случае использование такого подхода может считаться корректным лишь тогда, когда ЛПР четко представляет, к каким последствиям приводит использование того или иного вида функции агрегирования.

Если из сущности задачи следует, что допустима компенсация уменьшения абсолютных значений одних критериев за счет суммарного абсолютного увеличения других, то в качестве функции агрегирования может быть принята аддитивная функция

$$\varphi_1(w) = \sum_{i=1}^m \gamma_i w_i, \quad (2.11)$$

где  $\gamma_i$  – коэффициенты относительной важности однородных положительно ориентированных частных критериев  $w_i$ , удовлетворяющие условию нормировки

$$\sum_{i=1}^m \gamma_i = 1, \gamma_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Задачи, в которых выполняются условия для задания функции агрегирования в аддитивной форме, весьма часто встречаются в практике исследования операций. Подобные задачи связаны с критериями суммарного ущерба или прибыли, дохода, денежных или временных затрат по годам планирования или по этапам жизненного цикла экономических информационных систем и т. п., т. е. там, где считается допустимым, что низкая ценность одной частной характеристики результата компенсируется высокой ценностью другого. При этом глобальная ценность результата представляется взвешенной

коэффициентами важности суммой частных ценностей.

Иногда допустимой может считаться не абсолютная, а относительная компенсация изменения значений одних критериев другими, т. е. ЛПР согласно с тем, что суммарная степень относительного снижения одних критериев эквивалентна суммарному уровню относительного увеличения остальных. Это приводит к мультипликативной функции агрегирования:

$$\varphi_2(w) = \prod_{i=1}^m w_i^{\gamma_i}. \quad (2.12)$$

Если из существа задачи следует полная недопустимость компенсации значений одних критериев другими, т. е. требуется обеспечить равномерное "подтягивание" значений всех критериев к их наилучшему уровню, то используют агрегирующую функцию следующего вида:

$$\varphi_3(w) = \min_i \left\{ \frac{w_i}{\gamma_i} \right\}, \gamma_i \neq 0, i = \overline{1, m}. \quad (2.13)$$

Такой критерии часто используют в задачах планирования "по узкому месту".  
Общим случаем функции агрегирования является средняя степенная функция

$$\varphi(w) = \left[ \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m w_i^p \right]^{\frac{1}{p}}, p \neq 0, \quad (2.14)$$

где величина  $p$ , стоящая в показателях степени, отражает допустимую степень компенсации малых значений одних равноценных критериев большими значениями других критериев.

Чем больше значение величины  $p$ , тем больше степень возможной компенсации. Так, например, если величина  $p \rightarrow -\infty$ , т. е. недопустима никакая компенсация и требуется выравнивание значений всех критериев, то предельный вид агрегирующей функции совпадает с выражением (2.13). Если  $p \rightarrow 0$ , т. е. требуется обеспечение примерно одинаковых уровней значений отдельных частных критериев, то функция агрегирования описывается выражением (2.12). Важными частными случаями среднестепенной функции являются линейная аддитивная (при  $p = 1$  получаем выражение (2.11)) и квадратичная ( $p = 2$ ) свертки, которые широко используются в задачах математической статистики, теории автоматического регулирования, математическом программировании и т. д. Во всех этих случаях полагают, что  $\gamma_i = 1/m$ . В задачах планирования ударов "по узкому месту" может считаться допустимой компенсация увеличения одного из критериев сколь угодно большим уменьшением остальных, т. е.  $p \rightarrow \infty$ . В этом случае оказывается приемлемой свертка вида:

$$\varphi_4(w) = \max_i \{ \gamma_i w_i \}, i = \overline{1, m}. \quad (2.15)$$

Для преобразования однородных шкал частных критериев, с целью последующей подстановки их значений в качестве аргументов функции агрегирования, целесообразно использовать следующий простой прием:

$$w_i = \frac{W_i^H - W_i^{\min}}{W_i^{\max} - W_i^{\min}}, \quad (2.16)$$

где  $w_i$ ,  $w_i^H$ ,  $w_i^{\min}$ ,  $w_i^{\max}$  – нормированное, натуральное, натуральное наименьшее и натуральное наибольшее из значений  $i$ -го критерия соответственно.

**Метод семантического структурно-компенсационного исследования.** С целью смягчения недостатков, присущих методам последовательных уступок, главного и агрегированного критерия, а также сокращения затрат времени на поиск наилучшего решения и повышения убедительности выводов и рекомендаций в 1993 г. разработан специальный эвристический метод исследования проблемной ситуации и решения задач построения функции выбора в условиях определенности. Основу метода составляет процесс построения двух специальных графов, названных иерархической семантической

структурой и иерархической компенсационной структурой (ИКС) соответственно. Кроме того, в этом методе предложен специальный алгоритм преобразования натуральных шкал частных критериев в однородную шкалу и эвристический подход к определению коэффициентов важности этих критериев в интерактивно формируемой функции агрегирования. С понятием ИСС мы уже встречались в подразд. 2.1 и знаем, как эта иерархическая структура строится. Что касается ИКС, то это граф, вершинами которого являются частные функции агрегирования типа (2.11)...(2.15) групповых и терминальных критериев, фигурирующих в ИСС.

Начнем рассмотрение существа метода семантического структурно-компенсационного исследования с изучения предложенного автором алгоритма преобразования натуральных шкал критериев.

Пусть  $W$  – векторный критерий, а функция  $S(w_i)$  отображает значения натуральной шкалы частного  $i$ -го критерия  $w_i$  в безразмерную шкалу  $x$  со значениями из интервала  $[0; 1]$ . Требуется установить, как особенности решаемой задачи (семантика частного критерия) и предпочтения ЛПР влияют на вид функции  $S(w_i)$ . При решении задачи установления вида преобразования  $S(w_i)$  прежде всего обратимся к главному принципу формирования критериев и, следовательно, отметим те особенности частной натуральной шкалы, которые обусловлены семантикой частной цели ЛПР. Углубленный семантический анализ разнообразных практических целей и задач позволил автору выявить как характерные в предпочтениях ЛПР следующие особенности:

- ♦ "нижние" и(или) "верхние" уровни притязаний;
- ♦ "зоны нечувствительности" на отдельных фрагментах натуральной шкалы частного критерия;
- ♦ точки натуральной шкалы частного критерия, к которым явно устремлено предпочтение ЛПР или которые являются нормативно заданными (квалификационными) значениями.

Поясним эти особенности на примере. Пусть исходная ситуация (статус-кво) по какому то критерию в момент принятия решений чрезвычайно неблагоприятна для ЛПР. Значения всех частных критериев в статус-кво примем за наименее предпочтительные. В таком случае любое улучшение значения этого критерия от наименее предпочтительного уровня может рассматриваться ЛПР как вполне ощутимый успех. После того, как значение рассматриваемого критерия достигнет некоторого уровня, ощутимого как явный сдвиг к улучшению, ЛПР, скорее всего, будет отождествлять любые превышения этого уровня как весьма полное (скажем, на 70–80%) удовлетворение. Именно по этой причине такое значение было названо "нижний уровень притязаний". По аналогии было введено понятие "верхний уровень притязаний". Это уровень, достаточно близкий к идеальным по предпочтительности значениям частного критерия. Превышение "верхнего уровня притязаний" по сравнению со *status quo* связывается в сознании ЛПР с предельным значением ценности.

Введем далее понятие "зоны нечувствительности", которое отражает одну из следующих особенностей предпочтений ЛПР:

- ♦ для ЛПР не представляют ценности значения критерия в некотором диапазоне значений, близких к статус-кво (такое положение означает, что в модели предпочтений ЛПР присутствует "нечувствительность слева");
- ♦ остается неизменной ценность значений критерия в некотором диапазоне, примыкающем к наиболее предпочтительным его значениям (такое восприятие исходов означает, что в модели предпочтений ЛПР присутствует "нечувствительность справа").

Рассмотрим теперь случай, когда в натуральной шкале критерия присутствуют некоторые точки, на которые ЛПР прежде всего обращает внимание при принятии решений с использованием этого критерия. Например, успех финансово-хозяйственной операции может сильно зависеть от того, насколько точно по времени сопровождаемый груз прибудет в пункт назначения. Если он окажется в этом пункте раньше – его можно оставить на ответственное хранение без разгрузки, а можно разгрузить за счет сверхурочных работ такелажников (за дополнительную плату). Если груз прибудет позже – придется платить штраф за опоздание. В этом примере явно проглядывает "сходящийся" тип предпочтений: ценность значений критерия вне окрестностей какой-то особой точки резко убывает. Или другой пример. При характеристике должностного лица руководитель особое внимание обращает на то, исполняет или нет это лицо нормативную нагрузку по занимаемой должности. В подобных ситуациях при оценке должностных лиц ЛПР обычно по-разному оценивает скорость изменения ценности значений критерия загруженности работников в случае невыполнения и перевыполнения нормативных заданий. Проведенное С. Н. Воробьевым системное исследование описанных особых случаев предпочтений ЛПР позволило сформировать классы функций  $S(w_i)$ , отображающие натуральные шкалы критериев  $w_i$  в безразмерную шкалу  $X_i$  со значениями из интервала  $[0; 1]$ . На рис.

2.9 представлены концептуальные графики функций  $S(w_i)$ .

Обозначения на рис. 2.9 имеют следующий смысл:

$W^-$  – минимальное значение критерия;

$W_{\text{пр}}^-$  – значение нижнего уровня притязаний;

$W_{\text{пр}}^+$  – значение верхнего уровня притязаний;

$W_{\text{л}}^-$  – пороговое значение критерия при нечувствительности слева;

$W_{\text{п}}^+$  – пороговое значение критерия при нечувствительности справа;

$W_c^+$  – значение критерия, к которому сходятся предпочтения ЛПР;

$W_{\text{н}}$  – значение критерия при "нормативном" типе предпочтений.

На рис. 2.9, а представлен концептуальный график, характеризующий наличие "нижнего уровня притязаний" в модели предпочтений ЛПР по рассматриваемому частному критерию  $w_i$ . Из анализа этого рисунка следует, что до уровня  $W_{\text{пр}}^-$  значений частного критерия  $w_i$ , степень их предпочтительности изменяется весьма незначительно: достигает 0,1–0,2. В области значений, близких к уровню  $W_{\text{пр}}^-$ , наблюдается резкое повышение ценности результатов по этому критерию для ЛПР.

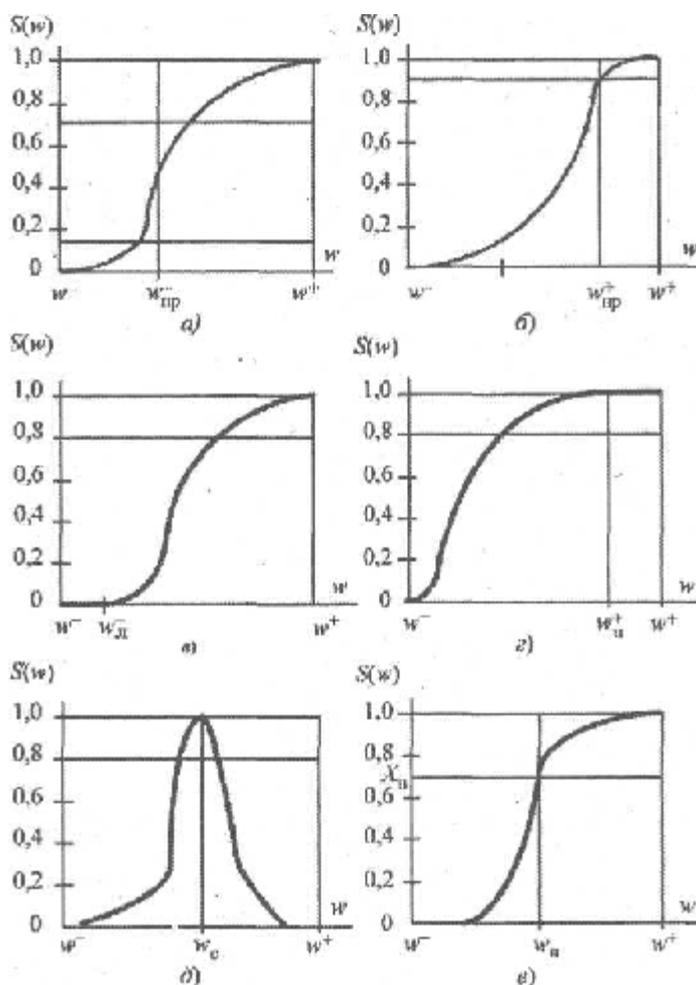


Рис. 2.9. Концептуальные графики функций  $S(w_i)$

Рост ценности заканчивается на уровне 1,0 для наилучшего значения  $W^+$  рассматриваемого частного критерия. На рис. 2.9, б наибольший темп роста ценности значений частного критерия  $w_i$  наблюдается на интервале его значений от  $W^-$  до  $W_{\text{пр}}^+$ . Здесь достигается основная доля ценности, примерно 0,8–0,9 от максимального значения. При дальнейшем увеличении значений критерия, на участке от  $W_{\text{пр}}^+$  до  $W^+$ , темп нарастания ценности резко снижается, что свидетельствует о наличии верхнего уровня притязаний в модели предпочтений ЛПР.

На рис. 2.9 в, г представлены концептуальные графики, дающие представление об определенной нечувствительности слева и справа соответственно. На отрезке  $[W^-, W_{\text{л}}^-]$  значения критерия никакой ценности для ЛПР не представляют (значения  $S(w) = 0$ ), а на отрезке  $[W_{\text{п}}^+, W^+]$  ЛПР не ощущает никакого прибавления ценности (значения  $S(w)$  постоянны и равны 1,0). Рис. 2.9, д представляет концептуальную модель сходящегося типа предпочтений ЛПР, а на рис. 2.9, е – нормативного типа

предпочтений.

Следует иметь в виду, что все графики на рис. 2.9 отражают лишь тенденции изменения ценности для различных значений натуральных шкал частного критерия. В каждом конкретном случае эти тенденции отображаются выпуклыми (в том числе линейными) или вогнутыми функциями, которые соответствуют убывающим (постоянным) или возрастающим скоростям изменения ценности в направлении возрастания значения критерия в натуральной шкале. Кроме того, при построении интерактивных проблемно-ориентированных систем поддержки решений в каждом конкретном случае отдельно решается вопрос о значениях таких компонентов концептуальных моделей, как величины  $W_{пр}$ ,  $W_{л}$ ,  $W_{п}$ ,  $W_{с}$ ,  $W_{н}$ ,  $X_{с}$ .

Предположим теперь, что ИСС уже построена. Условимся группы критериев, находящихся на самых нижних уровнях иерархии, называть финальными. Критерии финальных групп будем называть терминальными. Пусть теперь натуральные шкалы всех терминальных критериев преобразованы в соответствии с представленным алгоритмом, и теперь необходимо ответить на вопрос, какими способами оценивать коэффициенты важности групп и частных критериев в них.

Будем относительную важность групп характеризовать числами  $\Gamma_j > 0$ , в сумме равными единице в пределах своего уровня иерархии. Относительную важность отдельных частных критериев будем измерять только в пределах своей группы и определять числами  $\gamma_i > 0$ , в сумме также равными единице. Таким образом, если в какой-то группе будет только один частный критерий, то его важность будет приниматься равной единице. Каждый способ определения коэффициентов важности имеет определенную точность и может быть охарактеризован некоторыми затратами.

С. Н. Воробьев предложил целесообразность выбора того или иного способа определения коэффициентов важности ставить в зависимость от уровня иерархии группы, в которую входит тот или иной критерий, от важности самой группы, а также от числа частных критериев в группе. Почему так? А вот почему. Несомненно, что чем выше уровень иерархии, тем большую концептуальную значимость имеет каждая входящая в него группа по сравнению с группами нижележащих уровней, и, следовательно, тем точнее требуется метод для взвешивания важностей групп. Но более точный метод одновременно и более сложный и требует более высоких затрат на получение результата. Вспомним, что мы уже обсуждали все это в подразд. 2.1, анализировали рис. 2.2, делали выводы и давали общие рекомендации в этой связи. Концептуальный анализ совокупности указанных характеристик качества для наиболее употребительных методов оценки коэффициентов важности [39] позволил затем получить результаты, которые удобно изобразить в виде номограммы-классификатора способов оценки важности критериев и их групп в ИСС. Такая номограмма-классификатор представлена на рис. 2.10.

Итак, будем считать, что мы выбрали способ и оценили коэффициенты важности  $\Gamma_j$  и  $\gamma_i$ . Это значит, что мы получили почти всю информацию, необходимую для построения функции агрегирования как отдельных групп, так и терминальных критериев в них. Осталось выбрать только функцию для сворачивания оценок отдельных групп и частных критериев в обобщенный критерий.



Рис. 2.10. Номограмма-классификатор способов оценки важности критериев и их групп в ИСС

Так вот, основное преимущество методики семантического структурно-компенсационного исследования состоит в том, что для каждой группы критериев ИСС предлагается формирование своего (в общем случае отличного от остальных) локального обобщенного показателя. Локальный обобщенный показатель отражает особенности компенсации значений отдельных критериев именно в данной группе. В итоге иерархия целей операции и соответствующая ей семантическая структура частных критериев порождает ИКС для агрегирования частных компонентов векторного критерия. Таким образом, видим, что между обеими структурами существует и постоянно поддерживается вполне "осязаемая" для ЛПР связь.

На рис. 2.11 представлен пример ИКС для какой-то отдельной группы, состоящей из восьми частных критериев  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_8$ .

Прямоугольниками на рис. 2.11 обведены подгруппы рассматриваемой группы критериев, которые будут локально сворачиваться с использованием какого-то вполне определенного типа агрегирующей функции. Выражение  $\varphi_s(.)$  как раз и означает конкретный  $s$ -й вид функции свертки.

Процесс агрегирования геометрически представлен на рис. 2.11 в виде стрелок, направленных от соответствующих подгрупп критериев к эллипсу с вписанным в него типом функции свертки. Анализ примера на рис. 2.11 позволяет сделать вывод о том, что сворачиваться могут не только отдельные частные критерии в подгруппах, но и подгруппы между собой. Например, с использованием свертки вида  $\varphi_1(.)$  сворачиваются три критерия из подгруппы  $\{W_1, W_2, W_3\}$ , критерии  $\{W_4, W_5\}$  локально агрегируются сверткой типа  $\varphi_2(.)$ ,  $\varphi_3(.)$  является сверткой критериев  $\{W_6, W_7\}$ , после чего функция  $\varphi_5(.)$  сворачивает три уже свернутые подгруппы

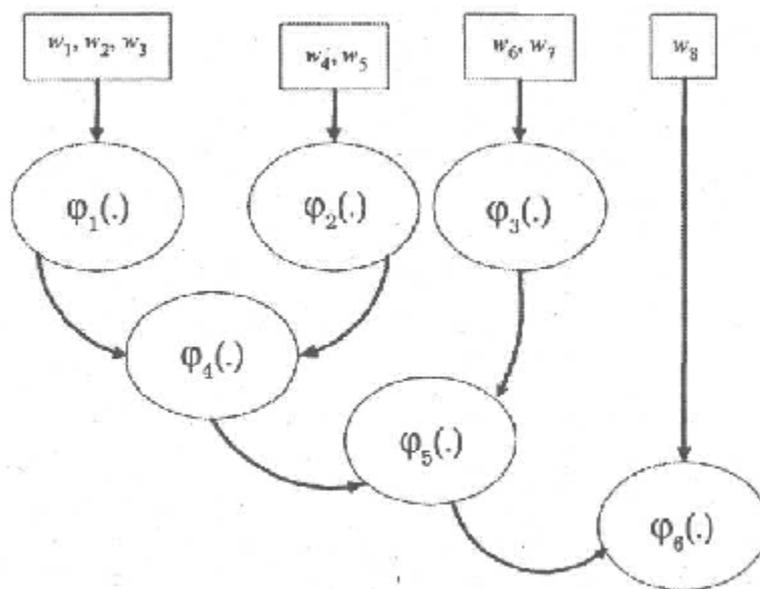


Рис. 2.11. Пример ИКС для группы критериев

$$\{W_1, W_2, W_3\}, \{W_4, W_5\} \text{ и } \{W_6, W_7\}.$$

Свертка вида  $\varphi_6(.)$  сворачивает полученный с помощью свертки вида  $\varphi_5(.)$  результат со значениями терминального частного критерия  $W_8$ .

Следует отметить, что в случае построения иерархической компенсационной структуры для одной группы критериев (групповых или терминальных), важность  $Y$ , каждого из критериев рассматриваемой группы обязательно должна быть пересчитана. Иначе относительная важность подгруппы частных критериев, объединяемых в рамках общей для этой подгруппы схемы компенсации, может кардинально исказиться. Поясним это на примере. Пусть рассматривается группа критериев, входящих в глобальный критерий, которая сворачивается с абсолютной суммарной (линейной) степенью компенсации. Эту функцию можно представить как сумму двух сумм, т. е.

$$\begin{aligned} & \gamma_1 W_1 + \gamma_2 W_2 + \gamma_3 W_3 + \gamma_4 W_4 + \gamma_5 W_5 = \\ & = \gamma_1 W_1 + \gamma_2 W_2 + \gamma_3 W_3 + \gamma_{45} (\gamma_4^* W_4 + \gamma_5^* W_5), \end{aligned}$$

где коэффициенты  $\gamma_{45}$ ,  $\gamma_4^*$ ,  $\gamma_5^*$  должны подбираться так, чтобы выполнялось равенство значений сумм (глобального критерия). Следовательно, должно выполняться равенство:  $\gamma_4 W_4 + \gamma_5 W_5 = \gamma_{45} (\gamma_4^* W_4 + \gamma_5^* W_5)$ , из которого следует, что

$$\gamma_{45} = \gamma_4 + \gamma_5, \gamma_4^* = \frac{\gamma_4}{\gamma_4 + \gamma_5}, \gamma_5^* = \frac{\gamma_5}{\gamma_4 + \gamma_5}.$$

Таким образом, укрупненная методика построения функции агрегирования на основе локальных обобщенных показателей включает следующие действия:

1. Построить ИСС критериев, определить оценки  $\Gamma_j$  важности групп.
2. Оценить важность критериев внутри каждой финальной группы. Рациональный способ оценивания выбрать, сообразуясь с важностью и уровнем иерархии группы.
3. При необходимости скорректировать оценки важности групп и критериев внутри их с учетом возможных конфигураций, которые могут образовывать группы и критерии между собой.
4. Выделить группы критериев, вносящие "основную долю вклада" в достижение цели на данном уровне иерархии. На основании анализа значений коэффициентов  $\Gamma_j$  важности групп и в соответствии с правилом "20/80" установить подгруппу критериев, вносящую "основную долю вклада" для рассматриваемого уровня иерархии.
5. В каждой группе на основании анализа значений коэффициентов  $\gamma_j$  критериев в ней выделить критерии, вносящие "основную долю вклада" в данной группе (также по правилу "20/80").
6. Проанализировать группы по п. 4 с целью установления допустимой степени компенсации между обобщенными оценками, которые будут вычислены для групп.
7. Проанализировать подгруппы по п. 5 в них с целью установления допустимой степени компенсации между оценками критериев в каждой группе.
8. На основании ИСС по п. 1 и результатов анализа по п. 6 и 7 построить ИКС для формирования агрегирующего критерия.
9. Для каждой из альтернатив ЛПР оценить значения всех терминальных критериев. После чего в соответствии с ИКС, двигаясь вверх по уровням ее структуры, произвести последовательное "сворачивание" значений оценок финальных критериев в агрегированный.
10. Все альтернативы упорядочить по значениям нормированных ценностей, приписанных им агрегирующим критерием.

Обратим внимание еще на одну из особенностей предлагаемой методики. Эта особенность состоит в том, что выбор вида свертки для агрегированного критерия в подгруппе в соответствии со сформированной ИКС производят с учетом степени допустимой компенсации не всех групп рассматриваемого уровня ИСС и не всех критериев каждой группы, а только той их части, которая дает "основную долю вклада". Это делается для групп на каждом из уровней ИСС. Подобный прием позволяет не сковывать себя ограничением по числу групп и числу критериев в группе, что создает более комфортные условия для работы ЛПР и экспертов. После определения коэффициентов важности и применения правила "20/80" задача редукции числа групп и числа критериев в группах будет решена автоматически.

На основе рассмотренного метода семантического структурно-компенсационного исследования в 1994 г. разработана концепция машинной реализации интерактивной проблемно-ориентированной системы эвристического выбора (ИПОС ЭВ). Концепция получила условное имя "DE MIS" (Decision Making Interactive System), которая реализована в виде программы для ПЭВМ в 1995 г. с именем "DEMIS". Многолетняя эксплуатация ИПОС ЭВ "DEMIS" показала высокую эффективность этого программного продукта.

### **3. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Задачи обоснования решений в условиях неопределенности имеют ряд отличительных особенностей по сравнению с уже рассмотренными задачами. Поскольку для задач в условиях неопределенности

каждой фиксированной альтернативе соответствует не один (вполне определенный), а множество возможных результатов, ЛПР существенно затруднено в выборе наилучшей альтернативы. При принятии решения для ЛПР значимыми обстоятельствами становятся не только размерность векторного критерия и важность отдельных его компонентов, но и величины предполагаемых выигрышей и потерь в каждой ситуации, а также характеристики степени возможности проявления тех или иных исходов. Другими словами, в подобных условиях для ЛПР становится далеко не безразличной степень риска, обусловленного возможностью получения неблагоприятных результатов из-за неопределенности ситуации принятия решений.

Следует иметь в виду, что, обосновывая решение в условиях риска, ЛПР вынуждено упрощать ситуацию, учитывать минимум основных компонентов. В результате при описании рискованных исходов ЛПР оперирует значениями оценок результатов, степенью подверженности возможным потерям, а также оценками возможности получения выигрышей. Естественно, что при этом для рационально мыслящего ЛПР наименее рискованной следует признать ту альтернативу, которой одновременно присущи:

- ◆ наибольшая уверенность суждений о исходах;
- ◆ наибольшая точность оценки степени возможности исходов;
- ◆ наибольшая предпочтительность величины выигрышей;
- ◆ наибольшая вероятность выигрышей;
- ◆ наименьшие потери;
- ◆ наименьшая степень возможности подвергнуться неблагоприятному исходу.

Однако, как правило, значения указанных характеристик исхода для разных альтернатив сочетаются так, что не позволяют ЛПР сразу, с одного взгляда, вынести суждение о предпочтительности. В подобных ситуациях приходится глубже разбираться в обстоятельствах, применять специальные эвристические и формальные методы решения задачи выбора. И не всегда эти методы просты. Иная задача требует от ЛПР специальных теоретических знаний, специальных умений и т. п.

Но ведь ЛПР не может (и не обязано) знать всего, что может потребоваться для решения произвольной задачи выбора в условиях риска. Следовательно, рациональный подход в изучении технологии и методов разработки решений должен состоять в том, чтобы выяснить, с какими типами "механизмов" рискованных ситуаций чаще всего сталкивается ЛПР того или иного уровня руководства. Если это будет сделано, тогда далее можно будет целенаправленно, по мере необходимости, по частям изучать сложные методы анализа риска и совершенствоваться в их применении.

На рис. 3.1 представлена диаграмма упорядочения основных типов задач принятия решений в условиях неопределенности. Упорядочение произведено на основе анализа частоты решения тех или иных "рискованных" задач ЛПР различных концептуальных уровней иерархии управления. Эти концептуальные уровни соответствуют уже изученным нами в п. 1.31 (см. табл. 1.3.3).

Для удобства отображения на диаграмме основным типам "рискованных" задач присвоены краткие наименования отражающие свойства того или иного источника риска. Та задача принятия решений в условиях стохастической неопределенности получила краткое обозначение "Случайность", в условиях поведенческой неопределенности – "Конфликт", а в условиях действия природно-неопределенных факторов – "Природа". На горизонтальной линии диаграммы отмечены "зоны ответственности" ЛПР на различных концептуальных уровнях руководства – "Исполнитель", "Администратор", "Руководитель звена отрасли" и "Высшее руководство".



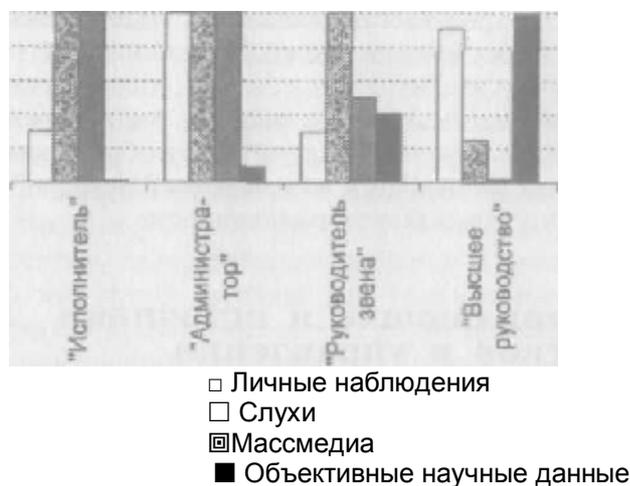
**Рис. 3.1.** Диаграмма упорядочения основных типов задач принятия решений в условиях неопределенности для ЛПР на различных уровнях иерархии управления

Частоты обращения ЛПР к тем или иным типам задач моделируются высотами прямоугольников и задают уровни упорядочения задач. При этом чем высота прямоугольника больше, тем соответствующая задача чаще встречается в практике руководства ЛПР данного иерархического уровня. Внутри прямоугольников вписаны краткие наименования типов задач. Анализ диаграммы на рис. 3.1 показывает, что, например, для ЛПР уровня "Исполнитель" типичной оказывается задача принятия решений в условиях стохастического риска. Здесь действуют типичные механизмы случайности типа: ошибки измерения, поломки, отказы и т. п.

Примерно такая же частота решения задач в условиях случайности наблюдается и для категории "Высшее руководство". Однако причина того, что основным типом задачи принятия решений здесь оказывается "Случайность" – иная. На столь высоком уровне руководства результат взаимодействия огромного числа взаимодействующих факторов самой разнообразной природы нивелирует их последствия до статистической закономерности. Примерно столь же часто на высшем уровне руководства приходится решать задачи в условиях природного риска.

Задачи принятия решений в условиях природной неопределенности весьма характерны для деятельности "Руководителя звена", а разрешение "Конфликта" – типичная работа "Администратора" и все того же "Руководителя звена". И еще одно замечание. Мы не раз отмечали, что когда ЛПР анализирует проблемную ситуацию с неопределенным исходом, оно одновременно принимает для себя решение о том, каков "ведущий тип неопределенности". В основу суждения им кладутся информация, полученная на основе объективных научных данных, сообщения по линии массмедиа, личные наблюдения (собственные представления о типе механизма ситуации), мнения экспертов, слухи и многое другое. Но хорошо известно, что на разных уровнях иерархии управления ЛПР по-разному оценивают точность, надежность, достоверность сведений, поступающих из разных источников. Другими словами, они по-разному им верят, придают разный вес. Степень доверия ЛПР информации о типе риска, природе "механизма ситуации", полученной из того или иного источника, также удобно отобразить в виде прямоугольной диаграммы. На рис. 3.2 представлена диаграмма упорядочения источников информации для принятия решения о типе "механизма ситуации" для ЛПР на различных уровнях иерархии управления.

Уровни упорядочения источников информации



**Рис. 3.2.** Диаграмма упорядочения источников информации для принятия решения о типе "механизма ситуации" для ЛПР на различных уровнях иерархии управления

Так, из анализа диаграммы на рис. 3.2 следует, что на уровне "Исполнителя" в качестве основных источников информации рассматриваются слухи и сведения, полученные из средств массовой информации. А вот на уровне "Высшего руководства" предпочитают больше доверять объективным научным данным, а также личным наблюдениям и опыту. "Администратору" в силу особенностей его деятельности почти не приходится оперировать точными научными данными. Он действует, используя в основном текущую информацию, слухи, опираясь на интуицию и личный опыт. Что касается "Руководителя звена", то львиную долю необходимой для руководства информации такое ЛПР получает от своего ближайшего окружения, на уровне слухов. Однако статус такого руководителя требует от него постоянно прибегать к информации из официальных источников, справочников, из приказов вышестоящего руководства и должностных инструкций, а также из средств массовой информации. Это, в определенной степени, делает его заложником навязываемых извне мнений, сковывает личную инициативу для принятия решений о типе "механизма ситуации". Следовательно, все из перечисленных обстоятельств также будут влиять на то, какой из возможных типов неопределенности ЛПР отнесет к "ведущему типу" и какие модели анализа решений ЛПР применит.

И все же, ради систематизации знаний, ради перспективы целесообразно обязательно получить хотя бы минимум теоретических знаний по каждому из известных методов обоснования решений в условиях неопределенности.

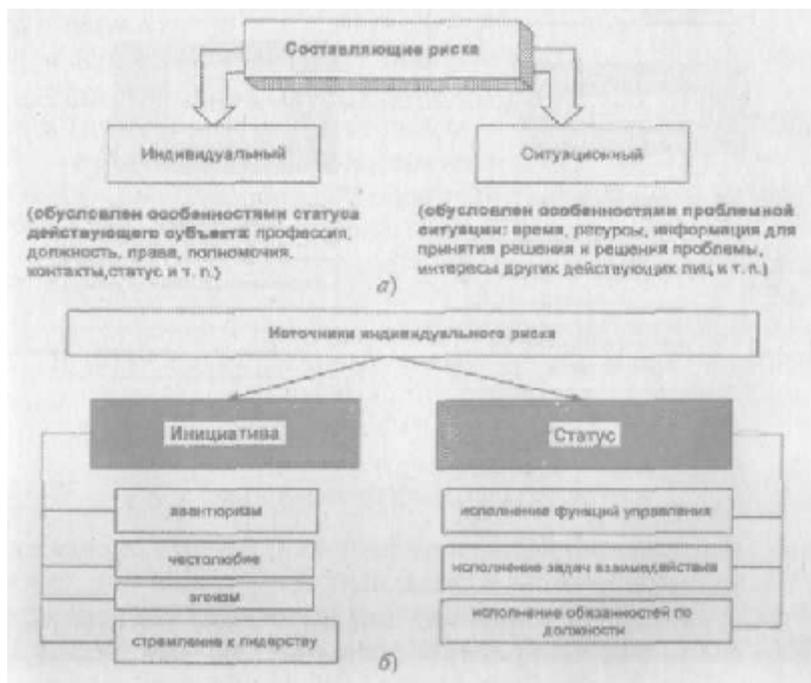
### 3.1. Составляющие и источники рисков в управлении

Рискует всегда конкретные люди. Иных заставляют рисковать их амбиции, стремление к лидерству, честолюбие или авантюризм. Других толкает на риск профессия, их социальный и общественный статус. Любая организация, чтобы добиться высокой эффективности своего функционирования, действует в соответствии с принципом разделения труда. В таком случае одни отдают распоряжения и несут ответственность за их последствия, другие – выполняют конкретные поручения и здесь добиваются успеха или их постигает неудача. Другими словами, и одни и другие рискуют, но по-своему. В то же время разделение труда предполагает, в первую очередь, делегирование определенных полномочий и свободы принятия решений членам организации. И здесь кроется определенная ловушка для организации: индивидуальный риск отдельного субъекта становится ее риском. Кроме того, следует иметь в виду, что на различных должностях, для разных статусов субъектов уровни риска могут существенно различаться, однако сказать, кто или что "главный источник риска" подчас далеко не просто. Поэтому ответы на вопросы об источниках и составляющих риска, несомненно, помогут грамотному управленцу принять верное решение и о расстановке кадров, и о том, какими полномочиями их наделить, и о том, каких рискованных последствий от деятельности подчиненных следует ждать.

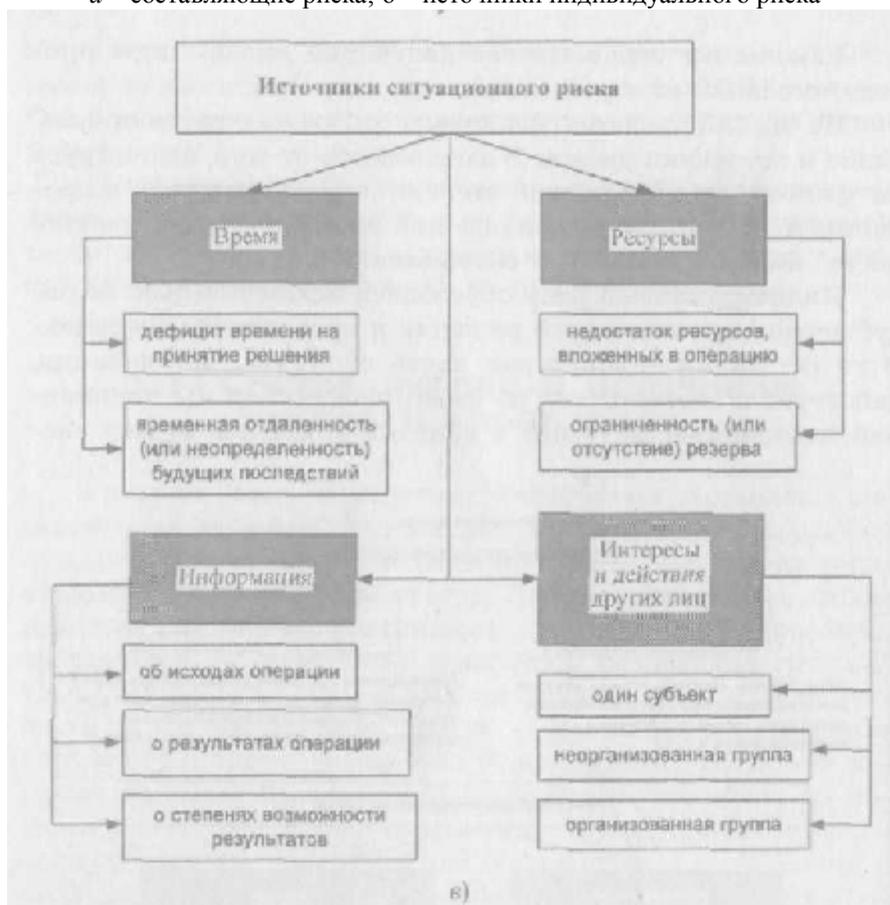
Каковы же основные составляющие риска, виды рисков, источники их появления?

На рис. 3.3 представлена схема, отображающая составляющие и источники рисков. В зависимости от того, какие группы факторов в наибольшей степени определяют риск в проблемной ситуации, выделены две главные составляющие риска: **индивидуальный и ситуационный**.

Индивидуальный риск обусловлен исключительно самим субъектом, принимающим решения и проводящим операцию. В то же время человек как часть общества, организации, действует в соответствии со своей профессией и с занимаемой должностью, вступает в деловые контакты, отдает распоряжения и исполняет чужие решения. Все это определяют его общественная роль, социальный статус.



**Рис. 3.3.** Составляющие и источники рисков:  
а – составляющие риска; б – источники индивидуального риска



**Рис. 3.3.** Составляющие и источники рисков:  
в – источники ситуационного риска

Так, например, охранник фирмы обязан рисковать, не только выполняя конкретную поставленную ему задачу, но помимо этого – прикрывать товарищей, спасать жизнь руководителю.

К ситуационной составляющей риска отнесем все, что непосредственно не зависит от рискующего индивида, а составляет, так сказать, операциональный контекст. Ясно, что практически в любой операции ЛПР испытывает ряд затруднений из-за того, что ему не хватает или времени, или ресурсов, или информации для принятия решений и проведения операции. Кроме того, интересы и действия других лиц, втянутых в операцию ЛПР, возможно, далее против их воли, могут существенно повлиять на качество исхода операции, а иногда даже – привести к срыву операции ЛПР. Следовательно, для ЛПР важно знать и учитывать возможные ответы на следующие вопросы.

- ◆ Кто эти другие субъекты, чьи интересы затрагиваются операцией, проводимой ЛПР?
- ◆ Почему это их "трогает" и почему они будут реагировать?
- ◆ Как конкретно могут отреагировать эти "другие лица" на действия ЛПР и в какой форме?
- ◆ С какой интенсивностью будут протекать эти реакции и будут ли они кратковременными, "взрывными" или примут "затяжной" характер, будут ли достаточно устойчивыми во времени?
- ◆ Какие дополнительные решения в связи с этим потребуются принять?

От полноты и правильности ответов на подобные вопросы зависят подверженность ЛПР ущербу и сам возможный ущерб его интересам. Ведь, в конечном итоге людьми всегда управляют их интересы.

Наконец, значительный риск возникает при принятии ЛПР решений без учета того, какой уровень потребностей других лиц эти решения затрагивают. Например, большинство решений человека, связанных с удовлетворением его личных потребностей, связанных с обеспечением необходимой защиты и безопасности, с биологическим выживанием для него и его семьи заставляют его подчас жестоко рисковать. Решение указанных "бытовых" проблем довлеет над психикой человека, делает его эгоистичным, заставляет проявлять невиданную склонность к риску. А раз это так, то ЛПР следует помнить, что чем более низкий уровень потребностей субъекта затрагивает деятельность ЛПР, тем более решительно будет действовать этот субъект ради удовлетворения своих потребностей. Другими словами, если ЛПР не хочет сознательно повышать ситуационный риск, ему не следует без необходимости своими действиями затрагивать первичные потребности и интересы других людей. И еще. Чем сильнее у субъекта агрессивные установки и потребность в доминировании, тем более высокий уровень риска он допускает. Важно также знать, что, как правило, решения, принимаемые коллегиально, оказываются более рискованными, чем принимаемые индивидуально, а решения, последствия которых проявляются спустя значительное время, также обычно более рискованные, чем решения, чьи последствия проявляются почти мгновенно или с небольшой задержкой после их реализации.

А как насчет нерешительности, которая также может быть источником риска?

Оказывается, что нерешительность чаще всего проявляется и имеет наиболее тягостные последствия во время принятия решений стратегического характера, на уровне "Высшего руководства". Вот как, например, по этому поводу говорил М. И. Драгомиров, характеризуя императора Николая II: "Сидеть на троне – статен, стоять во главе государства – неспособен решительно" [30]. Кроме того, нерешительность возникает на любом уровне, когда у ЛПР есть трудности в оценке полезности альтернатив или когда оценки полезности близки по величине.

К сожалению, знание этих закономерностей не означает, что ЛПР успешно может этим знанием воспользоваться. Руководители разного уровня часто ошибочно полагают, что если некая организационная структура или некий род деятельности прекрасно "работают" на бумаге, то они также хорошо будут работать и в жизни. Это далеко не так. Прежде всего он должен подбирать людей на должности так, чтобы было как можно большее соответствие их личной склонности к риску и тем уровнем риска, который эта должность допускает. Нужно обучать будущих исполнителей знаниям и умениям по занимаемой должности. Но при этом постоянно помнить, как сказал Монтень, что можно передать знания и опыт, но нельзя передать умения воспользоваться ими. Поэтому нужно готовить исполнителей так, чтобы они постепенно приобрели такое умение – воспользоваться в нужный момент приобретенными знаниями. А это возможно, только если обучение и тренировки не будут идти по шаблону.

Для снижения уровня риска ЛПР должно конкретно ставить исполнителям задачу и одновременно сообщать им четкие критерии достижения цели, предоставлять исполнителям необходимую свободу принятия локальных решений в рамках конкретных обстоятельств. В целях снижения уровней риска ЛПР обязано лично постоянно координировать работу исполнителей и побуждать их выполнять ее как

можно более качественно. Короче говоря, ЛПР должно РУКОВОДИТЬ. Руководство должно быть непрерывным. Оставаясь длительное время без руководства, любое дело, как и автомобиль, может двигаться только в одном направлении – под откос!

Таким образом, для обеспечения необходимого соответствия между возможным уровнем индивидуального риска в операции и допустимым, для обеспечения наименьшего уровня ситуационного риска ЛПР следует хорошо знать составляющие риска в операции и особенности проявления тех или иных из них.

### 3.2. Технологии принятия решений в условиях стохастического риска

В случае стохастической неопределенности у ЛПР имеется полная информация о степени возможности тех или иных исходов операции для каждой стратегии в виде вероятностного распределения на множестве возможных результатов.

Часто ошибочно полагают, что использование каких-то отдельных характеристик распределения вероятностей результата очень просто устраняет трудность выбора наилучшего решения. Например, чаще всего используют математическое ожидание результата, иногда – дисперсию. Однако, как показывает практика, выбор на основе таких характеристик не всегда согласуется с личными представлениями ЛПР о наилучшей альтернативе. В частности, это объясняется также и тем, что, описывая задачи с риском, ЛПР редко использует такие теоретические понятия, как "распределение вероятностей", "случайная величина", "квантиль" и т. п. Вместо них человек обычно оперирует такими малоформализуемыми понятиями, как "шансы на выигрыш", "возможность неудачи", "тяжесть последствий" и др. Он их воспринимает как более привычные, а потому – и более надежные. Хотелось бы, чтобы правила выбора также использовали подобные простые и понятные ЛПР суждения; чтобы на основе таких суждений можно было отыскивать сначала эффективные, а при необходимости – и наилучшие альтернативы.

В этой связи хорошо согласуется с данными практики следующая **вербальная формулировка принципа стохастического доминирования**: *тот вариант решения лучше, для которого выше вероятность получения более предпочтительного результата.*

Другими словами, для того чтобы установить, какой из двух вариантов –  $a$  или  $b$  – решения лучше, ЛПР просто необходимо последовательно "перебрать" все возможные текущие значения  $t$  результата  $y$  и проверить, какая из вероятностей больше:  $P(Y(a) \geq t)$  или  $P(Y(b) \geq t)$ .

Если для всех  $y = t$ , например, оказывается, что  $P(Y(a) \geq y) \geq P(Y(b) \geq y)$ , то, следовательно,  $a \succsim b$ , и альтернатива  $b$  стохастически доминируется. Формальный вид этого правила стохастического доминирования представлен выражением (3.1):

$$a \succsim b \Leftrightarrow Fa(y) \leq Fb(y), \text{ для всех значений } y, \quad (3.1)$$

где  $Fa(y) = P(Y(a) \leq y)$  – функция распределения результата  $Y$  для альтернативы  $a$ .

Проверку на доминируемость по правилу (3.1) технологически эффективно проводить визуально. Для этого следует изобразить графики функций  $Fa(y)$  и  $Fb(y)$  в одной системе координат и выбрать ту альтернативу, график функции распределения результата для которой лежит геометрически ниже. Если случайный результат  $Y$  дискретен и имеет не очень много возможных значений  $y_i$ , то для графической проверки на недоминируемость удобно использовать стандартную лепестковую диаграмму из пакета *Excel*, которая является аналогом полярной системы координат. В качестве примера в табл. 3.1 представлены значения (в сотых долях) функции  $Fa(y)$  распределения непрерывного результата  $Y(a)$  для четырех альтернатив.

Таблица 3.1

**Значения функции  $Fa(y)$  распределения результатов  $Y(a)$**

Альтернативы	Значения $y_i(a)$ результатов $Y(a)$									
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$
$a_1$	15	40	60	70	80	85	90	95	97	99
$a_2$	0	0	30	55	70	80	85	90	91	92
$a_3$	0	5	9	11	18	20	22	27	29	30
$a_4$	0	0	0	5	12	22	45	70	90	95

Пусть для определенности более предпочтительным для ЛПР является значение результата с большим индексом (т. е. значение  $y_{10}$  предпочтительнее значения  $y_9$ , которое в свою очередь более предпочтительно, чем  $y_8$  и т. д., а значение  $y_1$  – наименее предпочтительное).

На рис. 3.4 представлены графики функций распределения результатов для этих альтернатив. Сравнительный анализ графиков показывает, что альтернатива  $a_1$  доминируется альтернативами  $a_2$ ,  $a_3$  и  $a_4$ , которые между собой несравнимы по правилу стохастического доминирования, заданного соотношением (3.1).

Теперь посмотрим, как эти же графики выглядят на лепестковой диаграмме, представленной на рис. 3.5. Видно, что график функции  $Fa(y)$  распределения результата  $Y(a)$  доминируемой альтернативы  $a_1$  занимает положение на периферии области лепестковой диаграммы ближе к значениям, равным единице. Графики функций  $Fa(y)$  распределения результатов  $Y(a)$  для недоминируемых альтернатив концентрируются ближе к центру диаграммы, где значения функции равны нулю. Таким образом, видно, что чем "более недоминируема" альтернатива, тем ближе линия графика функции  $Fa(y)$  распределения результатов  $Y(a)$  для нее к центру лепестковой диаграммы.

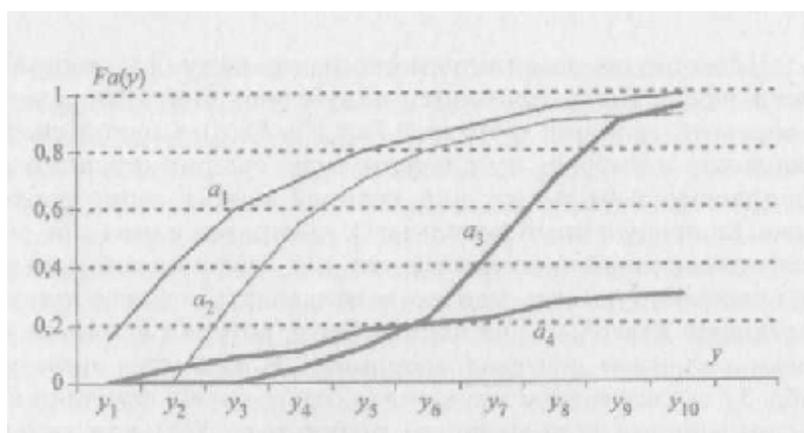


Рис. 3.4. Графики функций распределения результатов для альтернатив

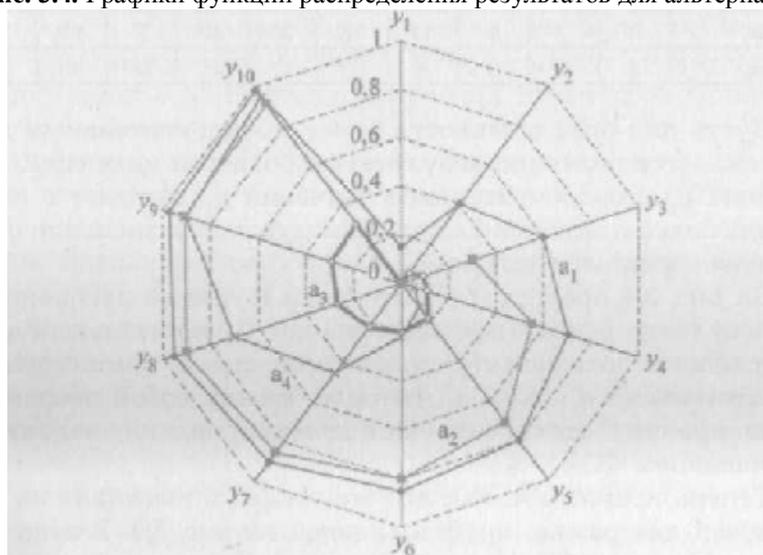


Рис. 3.5. Лепестковая диаграмма

Очевидно, что отношение стохастического доминирования, задаваемое выражением (3.1), несвязно, так как неравенство в правой части выражения может не выполняться для всех значений результата. Ввиду этого оно обладает достаточно слабой разрешающей способностью и незначительно сокращает объем исходного множества альтернатив. Возможно также применение и более сложных принципов стохастического доминирования.

Последующее сужение множества выбора возможно лишь при использовании дополнительной информации о предпочтительности того или иного решения. Как уже отмечалось, часто в качестве

такой информации выступают сведения о предпочтительности в среднем, предпочтительности по уровню гарантии получения результатов или предпочтительности по уровню самого гарантированного результата. Получение от ЛПР подобной информации означает, что лицо, принимающее решения, как бы безразлично к риску (подробнее смысл "безразличия к риску" будет пояснен ниже) и стремится использовать для анализа только объективные характеристики распределения вероятностей.

Если требуемый результат  $y^{TP}$  выполнения задачи определен, то в качестве целевой функции  $w$ , экстремум которой моделирует выбор ЛПР, можно рассматривать вероятность получения результата не хуже требуемого (ее также называют "критерий вероятностной гарантии", "вероятность выполнения поставленной задачи"), а также обратную к ней функцию:

$$\begin{cases} w(a) = P(Y(a) \geq y^{TP}); \\ w(a) = y_{\gamma}, \end{cases} \quad (3.2)$$

где  $y_{\gamma}$  "вероятностно-гарантированный результат", определяемый из соотношения  $P(Y(a) \geq y_{\gamma}) = \gamma$ , причем  $\gamma$  – требуемая вероятность выполнения поставленной на операцию задачи.

Если требуемый результат не указан и желательно, чтобы достигаемый эффект был бы как можно выше, то используют показатель вида

$$w(a) = M[Y(a)], \quad (3.3)$$

а также

$$w(a) = D[Y(a)], \quad (3.4)$$

где  $M[.]$  и  $D[.]$  – операторы математического ожидания и дисперсии соответственно.

Лицо, принимающее решение, редко ограничивается использованием только объективных характеристик распределения результата. Так, во многих случаях ЛПР принимает во внимание два фактора: среднюю величину результата (3.3) и характеристику кучности результатов, например в виде дисперсии, задаваемой выражением (3.4). Исследования показывают, что для каждой величины дисперсии результатов существует вполне определенная компенсирующая величина среднего результата, делающая вариант решения вполне привлекательным. Другими словами, человек может пойти на риск не оттого, что риск для него "привлекателен" (имеет положительную ценность), а потому, что он рассчитывает на получение более высокого положительного эффекта.

Учитывая перечисленные обстоятельства, часто используют следующий показатель, значение которого максимизируют:

$$w(a) = (1 - \varepsilon) M^2[Y(a)] - \varepsilon D[Y(a)], \quad (3.5)$$

где  $0 < \varepsilon < 1$  – коэффициент, учитывающий отношение ЛПР к риску.

Если ЛПР абсолютно не предрасположено к риску, то полагают  $\varepsilon = 1$ , если абсолютно предрасположено, то  $\varepsilon = 0$ . Если ЛПР стремится как-то сбалансировать риск, то значение  $\varepsilon$  выбирают из интервала  $[\mu, \nu]$ , при этом полагают:

$$\begin{aligned} \mu &= \min_a \left\{ \frac{M^2[Y(a)]}{M[Y^2(a)]} \right\}; \\ \nu &= \max_a \left\{ \frac{M^2[Y(a)]}{M[Y^2(a)]} \right\}. \end{aligned}$$

Иногда в ходе операции неопределенность раскрывается постепенно, по мере поступления информации. В этом случае для обоснования решений удобно использовать такой объективный критерий, как апостериорная вероятность события. Саму эту вероятность проще всего вычислять с использованием формулы Байеса в терминах шансов. Рассмотрим суть этого подхода.

Пусть, например, ЛПР решает, вложить ли деньги в покупку акций строительной фирмы. Очевидно, что эффективность инвестиций будет зависеть от того, ожидается ли в ближайшее время улучшение конъюнктуры на этом рынке.

Если "конъюнктура благоприятна", то следует предпринять решительные шаги, чтобы захватить

лидерство на рынке. С целью проведения формального анализа гипотезу о том, что "конъюнктура рынка улучшилась, рынок оживился" обозначим  $H_1$  а гипотезу об альтернативном состоянии рынка и его стагнации обозначим через  $H_2$ . Вывод о том, что "обстановка благоприятна" (истинна гипотеза  $H_1$ ) или что "обстановка неблагоприятна" (истинна гипотеза  $H_2$ ) будем строить на основе оценки значений вероятностей истинности первой или второй гипотез.

Пусть известны априорные оценки вероятностей  $P(H_1)$  и  $P(H_2)$ , причем очевидно, что в сумме эти вероятности дают единицу. В течение некоторого отведенного ЛПП времени персонал фирмы наблюдает и фиксирует те или иные факты  $f \in F$  (события), которые происходят на рынке. Экономическая и финансовая разведки оценивают условные вероятности  $P(f/H_1)$  и  $P(f/H_2)$  появления этих событий при тех или иных истинных состояниях  $H_1$  или  $H_2$  персонала конкурента.

В течение отведенного времени были зафиксированы следующие события:

- $f_1$  – увеличение объемов накоплений у населения;
- $f_2$  – увеличение интенсивности публикаций в СМИ, связанные с жилищным строительством;
- $f_3$  – увеличение числа обращений в риелторские фирмы;
- $f_4$  – увеличение интенсивности перевозок на транспорте;
- $f_5$  – повышение активности политиков в жилищном законодательстве и др.

Как можно использовать эту информацию для принятия решения?

Известна формула Байеса:

$$P(H_i/D) = \frac{P(DH)}{P(D)} = \frac{P(D/H_i)P(H_i)}{P(D)}, \quad (3.6)$$

где  $D$  – некоторое событие, которое может наступать совместно с  $H_1$ ;

$P(D)$  – полная вероятность события  $D$ , определяемая по формуле полной вероятности:

$$P(D) = \sum_i [P(H_i)P(D/H_i)]$$

Формула Байеса – это очень удобная модель для прогнозирования ситуаций в экономике, где как раз информация поступает в дискретные моменты времени. При этом в качестве вероятностей событий и фактов могут быть использованы экспертные оценки, полученные от должностных лиц аппарата управления организации.

Поскольку вариантов вывода об истинном состоянии обстановки только два ( $i = 1, 2$ ), то при последовательном поступлении информации удобно апостериорные вероятности  $P(H_i/f_1)$ ,  $P(H_i/f_1 f_2)$ , ...,  $P(H_i/f_1, f_2, \dots, f_k)$  вычислять не по формуле (3.6), а через отношение

$$R_k = \frac{P(H_1/f_1, f_2, \dots, f_k)}{P(H_2/f_1, f_2, \dots, f_k)}$$

вероятностей гипотез после  $k$ -го шага поступления информации.

При необходимости их затем всегда можно будет пересчитать в абсолютные величины, если учитывать, что  $P(H_1) + P(H_2) = 1$ .

Обозначим через  $R_0 = \frac{P(H_1)}{P(H_2)}$  — априорное соотношение вероятностей гипотез (т. е. до поступления информации), а

через

$$R_1 = \frac{P(H_1/f_1)}{P(H_2/f_1)}$$

– соотношение вероятностей после фиксации первого  $f_1$  факта. Тогда обозначение

$$R_k = \frac{P(H_1/f_1, f_2, \dots, f_k)}{P(H_2/f_1, f_2, \dots, f_k)}$$

будет иметь смысл отношения апостериорных вероятностей после фиксации последовательности  $f_1, f_2, \dots, f_k$  фактов.

Проведем очевидные преобразования:

$$R_1 = \frac{P(H_1/f_1)}{P(H_2/f_1)} = \frac{\frac{P(f_1/H_1) \cdot P(H_1)}{P(f_1)}}{\frac{P(f_1/H_2) \cdot P(H_2)}{P(f_1)}} = \frac{P(f_1/H_1)}{P(f_1/H_2)} \cdot \frac{P(H_1)}{P(H_2)} = R_0 \cdot \frac{P(f_1/H_1)}{P(f_1/H_2)}$$

Таким образом, после поступления информации о наступившем событии  $f_1$  исходное априорное соотношение  $R_0$  изменится и станет равным  $R_1$ . Отношение  $R_1$  легко вычислить через  $R_0$  и оценку отношения условных вероятностей появления факта  $f_1$

Обозначим через  $S_1$  отношение  $\frac{P(f_1/H_1)}{P(f_1/H_2)}$  вероятностей зафиксировать факт  $f_1$  при условии истинности гипотез  $H_1$  и  $H_2$ , соответственно. Другими словами,  $S_1$  — это шанс получить событие  $f_1$  в условиях  $H_1$  против условия  $H_2$ . Например, если  $P(f_1/H_1) = 0,5$ , а  $P(f_1/H_2) = 0,3$ , то  $S_1 = 0,5:0,3 = 5:3$  — это, по сути, соотношение шансов, т. е. благоприятных возможностей. Величина  $S_1$  свидетельствует, что шансы появиться событию для  $f_1$  в ситуации  $H_1$  против появления этого же события, но в ситуации  $H_2$  соотносятся как 5 к 3.

Тогда в принятых обозначениях получим  $R_1 = R_0 S_1$ .

Если теперь зафиксирован новый факт  $f_2$ , мы имеем последовательность  $\langle f_1, f_2 \rangle$ , для которой вновь можем вычислить отношение  $R_2 = \frac{P(H_1/f_1, f_2)}{P(H_2/f_1, f_2)}$  апостериорных вероятностей.

Получим выражение для  $R_2$ :

$$R_2 = \frac{\frac{P(f_2/f_1 H_1) P(H_1/f_1)}{P(f_1 f_2)}}{\frac{P(f_2/f_1 H_2) P(H_2/f_1)}{P(f_1 f_2)}} = \frac{P(f_2/H_1 f_1) P(H_1/f_1)}{P(f_2/H_2 f_1) P(H_2/f_1)} = \frac{P(f_2/H_1 f_1)}{P(f_2/H_2 f_1)} \cdot \frac{P(H_1)}{P(H_2)} \cdot \frac{P(f_1/H_1)}{P(f_1/H_2)} = R_0 S_1 S_2.$$

Продолжая аналогичные рассуждения  $k$  раз, получим соотношение  $R_k$  между апостериорными вероятностями  $P(H_1/f_1, f_2, \dots, f_k)$  и  $P(H_2/f_1, f_2, \dots, f_k)$  которое будет иметь вид:

$$R_k = R_0 \prod_{i=1}^k S_i, \quad (3.7)$$

Следовательно, чтобы по последовательно получаемой информации  $\langle f_1, f_2, \dots, f_k \rangle$  принимать решения, нужно выполнить следующие шаги:

- ◆ задать пороговое значение  $R^{TP}$  для соотношения шансов ситуаций  $H_1$  и  $H_2$ ;
- ◆ зафиксировать факт  $f_1$ ;
- ◆ запросить у экспертов оценку  $S_1$  шансов появиться событию  $f_1$  при  $H_1$  против ситуации  $H_2$ ;
- ◆ вычислить  $R_1$  по формуле (3.7) и сравнить с  $R^{TP}$ ;
- ◆ если  $R_1 < R^{TP}$ , то ждать нового события (факта)  $f_2$  и зафиксировать его;
- ◆ запросить у экспертов оценку  $S_2$  шансов последовательности  $\langle f_1, f_2 \rangle$  для  $H_1$  против  $H_2$ ;
- ◆ вычислить  $R_2$ ; сравнить с  $R^{TP}$  и т. д.

Продолжим рассмотрение иллюстративного примера, в рамках которого ЛПР необходимо принять

решение об инвестициях. Напомним, что экономическая и финансовая разведки ЛПР последовательно фиксируют такие важные события, как увеличение объемов накоплений у населения (рост отложенного спроса), повышение интереса политиков и СМИ к вопросам жилищного строительства, усиление интенсивности перевозок на транспорте и др. Пусть условные вероятности указанных событий оценены следующими величинами:

$$\begin{array}{ll} P(f_1/H_1) = 0,6; & P(f_1/H_2) = 0,7; \\ P(f_2/H_1) = 0,5; & P(f_2/H_2) = 0,2; \\ P(f_3/H_1) = 0,5; & P(f_3/H_2) = 0,5; \\ P(f_4/H_1) = 0,7; & P(f_4/H_2) = 0,4; \\ P(f_5/H_1) = 0,8; & P(f_5/H_2) = 0,1. \end{array}$$

Исходя из правила "20/80", ЛПР установило порог принятия решения (по соотношению вероятностей) равным 4.

Решение:

вычисляем  $R_0 = \frac{P(H_1)}{P(H_2)} = \frac{0,4}{0,6} = 2 : 3 = 0,67;$

вычисляем  $S_1 = \frac{P(f_1/H_1)}{P(f_1/H_2)} = \frac{0,6}{0,7} = 6 : 7 = 0,86;$

соотношение в шансах после установления факта  $f_1$ :

$$R_1 = R_0 S_1 = 0,67 \cdot 0,86 = 0,57.$$

Результат меньше  $R^{TP} = 4$ , поэтому продолжаем вычисления:

$$S_2 = \frac{0,5}{0,2} = 2,5 \rightarrow R_2 = 0,57 \cdot 2,5 = 1,44 < R^{TP}; S_3 = \frac{0,5}{0,5} = 1,$$

т. е. этот факт оказался не информативен и его фиксировать не имеет смысла;

$$S_4 = \frac{0,4}{0,7} = 0,57 \rightarrow R_4 = 1,44 \cdot 0,57 = 0,82 < R^{TP};$$

$$S_5 = \frac{0,8}{0,1} = 8 \rightarrow R_5 = 0,82 \cdot 8 = 6,56 > R^{TP}.$$

После получения информации о событии  $f_5$  пороговое значение  $R^{TP}$  еще не преодолено. Но при этом абсолютное значение вероятности истинности гипотезы  $H_1$  ("конъюнктура рынка благоприятна") уже почти 0,8, и, следовательно, ЛПР может принять решение о том, что установлен практически достоверный факт (с вероятностью около 0,8) и следует не медлить с инвестициями, следуя известному правилу: "Продавайте, когда все покупают...".

Теперь обсудим еще один вопрос. А можно ли как-то более строго описать характер отношения ЛПР к стохастическому риску? Оказывается, да. Причем сделать это можно как на качественном уровне (в качественных шкалах), так и на количественном. Методологической базой для ответов на подобные вопросы является теория полезности [22].

Обозначим функцию полезности через  $u(y)$ . Согласно аксиоматической теории полезности отношение предпочтения на множестве  $A$  альтернатив моделируется с использованием математического ожидания  $M[u(y(a))]$  функции полезности для этих альтернатив:

$$a_1 \succ a_2 \Leftrightarrow M[u(y(a_1))] \geq M[u(y(a_2))]. \quad (3.8)$$

Качественно указанные особенности отношения предпочтения ЛПР могут быть отражены графически. На рис. 3.6 представлены графики функций полезности для лиц с различным отношением к стохастическому риску.

По оси абсцисс на графиках отложены величины результатов, а по оси ординат – значения функции

$u(y)$  полезности. Психологической доминанте "объективное ЛПР" соответствует функция  $u(y) = \alpha + \beta y$ . Она представлена на рис. 3.6, а. Параметры функции  $\alpha$  и  $\beta$  выбраны так, что наименее предпочтительному значению результата  $y = y^-$  соответствует нулевое значение функции полезности, а наиболее предпочтительному результату  $y = y^+$  – значение, равное единице. Очевидно, что если пользоваться такой функцией полезности, то это приводит к установлению предпочтений на множестве стратегий по "объективным" показателям типа (3.3), т. е.

$$a_1 \succ a_2 \Leftrightarrow M[y(a_1)] \geq M[y(a_2)].$$

Установлено, что если ЛПР несклонно к риску, то функция полезности, отражающая его предпочтения и отношение к стохастическому риску, строго вогнута. Это графически отражено на рис. 3.6, б. Для субъекта с подобной психологической доминантой восприятия риска всегда оказывается более предпочтительным получение среднего выигрыша в операции наверняка, нежели участие в рискованной операции. Математически это выглядит так:

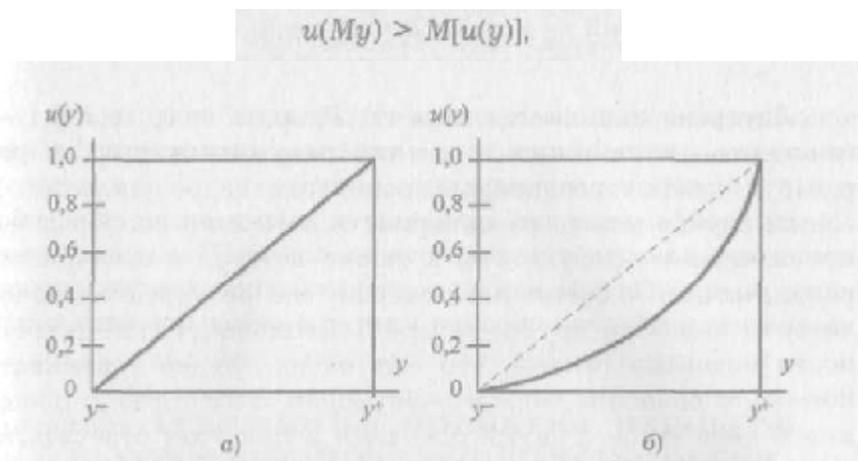


Рис. 3.6. Графики функций полезности для лиц с различным отношением к стохастическому риску

что в итоге приводит к неравенству вида

$$u(py + (1-p)y) > pu(y) + (1-p)u(y), \quad 0 < p < 1,$$

которое представляет собой математическое определение строго вогнутой функции. Для склонного к риску ЛПР все как раз наоборот. Для такого лица участие в рискованной операции более предпочтительно, чем получение ее среднего результата. Поэтому для ЛПР, склонного к риску, функция  $u(y)$  полезности оказывается строго выпуклой.

Количественно меру склонности или несклонности ЛПР к риску удобно оценивать с использованием так называемых достоверных эквивалентов лотерей. Это понятие из теории полезности и для нас оно новое. Разъясним его. Но вначале нам потребуется понятие лотереи как модели выбора в условиях стохастической неопределенности.

**Лотерей** называется пара  $(Y, P)$ , где  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  – множество возможных значений результата  $y$ ,  $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  – вероятностное распределение на результатах. В общем случае можно рассматривать лотереи с непрерывными значениями результата, а также лотереи с векторными результатами и составные лотереи (где результатом одной лотереи является другая лотерея). Психологические особенности человека таковы, что ему очень трудно сравнивать лотереи с большим числом выигрышей. ЛПР гораздо проще иметь дело лишь с двумя исходами и при этом отвечать на вопросы типа: "За сколько Вы согласны отступить от участия в лотерее?" или "Во сколько Вы оцениваете лотерею, если Вам предложат ее продать?" При соизмерении произвольного результата  $y$  с наилучшим  $y^+$  и наихудшим  $y^-$  результатами используется следующее допущение, которое называется правилом замены.

Это правило гласит следующее. Если в исходной лотерее  $(Y, P)$  любой из результатов  $y$  заменить на эквивалентный ему по предпочтительности, то для ЛПР будет безразлично, в какой из лотерей –

исходной или новой – участвовать.

Результат  $y$  в этом случае заменяют на лотерею вида  $y^+$  с вероятностью  $p(y)$  и  $y^-$  с вероятностью  $1 - p(y)$ . Такая лотерея называется *базовой*. Вероятность  $p(y)$  в базовой лотерее должна выбираться такой, чтобы базовая лотерея была эквивалентна по предпочтительности вырожденной лотерее, приводящей достоверно к результату  $y$ .

**Достоверным эквивалентом лотереи** ( $Y, P$ ) называется величина  $y_d$  такая, что ЛПР безразлично, получить ли результат  $y_d$  наверняка или участвовать в лотерее ( $Y, P$ ). Именно по величине детерминированного эквивалента судят о типе отношения ЛПР к стохастическому риску. И если оказывается, что детерминированный эквивалент  $y_d$  лотереи меньше математического ожидания  $M_y$  результатов лотереи, то ЛПР не склонно к риску, если  $y_d > M_y$  – склонно к риску, а если они равны – ЛПР безразлично к риску.

И еще одно важное замечание. Поскольку детерминированный эквивалент – неслучайная величина, это позволяет легко свести задачу обоснования решений в условиях стохастического риска к задаче принятия решений в условиях определенности. Надо только все случайные исходы заменить их детерминированными эквивалентами. После этого формальный анализ проводят как бы в условиях определенности.

### 3.3. Технологии принятия решений в условиях поведенческого риска

Пусть теперь главным фактором, определяющим "механизм проблемной ситуации", оказывается поведение одного или нескольких субъектов, оказавшихся втянутыми в операцию ЛПР и вынужденных взаимодействовать с ним, возможно, даже против своей воли. Чтобы при изложении материала однозначно понимать, кто есть кто, будем ЛПР, в интересах которого мы вырабатываем решения, называть "наше ЛПР", а остальных самостоятельно действующих суверенных субъектов – "другие ЛПР". Эти "другие ЛПР" на самом деле могут и не противостоять "нашему ЛПР", и не желать ему зла. Однако "нашему ЛПР" при обосновании им своих решений важно знать, как эти "другие" поступят или могут поступить. Если такой информации у "нашего ЛПР" не будет, то у него не будет иного выхода, как воспринимать "других ЛПР" как агрессивную среду.

Причин подобного отношения к проблемной ситуации у ЛПР может быть несколько:

- ♦ "наше ЛПР" точно знает, что его интересы вошли в противоречие, столкнулись с интересами "других ЛПР";
- ♦ "наше ЛПР" не знает, являются ли его устремления конфликтующими с интересами "других ЛПР", однако что-то заставляет его опасаться, что это так;
- ♦ "наше ЛПР" знает, что его интересы совпадают с интересами "других ЛПР", что объективно оно желает им добра, однако эти "другие ЛПР" могут этого не понять или не принять из-за различия в позициях, точек зрения, культурных традиций, а это обязательно приведет к столкновению;
- ♦ "наше ЛПР" знает, что иных субъектов кроме него в операции нет и действовать оно будет в объективной обстановке ("в природе"); однако эта "природа" – "*terra incognita*". Поэтому ЛПР опасается подобной неопределенности, непредсказуемости, боится ее. Из-за этого ЛПР вынуждено считать "природу" как бы агрессивной, принимать ее возможные проявления как действия агрессивно настроенного "другого ЛПР".

Разработкой технологий и методов разработки решений в перечисленных проблемных ситуациях занимаются психологическая теория решений и теория игр. Но это своеобразные и сложные дисциплины. Воспользоваться напрямую результатами этих двух теорий обыкновенному управленцу, не специалисту по ТПР, не математику подчас довольно трудно. Например, только по-крупному в психологической теории решений выделяют психологию поведения индивида, психологию малых групп, психологию масс. В теории игр аналогично рассматривают игры двух и  $N$  лиц, антагонистические и неантагонистические игры, матричные, биматричные, оперативные игры и т. д. Даже альтернативы ЛПР в теории игр принято называть стратегиями, чтобы подчеркнуть принципиальное отличие подобных проблемных ситуаций от иных. Не раз в литературе подчеркивалось, что именно в подобных проблемных ситуациях значительную роль в выборе наилучшей стратегии играют искусство, интуиция, мнения и иллюзорные оценки ЛПР, а не наука, не строгий расчет, не строгие измерения. Однако современные достижения в теории игр более чем скромны, если применять критерии типа "искусство", "интуиция", "мнения" и т. п. В общем, трудно не специалисту! А как же быть? Постараться применить моделирование.

Модельными компонентами теории игр являются игроки, цели игроков, доступная игрокам информация для принятия решений и правила реализации игроками собственных стратегий (осуществления ходов в игре).

В зависимости от того, как конкретно сочетаются перечисленные элементы игр, их относят к тому или иному классу. В качестве классификационных признаков, характеризующих ту или иную игру, обычно используют [39]:

- ◆ количество субъектов (игроков), интересы которых затрагиваются при проведении операции и которые могут влиять на ее результаты, а также возможность создания коалиций игроков;
- ◆ тип отношений между игроками, возникающих при стремлении игроков обеспечить наивыгоднейшее положение в игре для себя;
- ◆ возможность обмена информацией между игроками в целях сообщения своих возможных стратегий и оценочных функций;
- ◆ возможность образования коалиций игроков;
- ◆ типы множеств стратегий игроков;
- ◆ типы шкал для описания функций выигрышей игроков;
- ◆ возможность провести лишь небольшое количество (в частности – только одну) или достаточно много партий игры.

Например, по количеству игроков выделяют парные и множественные игры (игры N лиц); по типу отношений между игроками – игры со строгим соперничеством, нестрогим соперничеством или содействием друг другу; по возможности обмена информацией между игроками – кооперативные и некооперативные; по возможности образования коалиций игроков – коалиционные и бескоалиционные и др. Что касается типов шкал для описания функций выигрышей игроков, то различают **игры с предпочтениями** (шкалы качественные) и **игры с полезностями** (шкалы количественные).

Изучить все типы игр одинаково хорошо и сразу вряд ли удастся. Как всегда, следует сосредоточиться на чем-то и пожертвовать чем-то другим. При этом по-прежнему главным ключом разрешения этого познавательного затруднения следует выбрать уровень иерархии управления "нашего ЛПР" и перечень решаемых им задач.

Так, например (см. рис. 3.1), мы уже отмечали, что "Исполнителю" почти не приходится сталкиваться с поведенческой неопределенностью. А вот если взять концептуальный уровень типа "Администратор", то здесь все как раз наоборот. Как правило, главный тип неопределенности, с которым приходится сталкиваться такому "нашему ЛПР" – это "Конфликт". Теперь можем уточнить, что обычно это нестрогое соперничество. Несколько реже "Администратор" принимает решения в условиях "природной неопределенности", и еще реже он сталкивается со строгим, антагонистическим конфликтом. Кроме того, столкновение интересов при принятии решений "Администратором" происходит, так сказать, "однократно", т. е. в нашей классификации он чаще разыгрывает только одну (иногда весьма небольшое количество) партий игры. Шкалы для оценки последствий чаще качественные, чем количественные. Стратегическая самостоятельность у "Администратора" довольно ограничена. Принимая во внимание сказанное, можно утверждать, что проблемные ситуации подобного масштаба чаще всего приходится анализировать с помощью бескоалиционных неантагонистических биматричных игр, причем, в чистых стратегиях [39].

Если рассматривается проблемная ситуация на уровне "Руководитель звена отрасли", то здесь примерно одинаково часто приходится сталкиваться с природной неопределенностью или строгим конфликтом с повторяющимися ситуациями. Адекватными здесь будут методы теории игр с природой и решения матричных или биматричных игр в смешанных стратегиях.

Для обоснования решений на уровне "Высшее руководство" в наибольшей степени подходят модели биматричных игр с угрозами, модели группового выбора и игр N лиц, а также особый игровой подход к разрешению поведенческой неопределенности – деловые беседы.

### **3.3.1. Технология предварительного анализа проблемной ситуации с использованием теории матричных игр**

Разработку решений в условиях поведенческой неопределенности целесообразно декомпозировать по этапам усложняющегося использования информации о проблемной ситуации. На первом этапе целесообразно провести предварительный анализ собственных стратегических возможностей при упрощенном подходе к обоснованию решений в схеме "один против всех". При этом для повышения

надежности представлений, выводов и рекомендаций целесообразно предварительные оценки получить в качественных шкалах и без учета поведения "других ЛПР" как самостоятельных субъектов. Затем следует уточнить шкалы измерения предпочтений, а затем на основе дополнительной информации или рефлексий уточнить собственные предпочтения и предпочтения отдельных субъектов среди "других ЛПР". На завершающем этапе разработки решений следует оценить возможности блефа, угроз, кооперирования и вступления в коалиции с некоторыми из "других ЛПР". В целом использование принципов рефлексии и адаптации потенциально позволяет существенно повысить ожидаемую выгодность будущей стратегии поведения "нашего ЛПР".

Итак, предварительный формальный анализ проводим в наиболее простой форме, а именно – для однократно разыгрываемой парной бескоалиционной некооперативной игры со строгим соперничеством и дискретными множествами стратегий игроков. Математической формой такой конфликтной ситуации является матричная игра в чистых стратегиях.

Матричные игры исследуют на основе принципа наибольшего гарантированного результата. Понятие **гарантированного результата** базируется на гипотезе о крайне неблагоприятном стечении обстоятельств для ЛПР. Согласно **принципу наибольшего гарантированного результата** рациональным следует считать такое поведение, которое обеспечивает наилучший из самых неблагоприятных результатов. В силу этого данный принцип часто называют принципом максимина (хотя, как это будет показано ниже, подобное утверждение не всегда семантически корректно). Помимо принципа наибольшего гарантированного результата руководствуются также принципом равновесия. **Принцип равновесия** означает, что рациональным поведением субъектов операции следует считать такое, при котором каждый из них стремится к ситуации, обеспечивающей ему наибольший гарантированный результат, отклонение от которой невыгодно никому.

Количественный анализ на основе применения принципов наибольшего гарантированного результата и равновесия ведется по следующей технологической схеме:

- ◆ формирование игры, т. е. множеств возможных стратегий игроков;
- ◆ оценка величин результатов, получаемых субъектами, в каждой из ситуаций (предпочтительнее качественная шкала);
- ◆ выделение множества недоминируемых стратегий для каждого из игроков;
- ◆ выбор наилучшего варианта решения на основе принципов наибольшего гарантированного результата и равновесия.

Рассмотрим методы, реализующие представленную технологию.

Пусть первый игрок – это "наше ЛПР", а все остальные (если их несколько) – "другое ЛПР", или – второй игрок. Обозначим через  $A$  и  $B$  множества стратегий первого и второго игроков соответственно. Для проведения формального анализа обозначим через  $v_1(a, b)$ ,  $v_2(a, b)$  оценочные функции игроков, заданных на множестве  $(a, b)$  ситуаций игры. Эти функции скалярные, шкала их значений должна позволять оценивать как минимум "Тенденции" (напомним, что о сути технологии "Номинации–Тенденции–Пропорции" мы говорили в п. 1.2.3). Качественная шкала "тенденций" позволит сравнительно легко упорядочить ситуации  $(a, b)$  игры по предпочтительности. Затем на качественной шкале вводят градации, чтобы можно было бы выявить хоть какие-то пропорции. Далее вводят допущение о том, что первый игрок выигрывает ровно столько, сколько ему проигрывает второй, и на этом основании полагают  $v_1(a, b) = -v_2(a, b)$ . После этого можно оставить только одну из оценочных функций, например функцию первого игрока, которая будет адекватно описывать предпочтительность исходов игры. Для определенности будем полагать, что это функция  $v(a, b) = v_1(a, b)$ , т. е. она совпадает с оценочной функцией первого игрока.

Чтобы сформировать матричную игру, сначала нужно сформировать множества стратегий игроков. Каждое из них должно быть обозримым. Достичь этого можно благодаря принципам цели, декомпозиции и композиции.

Как нам известно, любая альтернатива ЛПР может быть описательно задана следующими основными ее элементами:

- ◆ *что сделать?* – определяется целью предстоящих действий;
- ◆ *когда? где? с помощью чего сделать?* – диктуется обстоятельствами времени, места, характеристиками имеющегося активного ресурса;
- ◆ *на что направить усилия?* – определяется объектом приложения усилий.

Если зафиксировать некоторые из перечисленных элементов альтернативы, а остальные изменять по определенным правилам, то можно формировать различные варианты действий.

Именно эта схема положена в основу большинства из известных методов формирования вариантов решения, однако все они различаются степенью формализации основных операций (см. п. 1.3.3). Обычно при формировании игры эвристические методы применяют одновременно с рефлексивными, которые как раз и ориентированы на случай, когда ведущим типом неопределенности является поведенческая.

Вначале эвристически формируют множество стратегий первого игрока. В него включают альтернативы, которые обеспечивают достижение цели первого игрока хотя бы в принципе. Затем из полученного множества отсеиваются физически нереализуемые альтернативы, т. е. те, которые не могут быть осуществимы в отведенные на операцию сроки. Полученное множество дополняют альтернативами, придающими стратегиям гибкость и устойчивость. При этом руководствуются двумя основными идеями. Во-первых, стремятся обеспечить некую инвариантность, примерно одинаковую приемлемость альтернатив ЛПР по отношению к изменяющимся или неизвестным на данный момент составляющим условий проведения операции. Предпочтение следует отдавать тем стратегиям, которые можно оперативно, сравнительно просто и с незначительными потерями ресурсов скорректировать, когда прояснится обстановка. Во-вторых, следует внимательно изучить всю информацию о личности второго игрока. Главное внимание при этом сосредоточить на его морально-ценностных ориентирах и предпочтениях, сделать выводы о его подозрительности или доверчивости, самоуверенности или нерешительности, его склонности или несклонности к риску и др.

Выводы из подобной оценки помогут первому игроку эффективно использовать блеф и сгенерировать достаточное количество псевдостратегий. При генерации псевдостратегий следует помнить важный принцип блефа: все, что привлекает внимание конкурента, может быть использовано в качестве приманки. Например, тщеславного, самоуверенного, рискованного субъекта с низкими моральными качествами, несомненно, соблазнит то, что вы, как его конкурент, выглядите слабым, неопасным и даже – не очень привлекательной жертвой. В подобной ситуации такое ваше поведение обычно провоцирует самоуверенного конкурента не очень скрывать от вас свои планы, подталкивает его к использованию не самых сильных его стратегий. Наоборот, если конкурент осторожен, неуверен, чрезмерно пессимистичен и т. п., вам следует показать себя сильным, решительным, готовым к самым безрассудным поступкам. Тогда вы сможете достаточно уверенно предположить, что или он задействует самые сильные из его стратегий, которые вы можете себе представить, или пойдет на уступки и переговоры. В любом случае у вас появится достаточная уверенность в том, какая ситуация в конфликте сложится. А это совсем немало!

Напомним теперь суть наиболее эффективного из рефлексивных методов – метода "параллельных списков". Метод основан на последовательном выдвижении гипотез о возможных целях другого игрока и формировании его ответных реакций в предположении, что первый игрок не изменит своей линии поведения ни при каких обстоятельствах. После того как это сделано, сформированный список ответных реакций анализируется первым игроком с целью отыскания слабых мест и возможных его контрдействий на какое-либо действие второго и наоборот. Рефлексивный процесс "действие-контрдействие" повторяется до тех пор, пока списки, которые мы вели параллельно и которые представляют множества стратегий игроков, не стабилизируются.

После этого производят ранжирование ситуаций  $(a, b)$  игры по предпочтительности. На упорядоченном, например, по убыванию предпочтительности, ряду ситуаций игры, вводят меру  $v(a, b)$  различия в степени предпочтений. В результате получаем матричную игру с функцией  $v(a, b)$ .

Как только матричная игра сформирована, приступают к поиску ее решения на основе принципов рационального поведения. Вначале определяют гарантированный результат  $v^-(a)$  применения первым игроком каждой из его стратегий  $a$ , т. е. для каждой стратегии первого игрока устанавливают величину:

$$v^-(a) = \min_{b \in B} v(a, b). \quad (3.9)$$

Затем определяют стратегию  $a^*$ , обеспечивающую наибольший гарантированный результат первому игроку

$$a^* : \max_{a \in A} v^-(a) = \max_{a \in A} \min_{b \in B} v(a, b) \quad (3.10)$$

и саму величину  $v^- = v^-(a^*)$  наибольшего гарантированного результата первого игрока. Этот

наибольший гарантированный результат и называется максиминным результатом, или **нижней ценой игры**. Стратегия  $a^*$  называется максиминой.

Учитывая целевое устремление второго игрока, – стремление к максимизации  $v_2(a, b)$  – определяют гарантированный результат для  $v^+(b)$  для него по правилу:

$$v^+(b) = \max_{a \in A} v(a, b)$$

и стратегию  $b^*$ , обеспечивающую "наибольший" гарантированный результат для второго игрока:

$$b^* : \min_{b \in B} v^+(b) = \min_{b \in B} \max_{a \in A} v(a, b), \quad (3.11)$$

а также саму величину  $v^+ = v^+(b^*)$  наибольшего гарантированного результата второго игрока. Стратегия  $b^*$  и величина  $v^+$  наибольшего гарантированного выигрыша называются минимаксными. Величину  $v^+$  называют также **верхней ценой игры**. Соотношение между нижней и верхней ценами игры устанавливает основная теорема теории игр [39, 29], а именно:  $v^- \leq v^+$ . Таким образом, при рациональном поведении первый игрок не может выиграть меньше, чем  $v^-$ , а второй не может проиграть ему больше, чем  $v^+$ .

Стратегии игроков, определяемые по правилам максимина и минимакса, будут удовлетворять принципу равновесия, если реализуемая при этом ситуация  $(a^*, b^*)$  обеспечивает равенство нижней и верхней цены игры, т. е.  $v(a^*, b^*) = v^- = v^+$ . В этом случае говорят, что игра имеет **ситуацию равновесия в чистых стратегиях**. От равновесной ситуации невыгодно отклоняться ни одному из игроков, так как она сформирована из стратегий, доставляющих наибольший гарантированный результат каждому из них. Именно равновесная ситуация может рассматриваться в качестве решения игры.

Величина выигрыша в равновесной ситуации служит первому игроку ориентиром для оценки предпочтительности игры, так как он может достаточно уверенно судить, что второй игрок также не отклонится от равновесной ситуации, поскольку это ему невыгодно.

Если равновесный выигрыш по степени его предпочтительности не устраивает первого игрока, то ему следует либо попробовать сформировать новую игру, с использованием других стратегий, либо оценить возможности введения в игру стратегий угроз, либо пойти со вторым игроком на переговоры и тогда – заняться планированием деловой беседы.

В общем случае ситуация в максиминных стратегиях не всегда является равновесной. Это заставляет игроков адаптироваться друг к другу, выдвигать последовательно усложняющиеся гипотезы об ответных реакциях конкурента и собственных контрмерах. Такое **поведение** называют **рефлексивным**. Оно побуждает каждого игрока отклоняться от своей максиминной (минимаксной) стратегии с целью улучшения значения выигрыша в свою пользу. В таком случае первый игрок может только предполагать, как поступит второй: будет ли он придерживаться своей максиминной стратегии  $v^*$  или отклонится от нее. В значительной степени на решения игроков по-прежнему будут влиять их личностные качества, величина предполагаемого выигрыша  $v(a^*, b^*)$ , а также их искусство блефовать и рефлексировать. В конечном итоге выигрывает тот, кто более искусно маскировал свои истинные намерения и удачнее предсказал намерения своего соперника.

Если игра может повторяться достаточно большое количество раз (не менее 25–30), а шкала оценочной функции  $v(a, b)$  достаточно близка к количественной, то для получения равновесной ситуации первому игроку следует прибегнуть к применению не чистых, а так называемых смешанных стратегий. Ситуация равновесия в смешанных стратегиях существует всегда, это доказано строго математически. Что такое смешанная стратегия? Чтобы ввести это определение, вспомним, что для матричной игры множества стратегий игроков дискретны. Но раз это так, то все стратегии у каждого из игроков можно пронумеровать и ссылаться на них не по их наименованиям, а по их номерам. Пусть для определенности у первого игрока во множестве  $A$  имеется  $m$  чистых стратегий, а у второго игрока во множестве  $B$  имеется  $n$  чистых стратегий. Тогда **смешанной стратегией** первого игрока на множестве чистых стратегий  $1, 2, \dots, m$  называется вероятностное распределение  $P = (p_1, p_2, \dots, p_m)$  на них, а смешанной стратегией второго на множестве его чистых стратегий  $1, 2, \dots, n$  – вероятностное распределение  $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ . Смешанное расширение игры приводит к тому, что в качестве выигрыша игроков необходимо рассматривать математическое ожидание. Общим подходом к решению

игры в смешанных стратегиях является сведение ее к задаче линейного программирования [39]. Удобным приемом решения матричных игр произвольной размерности является метод Брауна–Робинсон [6].

### 3.3.2. Методы обоснования решений с использованием биматричных бескоалиционных и биматричных кооперативных игр

После того, как вне зависимости от числа игроков мы сформировали матричную игру и оценили личные стратегические возможности ЛПР как первого игрока при полном антагонизме сторон, целесообразно продолжить исследование проблемной ситуации на основе дополнительной информации о предпочтениях субъектов операции. Здесь прежде всего следует проверить адекватность одного из наиболее жестких ограничений модели проблемной ситуации – антагонизм интересов сторон. Для этого следует установить, не является ли истинным хотя бы одно из следующих утверждений:

- ♦ один из игроков не всегда выигрывает ровно столько, сколько ему проигрывает другой; т. е. на самом деле каждый игрок имеет свою функцию выигрышей, и при этом для большинства ситуаций игры оказывается, что  $v_1(a, b) \neq v_2(a, b)$ ;

- ♦ имеется хотя бы одна ситуация (кроме ситуации равновесия в максиминных стратегиях игроков), для которой интересы игроков совпадают или весьма близки;

- ♦ для ЛПР цена матричной игры, т. е. величина наибольшего гарантированного результата в ситуации равновесия, имеет весьма незначительную ценность, поэтому ЛПР намерено использовать свои дополнительные стратегические возможности.

Если хотя бы одно из перечисленных утверждений истинно, то следует усложнить модель проблемной ситуации и сформировать биматричную игру, чтобы оценить стратегические возможности и перспективы применения равновесных стратегий и стратегий угроз.

Термин "биматричная" в названии игры объясняется тем, что на множестве  $\{(i, j)\}$  ситуаций игры, где  $i$  и  $j$  – номера соответствующих стратегий первого и второго игроков соответственно, задается матрица, каждый из элементов которой содержит упорядоченную пару чисел  $\{v_{1ij}, v_{2ij}\}$ . В общем случае всегда можно сделать, чтобы эти числа были неотрицательными. Такими их и будем в дальнейшем считать. Для неантагонистической, в частности для биматричной, игры на основании принципа индивидуальной рациональности формулируют условие равновесия (по Нэшу) в следующем виде:

$$\begin{aligned} v_1(i^0, j^0) &\geq v_1(i, j^0), \\ v_2(i^0, j^0) &\geq v_2(i^0, j), \end{aligned} \quad (3.12)$$

где  $(i, j)$  – произвольная из допустимых ситуаций биматричной игры;

$(i^0, j^0)$  – равновесная ситуация биматричной игры.

В чем принципиальное отличие условия, задаваемого системой (3.12), по сравнению с ситуацией равновесия в антагонистической игре?

При анализе антагонистических игр мы отмечали, что отклонение любого из игроков от ситуации равновесия, в то время как другой продолжает придерживаться своей максиминной (или минимаксной) стратегии, приводит к ухудшению положения "уклониста" и одновременно – к улучшению значения выигрыша у рационально поступающего игрока.

В неантагонистической игре такое же отклонение может по-разному повлиять на выигрыш другого игрока. Например, если оба игрока отклонятся от равновесной ситуации, то в результате они могут оказаться в ситуации, в которой выигрыш каждого из них может остаться прежним, может увеличиться или уменьшиться.

Кроме того, важно знать, что равновесный (по Нэшу) выигрыш для каждого из игроков не меньше по величине, чем выигрыш в максиминной ситуации равновесия, т. е. в общем случае:

$$\begin{aligned} v_1(i^0, j^0) &\geq v_1(i^*, j^*), \\ v_2(i^0, j^0) &\geq v_2(i^*, j^*), \end{aligned} \quad (3.13)$$

где  $(i^*, j^*)$  – максиминная ситуация равновесия в матричной игре;

$(i^{\circ}, j^{\circ})$  – ситуация равновесия (по Нэшу) в биматричной игре.

Следовательно, если при анализе биматричной игры будет установлено, что равновесные выигрыши игроков существенно превосходят максиминные, то в таком случае игрокам стоит подумать о перспективах применения равновесных стратегий. С одной стороны, если они применяют равновесные стратегии, они могут получить существенно более предпочтительные результаты. И следование такой идее может быть провозглашено как принцип групповой рациональности. Но ведь если один из игроков отклонится от равновесной ситуации, например применит максиминную, то его-то выигрыш не улучшится, а другому это может оказаться на руку. Таким образом, применение каким-то игроком его максиминной стратегии, его поведение в соответствии с принципом индивидуальной рациональности, гарантирует этому игроку пусть скромный, но "независимый", гарантированный результат. А вот следование равновесной (по Нэшу) стратегии хотя и обещает игрокам потенциальные преимущества в игре, но требует от них определенной смелости. То есть равновесные стратегии по своей сути более рискованные.

Проиллюстрируем особенности решения биматричной игры на концептуальных примерах анализа проблемы взаимного сокращения объема выпускаемой продукции.

**Пример 1.** На переговоры по сокращению объема выпускаемой продукции каждая из сторон (далее условно именуемые  $A$  и  $B$ ) прибывает со своими пакетами предложений для конкурента. У каждой из сторон две альтернативы – настаивать на принятии своих предложений или принять предложения конкурента. Оценим выгодность всех возможных ситуаций в порядковой шкале, считая, что если стороны не придут к соглашению, то сохраняется *status quo* и полезность переговоров равна нулю. Если принимается предложение стороны  $A$  в ущерб стороне  $B$ , то выигрыш стороны  $A$  более чем в три раза превышает выигрыш стороны  $B$ . Аналогично оцениваются выигрыши, если принимается предложение стороны  $B$  в ущерб стороне  $A$ . Для полноты анализа будем считать, что ситуация, когда обе стороны соглашаются на план конкурента, также имеет нулевую ценность для обеих сторон (как невероятный случай). Итак, стороны имеют следующие множества стратегий:

$A = \{ a_1 - \text{означает "настаивать на своем плане"}, a_2 - \text{означает "согласиться на предложение стороны } B \}$ ,

$B = \{ b_1 - \text{означает "настаивать на своем плане"}, b_2 - \text{"согласиться на предложение стороны } A \}$ .

В результате биматрица игры примет следующий вид:

	$b_1$	$b_2$
$a_1$	(0,0)	(10,3)
$a_2$	(3,10)	(0,0)

Вначале найдем максиминные стратегии для каждого из игроков. Обе стратегии первого игрока являются максиминными, так как они обеспечивают одинаковый наибольший гарантированный результат (равный нулю). Аналогично обе стратегии второго игрока являются максиминными с тем же гарантированным результатом.

Поскольку только равновесные ситуации могут быть предметом результативных переговоров, предварительно следует провести анализ игры с целью установления таких ситуаций. Для установления ситуаций равновесия по Нэшу воспользуемся графической интерпретацией правила (3.12). Стрелками будем обозначать условно-оптимальный выбор для каждой из сторон: стрелка направляется на более предпочтительную альтернативу при фиксированной стратегии конкурента.

Условно-оптимальные выборы сторон  $A$  и  $B$  совпадают на ситуациях (1,2) и (2,1), так как соответствующие стрелки (вертикальные для  $A$  и горизонтальные для  $B$ ) сходятся на этих элементах биматрицы. Это означает, что для данной игры имеется две ситуации равновесия по Нэшу, выигрыши в которых превосходят максиминный уровень. Однако этих ситуаций две, и они принципиально отличаются по предпочтительности для каждой из сторон: ситуация (1,2) более предпочтительна стороне  $A$ , а ситуация (2,1) – стороне  $B$ . Поэтому игра не имеет решения в чистых стратегиях.

	$b_1$	$b_2$		$b_1$		
$a_1$	(0,0)	(10,3)	↓	(0,0)	→	(10,3)
$a_2$	(3,10)	(0,0)	↑	(3,10)	←	(0,0)

**Пример 2.** Стороны *A* и *B* решают договориться о масштабах сокращения объема выпускаемой продукции. У каждой из сторон две стратегии:

- 1 – поддерживать выпуск на прежнем уровне;
- 2 – произвести существенное сокращение выпуска продукции.

Измерение предпочтительности ситуаций даст тот или иной результат в зависимости от того, отсутствуют или имеются у каждой из сторон действенные методы контроля выполнения договоренностей.

Вначале пусть действенных мер контроля нет. Это означает, что если стороны решат произвести существенное сокращение выпуска продукции, а затем какая-то из них тайно нарушит соглашение, то это резко отразится на предпочтительности создавшегося положения для другой стороны. В результате биматрица игры может иметь, например, следующий вид:

Сторона **B:**

		$b_1$	$b_2$
Сторона <b>A:</b>	$a_1$	(3,3) ← (10,0)	↑
	$a_2$	(0,10) ← (9,9)	↑

Максиминные стратегии игроков приводят к ситуации (1,1), обеспечивающей им одинаковые максиминные результаты равные трем. В то же время игра имеет одну равновесную ситуацию (1,1), совпадающую с максиминной и дающую каждому из игроков выигрыш, равный максиминному. Кроме того, равновесная ситуация доминируется немаксиминной и неравновесной ситуацией (2,2). Таким образом, согласно сформулированным критериям рациональности игра имеет решение в максиминных чистых стратегиях. Содержательно это означает, что при отсутствии действенных мер контроля за соблюдением соглашения и санкций за допущенные нарушения ни одной из сторон невыгодно идти на сокращение выпуска продукции.

Пусть теперь у каждой из сторон имеются действенные меры контроля за соблюдением соглашения и разработана система штрафных санкций за нарушения договоренности. В этом случае биматрица игры может иметь, например, следующий вид:

		$b_1$	$b_2$
Сторона <b>B:</b>	$a_1$	(3,3) ← (7,0)	↑
Сторона <b>A:</b>	$a_2$	(0,7) → (8,8)	↓

Максиминные стратегии сторон остаются прежними (не идти на сокращение выпуска продукции). Равновесных по Нэшу ситуаций для данной игры две: (1,1) и (2,2). Ситуация (2,2) доминирует над ситуацией (1,1). Выигрыш в ситуации (2,2) для каждой из сторон выше максиминного, следовательно, решением игры является недоминируемая ситуация (2,2), имеющая выигрыш больше максиминного. Содержательно это означает, что при наличии действенных мер контроля за соблюдением соглашения и эффективной системы штрафных санкций за нарушения договоренностей сторонам выгодно идти на кардинальные сокращения выпуска продукции.

Рассмотренные примеры являются иллюстративными в смысле условности значений выигрышей сторон. Эти выигрыши назначались нами в соответствии с простым предпочтением одного исхода над другим без детализации, на сколько или во сколько раз сильнее то или иное предпочтение. Для таких игр – "игр с предпочтениями" – бессмысленно говорить о применении смешанных стратегий. Если же биматричная игра описывается в шкале полезностей не менее совершенной, чем интервальная, то

рассмотрение смешанных стратегий оправдано, если это допустимо их интерпретацией в рамках данного конфликта.

Итак, ситуация равновесия по Нэшу – это схема анализа, пригодная для случая, когда никакое кооперирование не допускается. Но что делать, если и равновесный (по Нэшу) выигрыш участников не устраивает? В таком случае им ничего не остается, как начать обмениваться информацией и договариваться о совместном поведении в игре. Математической моделью конфликта при таком подходе становится **кооперативная игра**, которая ведется по следующим правилам:

- ♦ разрешено заключать совместные соглашения;
- ♦ допускается совместный выбор стратегий (в общем случае – смешанных);
- ♦ допускается передавать полезность от одного игрока к другому (хотя, возможно, и не всегда линейно).

Каждый из приведенных пунктов правил ведения кооперативных игр в целом означает следование принципу групповой рациональности. Однако последний пункт, хотя и предполагает, что игроки могут "покупать и продавать" друг другу имеющуюся в их распоряжении полезность, чтобы улучшить собственное положение в игре, не накладывает каких-либо ограничений на то, как это должно делаться. А ведь принцип индивидуальной рациональности будет заставлять каждого, образно говоря, "тянуть одеяло на себя", а значит – индивидуальная рациональность может войти в противоречие с групповой. Другими словами, если кооперирование допускается, то сразу возникает вопрос: "Что такое справедливый дележ?"

Нэш предложил компромиссную схему [45] распределения имеющейся в распоряжении игроков максимальной полезности, которая может быть принята за модель "справедливого дележа". Суть этой схемы в следующем. Вначале Нэш предложил "начало отсчета" – минимальный результат, ниже которого игрок не согласится получить ни при каких обстоятельствах. Понятно, что этот минимальный результат определяется собственными стратегическими возможностями каждого игрока и равен наибольшему гарантированному результату, который он может получить в антагонистической игре. Затем нужно было вычислять приращения  $\Delta v_1(v_1, v_2)$  и  $\Delta v_2(v_1, v_2)$  полезностей игроков от согласованного ими дележа  $v_1$  и  $v_2$ . Эти приращения составляли:

$$\begin{aligned} \Delta v_1(v_1, v_2) &= v_1 - v_1^*, \\ \Delta v_2(v_1, v_2) &= v_2 - v_2^*, \end{aligned} \quad (3.14)$$

где  $v_1^*$  и  $v_2^*$  – максиминные выигрыши первого и второго игроков соответственно.

После этого формируется целевая функция  $\varphi(v_1, v_2) = \Delta v_1(v_1, v_2) \Delta v_2(v_1, v_2)$ , и на множестве  $\{v_1, v_2\}$  допустимых дележей отыскивается максимум этой функции. В результате компромиссное решение  $v_1$  и  $v_2$  отыскивается в ходе решения задачи:

$$\tilde{v}_1, \tilde{v}_2 : \max_{\{v_1, v_2\}} \varphi(v_1, v_2). \quad (3.15)$$

Если мы вспомним (см. п. 2.5), что мультипликативная функция моделирует некоторую допустимую компенсацию уменьшения одних значений своих частных компонентов за счет увеличения других, то поиск экстремума в задаче (3.15) как раз и отражает стремление к наилучшему компромиссному дележу полезности между игроками. При этом согласно соотношению (3.15) большую часть общей полезности при дележе получит тот игрок, у которого минимаксный результат (то самое "начало отсчета") или *status quo* представляет более предпочтительную величину. Это примерно соответствует некоей гипотетической ситуации дележа определенной суммы денег между богатым и бедным, однако саму эту сумму они получают только при условии, что смогут договориться, как ее разделить. В такой ситуации, чтобы получить хоть что-то, более бедный скорее всего вынужден будет пойти на некоторые уступки при дележе, а богатый, у которого финансовое положение более прочное, может позволить себе дольше торговаться и настаивать на большей доле для себя.

Предположим, что кто-то из игроков все же не удовлетворен компромиссным решением, получаемым в ходе решения задачи (3.15). В таком случае он может исследовать свои стратегические возможности по применению стратегий угроз.

Что мы будем понимать под **стратегией угрозы**? Во-первых, это некая реальная или провозглашенная в качестве возможной для применения в игре альтернатива поведения того или иного игрока. Во-вторых, эта альтернатива должна быть эффективна в отношении достижения цели дележа, а именно – объявление одним из игроков о намерении использовать стратегию угрозы должно склонить другого игрока к мысли, что ему выгоднее пойти на уступки при дележе, чем попасть в ситуацию, когда будет применена стратегия угрозы. Таким образом, эффективность стратегии угрозы определяется не только результатом предполагаемого истинного воздействия по каким-то физическим объектам. Такое воздействие может привести к изменению состояния объектов, связей между ними, формы или качества входящих в них элементов. Кроме того, эффективность стратегии угрозы в значительной мере оценивается психологическим воздействием на субъекта, которому угрожают. И это психологическое воздействие приводит к тому, что у этого субъекта изменяются мнения относительно ценности тех или ситуаций конфликта, изменяются суждения о пропорциях дележа полезности и т. п. Обо всем этом мы подробно говорили в п. 1.1.3, когда обсуждали понятие эффективности решения. В-третьих, поведение угрожающего игрока и само провозглашение стратегии угрозы должны быть таковыми, чтобы у того, кому угрожают, не оставалось сомнений в том, что угроза может быть приведена в исполнение. Таким образом, стратегия угрозы эффективна только в том случае, если она правдоподобна, если она может улучшить положение угрожающего по отношению к тому, кому угрожают и если она сделана обдуманно. Последнее означает, что если угроза объявлена, то угрожающий обязательно ее применит, если потребуется.

Найти компромиссное решение в случае применения игроками стратегий угроз можно путем решения задачи (3.15), если при формировании целевой функции вместо величин  $v_1^*$  и  $v_2^*$  использовать значения  $v_1^{ур}$  и  $v_2^{ур}$ , которые представляют собой величины полезностей игроков в ситуации, которая сложится после применения игроками своих стратегий угроз.

Рассмотрим простой иллюстративный пример. Проблемная ситуация моделируется биматричной игрой вида

$$\begin{pmatrix} (1, 4) & (-2, -4) \\ (-3, -1) & (4, 1) \end{pmatrix}$$

Эта игра похожа на ту, которую мы обсуждали в примере 1. Для этой игры имеются две ситуации равновесия по Нэшу, выигрыши в которых превосходят максиминный уровень. Эти ситуации принципиально отличаются по предпочтительности для каждой из сторон: ситуация (1,1) более предпочтительна второму игроку, а ситуация (2,2) – первому.

Наибольший гарантированный результат  $v_1^*$  игры для первого игрока равен  $v_2^*$  и обеспечивается этому игроку применением его первой стратегии. Для второго игрока его наибольший гарантированный результат  $v_2^*$  равен -1 и достигается применением вторым игроком также его первой стратегии. Скорее всего, такие значения выигрышей игроков устроить не могут, поскольку в данной игре они оперируют максимальной полезностью  $v_{max} = 5$  (суммы выигрышей в ситуациях (1,1) и (2,2) игры).

Если игра будет вестись как бескоалиционная, то, согласно принципу индивидуальной рациональности, игроки применяют свои максиминные стратегии и получают реальные (а не гарантированные) результаты, соответствующие ситуации (1,1). Это, конечно, устроило бы второго игрока (его выигрыш стал бы равным 4), но никак не первого. В такой ситуации первый игрок хотел бы применить стратегию угроз, чтобы добиться для себя некоторых уступок от второго. Какие у него в таком случае стратегические возможности?

На рис. 3.7 представлена область допустимых решений рассматриваемой нами биматричной игры.

Если бы игроки могли применять смешанные стратегии, то значения средних результатов игры можно было бы представить замкнутой ограниченной областью в виде четырехугольника. Вершины этого четырехугольника соответствуют значениям выигрышей участников игры в каждой из четырех ситуаций в чистых стратегиях. Номера ситуаций проставлены на рис. 3.7 в круглых скобках. На рисунке для примера выделена одна из сторон четырехугольника, соединяющая точки, моделирующие величины выигрышей в ситуациях (1,1) и (2,1). Этот отрезок – геометрическое место точек, представляющих значения средних результатов игры в случае, когда первый игрок применит какую-то смешанную стратегию  $P = (p_1, p_2)$ , причем  $0 \leq p_1 \leq 1$ ,  $p_2 = 1 - p_1$ , а второй – свою первую чистую стратегию.

Широкой стрелкой на рис. 3.7 указано направление предпочтения обоих игроков на значениях

функций  $v_1$  и  $v_2$  выигрышей. Менее предпочтительными для игроков являются ситуации (1,2) и (2,1), более предпочтительны для них ситуации (1,1) и (2,2). Из геометрии области допустимых решений следует, что все недоминируемые дележи, среди которых следует вести поиск компромисса, образуют "северо-восточную" границу данной области. Это недоминируемое множество представляет собой отрезок, соединяющий точки со значениями выигрышей для ситуаций (1,1) и (2,2). В то же время, как мы уже отмечали, ситуация (1,1) более предпочтительна для второго игрока, а ситуация (2,2) – для первого. Предположим, что первый игрок попытается угрожать применить свою вторую стратегию, если второй не согласится на компромиссное решение, геометрически приближенное к точке, отображающей на рис. 3.7 ситуацию (2,2).

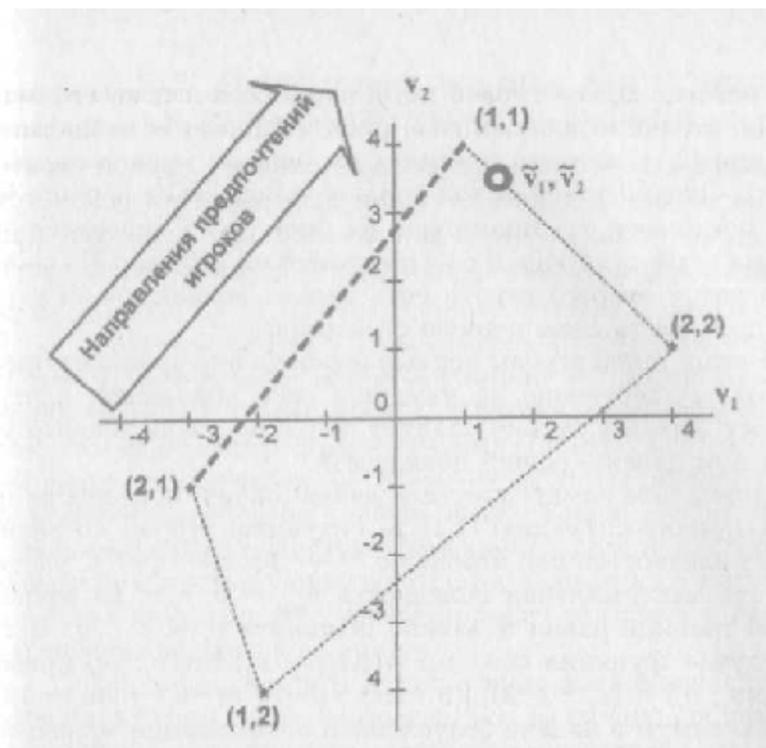


Рис. 3.7. Область допустимых решений в биматричной игре

Будет ли такая угроза первого игрока эффективной? Нет! Очевидно, что второй игрок может легко парировать эту угрозу, ответив контругрозой применить свою первую стратегию. Да, второй игрок вроде бы рискует при этом оказаться : ситуации (2,1), которая принесет ему явный проигрыш, равный – 1. Однако такой исход сильнее наказывает первого игрока, поскольку его проигрыш составит -3. Следовательно позиция первого игрока в рассматриваемой игре весьма сложная, а вот у второго игрока есть весьма эффективная угроза – применить свою первую стратегию.

Против такой угрозы первый игрок ничего не может предпринять, существенно не ухудшив свое положение в игре. Поэтому первому игроку следует пойти на значительные уступки при дележе общей полезности.

Определим компромиссный дележ общей полезности игроков, приняв ситуацию (2,1) за ситуацию угрозы со значениями полезностей для игроков  $v_1^{угр} = -3$  и  $v_2^{угр} = -1$ . С учетом того, что максимальная полезность  $v_{max} = v_1 + v_2$  на эффективной границе равна 5, можно положить  $v_2 = 5 - v_1$ . В таком случае функция  $\varphi(v_1, v_2) = \Delta v_1(v_1, v_2) \Delta v_2(v_1, v_2)$  примет вид:  $\varphi(v_1, v_2) = [v_1 - (-3)][(5 - v_1) - (-1)] = -v_1^2 + 3v_1 + 18$ .

Максимум в задаче безусловной оптимизации можно искать, например, применив сначала необходимое, а затем – достаточное условие существования экстремума. Согласно необходимому условию производная от функции по аргументу должна быть равна нулю. После несложных преобразований находим, что это условие выполняется для стационарной точки  $v_1 = 3,5$ . Достаточное условие для задачи на максимум состоит в отрицательности второй производной от функции по ее аргументу в стационарной точке. Это условие также выполняется. Следовательно, решением задачи (3.15), задающим компромиссное решение Нэша в биматричной игре с угрозами, будут значения  $\tilde{v}_1 = 3,5$ ;  $\tilde{v}_2 = 1,5$ . Точка  $(\tilde{v}_1, \tilde{v}_2) = (1,5; 3,5)$  на эффективной границе области допустимых решений на рис. 3.7 отмечена кружком.

Если решение, полученное в рамках модели "линейного распределения полезности", участников игры не устраивает, то им остается попробовать достичь соглашения путем переговоров в ходе деловой беседы.

### 3.3.3. Технология анализа игр N лиц и методы группового выбора

Рассмотрим теперь подходы к поиску решений в группе, состоящей из нескольких лиц. Эта группа может включать или субъектов, не общающихся друг с другом, или лиц, которые могут вступать в переговоры и образовывать коалиции. Если каждый из субъектов действует независимо от остальных, не ведет никаких переговоров и, следовательно, не может вступать ни в какие коалиции, то анализ поведения такой группы с точки зрения ЛПР ничем не отличается от анализа парных игр. Другими словами, ЛПР всю группу как бы делит на две части – "Я" и "Не Я" и рассматривает свое поведение в контексте "против всех". Такой случай не представляет особого интереса. Совершенно другое дело, как мы отмечали в предыдущем параграфе, если игроки могут обмениваться информацией, дискутировать, вступать в переговоры и образовывать коалиции.

Обычно решение игр N лиц в виде математической формулы найти практически не удается. Есть лишь общие рекомендации о том, как это целесообразно делать [39].

Если же подойти к анализу игр N лиц концептуально шире, то для их решения можно предложить и неожиданные математические приемы, и известные "демократические процедуры" принятия решений. Здесь все зависит от того, по каким правилам ведется игра и какими полномочиями обладают игроки в ней. В одном случае каждому из игроков может быть разрешено лишь выдвигать предложения о значениях дележа в игре, а также обмениваться информацией и убеждать других участников примкнуть к его мнению. При этом каждый из игроков может не иметь серьезной возможности повлиять на окончательное решение о дележе, просто сказав, что будет поступать как ему угодно. В другом случае у каждого из игроков может быть "суверенное право" настаивать на обязательном учете в решении конкретно его предложений, так как все игроки, например, договорились следовать неким традициям "социальной справедливости".

Так вот, если игроки не наделены подобным "суверенным правом", но обладают другими, указанными в этих примерах, возможностями, то, оказывается, можно применить, математический аппарат, вроде бы неуместный для использования в условиях поведенческой неопределенности. Речь идет об использовании аппарата для анализа Марковских стохастических процессов. Если же игрокам дано "суверенное право" требовать обязательного учета в общем решении своего индивидуального мнения, то целесообразно применить математическую модель группового выбора или воспользоваться технологиями и методами ведения деловых бесед.

Цепи Маркова находят приложения в самых разнообразных отраслях деятельности, зачастую не являющихся по своей природе стохастическими. Например [49], монах ордена св. Августина Грегор Мендель стохастическим считал процесс обмена генами при скрещивании сортов гороха. Для моделирования этого процесса хорошо подходят цепи Маркова. Однако такой ли он в действительности, генетика пока не может ответить точно. Другое хорошо известное приложение теории цепей Маркова к нестохастическим процессам – описание денежных потоков при расчете наличными между городами в государстве. Наконец, еще одной интересной для нас задачей, не являющейся по своей природе вероятностной, является задача об общих закономерностях формирования мнения в социальной группе. К этому типу относятся и экономическая задача инвестирования финансовых средств в некоторый проект группой лиц, и задача принятия политического решения об интенсивности реагирования правительственного кабинета на то или иное политическое событие, и некоторые сходные задачи экономической теории и практики.

Рассмотрим кратко суть "Марковского" подхода и постановку задачи отыскания решения в игре N лиц [49]. Пусть группа состоит из N членов и она должна принять решение, какую сумму выделить на предлагаемый проект. В начальный момент  $t = 0$  каждый  $i$ -й член группы имеет на это свое мнение  $a_i(0)$ ; каждый член группы обладает определенным влиянием на других (в том числе и на себя). Без какого-то

ущерба будем степень влияния  $i$ -го члена на  $j$ -го оценивать числами  $y_{ij} \geq 0$ ,  $\sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 1$ . Последнее легко

достижимо, если каждое  $\gamma_{ij}$  нормировать величиной  $\sum_{i=1}^n \gamma_{ij}$ .

В такой символике ситуацию взаимных влияний среди членов группы можно представить в виде нагруженного ориентированного графа. Вершины графа моделируют участников группы. Возле каждой из вершин поставлены их нагрузки  $a_i(t)$ , моделирующие текущие мнения участников относительно того, какую сумму выделить на проект. В начальный момент моделирования эти величины равны  $a_i(0)$ . Стрелки отображают влияния участников группы друг на друга и на самих себя. Возле стрелок проставлены их нагрузки  $\gamma_{ij}$ , моделирующие степени интенсивности указанных влияний. Сформированный таким образом граф называют графом влияний в группе. Его пример представлен на рис. 3.8.

Будем в дальнейшем полагать, что в процессе разработки коллективного решения граф влияний не изменяется, а мнения членов группы изменяются в дискретные моменты времени  $0, 1, 2, \dots, t, t+1$ . При этом полагают, что в последующий момент  $t+1$  относительно рассматриваемого момента  $t$  мнение  $j$ -го члена группы формируется как средне взвешенное всех мнений момента  $t$ :

$$a_j(t+1) = \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} a_i(t). \quad (3.16)$$

Для того чтобы выявить окончательное решение после достаточно большого числа шагов процесса обмена мнениями (и, следовательно, влияниями), граф влияний преобразуют в так называемый обращенный граф, который затем считают стохастическим.

На рис. 3.9 представлен обращенный граф, полученный из графа влияния, изображенного на рис. 3.8. Чтобы построить обращенный граф, нужно изменить в исходном графе влияния направления всех стрелок, кроме рефлексивных, на противоположные, а нагрузки  $\gamma_{ij}$  заменить вероятностями  $p_{ij}$ , равными по величине  $\gamma_{ij}$ . Легко заметить, что формально обращенный граф является стохастическим, так как сумма вероятностей перехода из какого-либо состояния в другие равна единице.

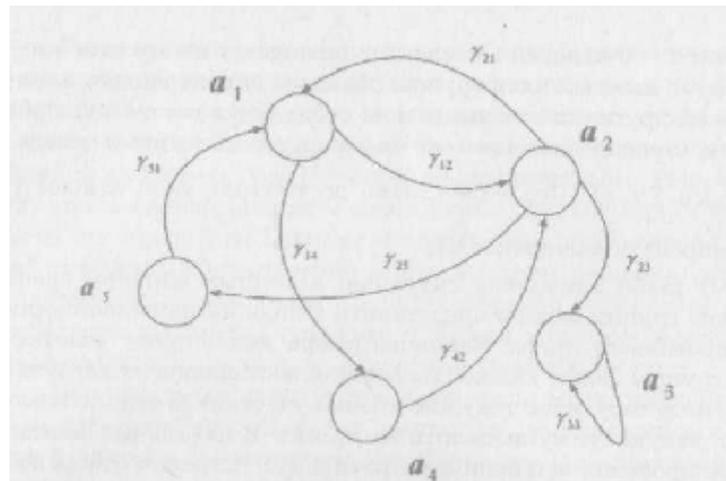


Рис. 3.8. Граф влияний в группе

Что будет происходить, если число шагов процесса обмена мнениями между участниками группы увеличивать?

Обозначим матрицу переходов через  $J = \|\|P_{ij}\|\|$ . Тогда условие  $a_j(t+1) = \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} a_i(t)$  в векторном виде можно переписать как  $A(t+1) = A(t) J, t = 1, 2, 3, \dots$

В итоге это рекуррентно приводит к соотношению:

$$A(t) = A(0) J^{(t)}, \quad (3.17)$$

в котором выражение  $J^{(t)}$  означает умножение исходного вектора  $A(0) = \|(a_i(0))\|$  на матрицу  $J$  переходов справа  $t$  раз.

Оказывается, если граф влияний сильно связный (т. е. для любой пары вершин одна из них

достижима из другой и наоборот) и содержит хотя бы одну рефлексивную петлю, то члены группы достигают финального общего мнения. Другими словами, групповое решение обязательно существует. При этом по своему значению это решение будет представлять собою среднее взвешенное начальных мнений  $a_i(0)$ , а в качестве весовых коэффициентов будут выступать финальные вероятности  $P_i$  каждого из  $i$ -х состояний на обращенном графе, вычисленные с помощью матрицы переходов  $J$

$$a_i = \sum_{j=1}^n P_j a_j(0). \quad (3.18)$$

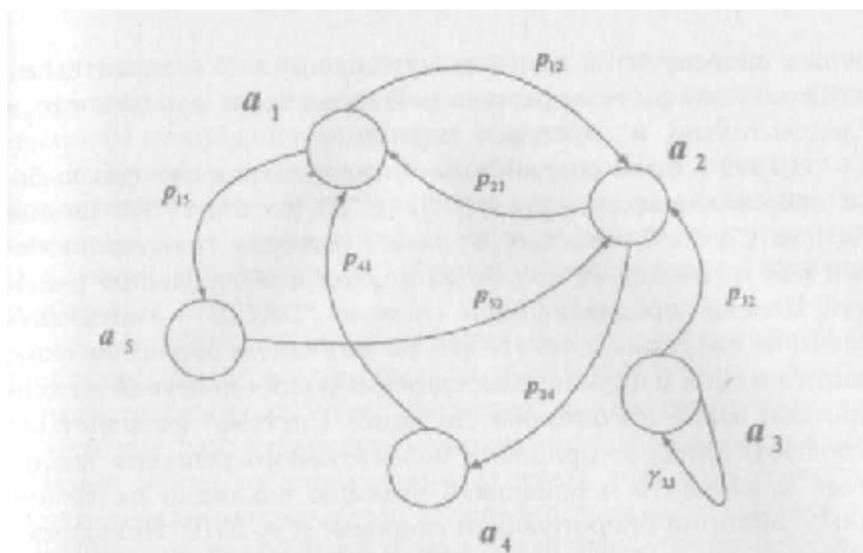


Рис. 3.9. Обращенный граф

Поскольку финальные вероятности  $P_i$  представляют собой предел, к которому стремится  $J^{(t)}$ , то очевидно, что выполняется условие  $P(t) = P(0) J^{(t)}$ . Это соотношение может быть использовано для вычисления интересующих нас финальных вероятностей состояний. То есть естественным будет переход  $P = PJ$ , причем  $\sum_{j=1}^n P_j = 1$ . Очевидно, что выбор компонент начального вектора  $P(0)$

несущественен, например, все их можно взять одинаковыми, равными  $\frac{1}{N}$ . Тогда, решив систему из  $N$  линейных уравнений с  $N$  неизвестными, найдем (если система разрешима) финальные вероятности, а следовательно, и групповое мнение.

В 1999 г. была разработана интерактивная система выбора сдерживающих действий "DACIS" (от англ. "Deterrence Actions Choice Interactive System"), которая технологически как раз и реализует подобный подход к обоснованию решений. Целевое предназначение системы "DACIS" – оценивать реакции коалиции конкурента на варианты экономических, политических и финансовых сдерживающих действий на конкретном этапе проблемной ситуации. Система позволяет исследовать процесс принятия коллективного решения коалицией конкурента и оценивать реакцию коалиции на те или иные действия оперирующей стороны, т. е. ЛПР. Исходными данными для работы системы "DACIS" являются: структура взаимовлияний членов коалиции; индивидуальные начальные реакции каждого члена коалиции на действия оперирующей стороны. Система позволяет решать задачи определения возможных объектов сдерживания на основе анализа структуры взаимовлияний в коалиции, групп доминирующих членов коалиции, мнение которых является определяющим для остальных (зависимых) членов; определения мнения каждого члена коалиции после проведения переговоров о возможной ответной реакции коалиции на альтернативу сдерживающих действий оперирующей стороны.

Рассмотрим теперь основные положения для формирования математической модели группового выбора. Напомним, что в условиях такой модели конфликта у каждого из игроков есть право настаивать на обязательном учете в общем решении конкретно его предложений. Это значит, что игроками оговорены и все обязались строго исполнять некие правила ведения игры, базирующиеся на общих

представлениях о "социальной справедливости". Впервые требования для формирования подобных правил сформулировал Эрроу [31]. Они состояли в следующем.

1. Решение не должно выноситься по привычке или по традиции, т. е. не должно быть постоянного решения, независимого от предпочтений членов группы.

2. Решение не должно быть диктаторским, т. е. групповое предпочтение не должно быть идентичным с предпочтением какого-то одного члена группы, который поступает так или иначе, совершенно не обращая внимание на предпочтения других.

3. Между групповым предпочтением и предпочтением индивидуальным должна быть положительная связь. Это означает следующее. Пусть, например, мы рассматриваем какие-то две различные комбинации индивидуальных упорядочений каких-то альтернатив. И пусть при этом какая-то определенная альтернатива классифицирована в обеих комбинациях, по крайней мере, как "отличная". В таком случае эта альтернатива должна быть классифицирована как "отличная" также и в групповом упорядочении.

4. Предпочтение в групповом выборе должно быть независимым от добавления или вычеркивания других альтернатив.

5. Дополнительно Эрроу ввел требования о том, чтобы отношение предпочтения между любыми двумя суждениями было бы транзитивным как в индивидуальном, так и в групповом упорядочении, и что число сравниваемых альтернатив должно быть не менее трех (так как начиная с трех альтернатив возможно проявление нетранзитивности суждений).

Однако, как оказалось, при таких условиях может быть получен только отрицательный результат. Эрроу доказал, что "социально справедливого" правила согласования индивидуальных мнений, которое удовлетворяло бы всем перечисленным требованиям и ограничениям, не существует. Те, кому не нравится чисто отрицательный результат, имеют возможность опустить некоторые ограничения, а затем, возможно, приблизиться к положительному результату.

Наиболее известными из правил группового выбора являются:

- ◆ правило простого большинства;
- ◆ мажоритарное правило (вплоть до тотально мажоритарного);
- ◆ правило оценки предпочтительности на основе суммарного ("среднего") ранга;
- ◆ медианное правило.

При этом правила группового выбора типа мажоритарных нередко приводят к потере транзитивности, а следовательно, являются стратегически сильно манипулируемыми. Правила оценки предпочтительности, основанные на вычислениях рейтинга ("суммарного среднего ранга"), в общем случае не являются независимыми от добавления или вычеркивания других альтернатив. Медианные правила существенно снижают зависимость группового решения от индивидуальных предпочтений, нивелируют их. И еще одно. Поскольку для упорядочения процесса своей работы группа чаще всего избирает председателя, у того появляется важная стратегическая прерогатива – подбор альтернатив и выставление их, например, для голосования. Это может оказать существенное влияние на групповое решение, из-за чего, по сути, правило группового выбора перестает удовлетворять требованию отсутствия диктатора.

### **3.3.4. Технология ведения деловых бесед**

Как известно, для того чтобы достичь желаемого эффекта в операции в условиях поведенческой неопределенности, ЛПР может воспользоваться весьма ограниченным набором стратегических возможностей. Исторически первой возникла и чаще всего использовалась стратегия силы. При этом успеха в операции добивался тот, у кого этой самой силы было больше, кто был сильнее. Со временем сила уступила новой, цивилизованной форме решения проблем в условиях поведенческой неопределенности – правовой. Все больше и больше отношений между субъектами стало регулироваться правом. Это удобно. Это выгодно. Это почти не приводит к фатальным исходам при решении проблем.

Но как быть, если проблему не удается или просто невозможно решить ни силой, ни по праву? В таком случае остается третий стратегический путь – договориться. Оказалось, что переговоры являются весьма эффективным средством достижения целей. В ходе деловых встреч и переговоров можно было влиять на мнение других субъектов, потенциальных или реальных участников операции. В ходе переговоров можно было оценить перспективы, наметить возможность организации союзов,

устойчивость потенциальных коалиций. Существенным оказалось и то, что часто только в ходе деловых встреч и переговоров можно было получить важную информацию для принятия решений, определиться с явными "союзниками", выявить "нейтральных" и "антагонистов" среди участников планируемой ЛПР операции. Эти и другие причины привели к тому, что с давних времен человечество стало культивировать искусство договариваться. Со временем это привело к развитию целой системы научных рекомендаций по организации и ведению переговоров, деловых встреч, деловых бесед.

Почему же общение часто приводит к противоположным результатам? Почему, например, мы хотим понравиться, а производим неблагоприятное впечатление? Критикуем, а объект нашей критики ведет себя еще хуже? Идем на переговоры, а уходим с испорченными отношениями? Чаще всего это происходит потому, что люди не могут отделить в своих действиях эмоциональное от рационального. Нас раздражают любые проявления нетерпимости. Свое восприятие заурядный человек принимает за эталон и оценивает с этих позиций чужие поступки и мысли. Подобные люди безапелляционно дают оценку собеседнику, не сомневаясь, что собственная позиция правильная и объективная. В итоге – конфликт, столкновение мнений, позиций, интересов.

В процессе поиска пути разрешения конфликта люди предлагают свои варианты. Но человек с эгоистичным умом видит только те возможности решения проблемы, которые угодны ему, не понимая, что никому не дано познать все множество альтернатив. Эгоистичный видит исключительно только "свою часть", принимает ее за целое и не допускает возможности других вариантов. Общение с такими людьми затруднено. Они нетерпимы, негибки, отвергают все, что не согласуется с их позицией. Но ведь разумнее чужую позицию, пусть ошибочную, сначала рассмотреть как новый подход к решению проблемы, который ослабит напряжение и разрешит противоречие.

Французы говорят: "Переговоры – это не место для порывов, а место для дипломатии". Еще в 1716 г. французский дипломат Франсуа де Каллере издал книгу, посвященную проблемам переговоров. В ней он дал общую характеристику стратегии поведения на переговорах [16]. В частности он рекомендовал не быть высокомерным, не показывать своего раздражения, не прибегать сразу же к помощи угроз, не напускать на себя враждебности, не поддаваться приступам гнева и, наконец, не воображать и не рисоваться. Каллере также указал на то, кого не следует привлекать к переговорам: картежников, легко возбудимых, страстных людей, людей с неуправляемым, резким нравом, людей с сомнительным прошлым и тех, "кто придается фривольным развлечениям". Судя по всему, эти рекомендации не были самоочевидны в то время.

Итак, можно считать давно установленным, что эмоциональное поведение большинства людей в переговорах неэффективно. А раз так, то значит, неэффективны и подходы к ведению переговоров. Нужно их менять. Начать нужно с изменения представлений о самих переговорах.

С позиций современной ТПР, деловая беседа – это особый тип публичного выступления. Деловая беседа чаще всего ведется в интересах какого-то крупного, важного дела, которое может существенно повлиять на решение проблем, стоящих перед ЛПР. Круг участников деловой беседы часто небольшой, возможно даже с глазу на глаз. По своему временному масштабу они, как правило, быстротечны. Для того чтобы овладеть искусством и приобрести опыт в ведении деловых бесед, ЛПР, разумеется, следует вначале познакомиться с научными основами их планирования и проведения, изучить их стратегию и тактику. Начать следует с изучения целей публичных выступлений.

Психологическая теория решений так классифицирует главные цели публичных выступлений:

- ◆ информационная – передать, получить или обменяться информацией, выяснить или прояснить ситуацию для принятия решения;
- ◆ трансформационная – произвести или изменить впечатление о ком-то или о чем-либо, убедить, успокоить;
- ◆ акционная – призвать к действию, увлечь;
- ◆ развлекательная.

Достижение каждой из перечисленных целей осуществляется на практике по-разному. Так, например, чтобы произвести нужное впечатление на избирателей, кандидаты в президенты ведут публичные дебаты, депутаты парламента приглашают корреспондентов на свои выступления, политики делают "открытые" заявления. Чтобы добиться большей эффективности усвоения материала, преподаватель на занятиях стремится увлечь аудиторию и убедить ее в необходимости применять теоретические знания на практике. Испокон веку полководцы выступают перед войсками, чтобы воодушевить их перед сражением, чтобы призвать их к самоотверженным действиям, ведущим к победе. Одна из главных задач религиозных деятелей – успокоить прихожан, и с этой обычной целью

они ведут проповеди. Профессиональные артисты выступают на сцене, чтобы, например, развлечь публику.

Целями конкретной деловой беседы могут быть любые из перечисленных целей публичных выступлений. Однако чаще всего деловые беседы ведутся либо с целью выяснить у кого-то необходимые сведения, либо для того, чтобы изменить у других лиц впечатление о собственных целях и намерениях, либо чтобы произвести необходимое впечатление на оппонента или призвать его к совместному совершению какого-то важного действия.

Разумеется, при этом часто происходит несовпадение или даже столкновение интересов собеседников. Возможными причинами этого могут быть нежелание одного из собеседников, чтобы другой узнал от него некую информацию, или стремление хотя бы одного из собеседников призвать другого к таким действиям, которые противоречат его интересам, или что-то другое. А раз так, то в деловой беседе нередко неявно или явно зреет и даже возникает конфликт.

При этом такой конфликт оказывается весьма динамичным, в ходе деловой беседы конфликтная ситуация быстро меняется, а исход этой "операции" остается неопределенным для каждого из собеседников до самого конца беседы. В подобном "сражении" скорее всего добьется своей цели тот из собеседников, кто стратегически и тактически окажется лучше подготовлен к беседе, "лучше вооружен". Важным фактором успеха, эффективным оружием ведения беседы является умение по косвенным признакам – по моторным реакциям, восклицаниям и поведению – определить возможные угрозы и заметить свои и чужие частные победы. А если при этом один из участников беседы быстро ориентируется в меняющейся ситуации, знает (или как минимум предполагает), каковы могут быть в ней повороты, эта информация очень сильно увеличивает шансы на успех. Умелый собеседник сможет корректировать текущие тактические задачи на отдельных фазах беседы в зависимости от достигнутых текущих результатов. А главное, как всегда, у того больше шансов на успех (см. п. 1.1.3, рис. 1.1.4), кто более энергичен и удерживает инициативу до самого конца беседы.

А каковы при этом могут быть задачи деловой беседы? Как правильно организовать, подготовить и решить эти задачи, чтобы наиболее эффективно провести деловую беседу?

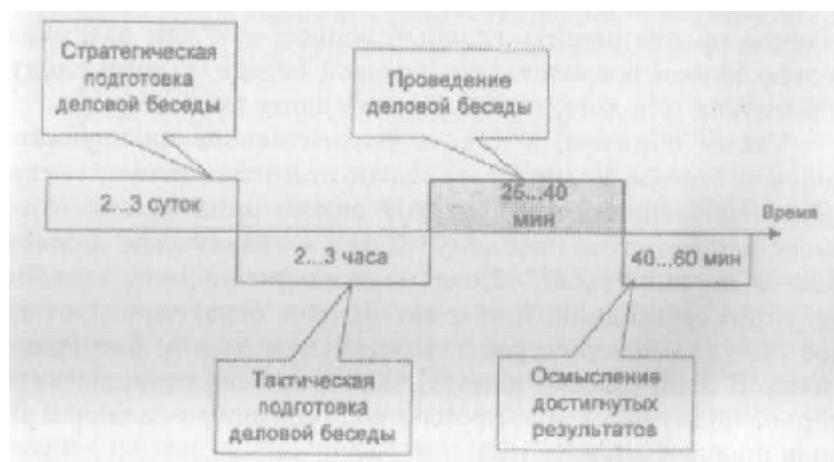
Прежде всего отметим, что задачи деловой беседы – это то, на что расчленяется ее конечная цель, когда ее декомпозируют на частные результативные фрагменты ("подцели"), логически увязывают по этапам их достижения, объектам приложения усилий, ресурсам, месту и времени. В дальнейшем при содержательном описании той или иной задачи деловой беседы для определенности будем отождествлять ЛПР с нами самими и употреблять в отношении него обороты типа "Мы", "Вы", "Ваш", "Наш" и т. п. В отношении собеседника ЛПР будем говорить "Он", "Его", "Ему" и т. п.

Итак, начнем наш анализ. Прежде всего, конечно, будем строго следовать принципам цели и декомпозиции. Это мгновенно приводит нас к пониманию того, что целесообразно отделить организационно процесс подготовки деловой беседы от процессов ее проведения и подведения итогов, оформить подготовку деловой беседы как самостоятельную подоперацию. Сам процесс подготовки деловой беседы целесообразно также разделить и обозначить в нем как минимум два этапа:

- ◆ стратегическая подготовка;
- ◆ тактическая подготовка.

На этапе стратегической подготовки разрабатывают замысел и формируют концептуальный облик деловой беседы, на этапе тактической – готовят и прорабатывают основные фазы деловой беседы.

На рис. 3.10 схематично представлена последовательность основных этапов организации и проведения деловой беседы, а также указаны примерные продолжительности каждого этапа.



**Рис. 3.10.** Последовательность и продолжительности основных этапов организации и проведения деловой беседы

Основную долю времени занимает стратегическая подготовка. Продолжительность этапа тактической подготовки соотносится с продолжительностью самой деловой беседы приблизительно как 5:1. Для осмысления, анализа и оценки фактически достигнутых результатов обычно требуется около часа.

В табл. 3.2 сведены обобщенные описания содержания целей и задач для каждого из этапов организации и проведения деловой беседы.

На этапе **стратегической подготовки беседы** вначале устанавливают ее характерный тип. Для этого используют представления ЛПР о цели беседы. Если цель беседы заключается в том, чтобы довести информацию и призвать к действию, то эту беседу следует отнести к типу "кооперационной".

Если целью деловой беседы является стремление представить доказательства, произвести впечатление или убедить собеседника в чем-либо, то тип деловой беседы "рассудительная" (т. е. мы стремимся, чтобы он рассудил ситуацию в нашу пользу).

Установление характерного типа беседы позволит достаточно просто решить главный вопрос – с кем нам обязательно нужно встретиться в деловой беседе, к кому следует обратиться для того, чтобы решить нашу проблему.

Таким образом, в ходе стратегического планирования деловой беседы Мы должны найти ответ на главный вопрос "Без непосредственного участия какого лица, без кого я не смогу решить свою проблему? С кем я обязательно должен о чем-то договориться?". Пока не установлено, кто этот Ваш будущий собеседник, или ответ на этот стратегический вопрос получен неверно, решать остальные задачи бесперспективно. В этом смысле данную задачу можно отождествить первой из задач модели проблемной ситуации – задачей анализа проблемы (см. п. 1.1.5).

Но вначале нужно хотя бы "заявить о себе". Нужно установить контакт с потенциальным будущим собеседником. Следует иметь в виду, что нередко Наш будущий собеседник, от которого во многом зависит разрешение нашей проблемы, рангом не ниже Нас самих.

Таблица 3.2

**Содержание целей и задач основных этапов организации и проведения деловой беседы**

Содержание основных этапов	Основные этапы организации и проведения деловой беседы			
	Стратегическая подготовка беседы	Тактическая подготовка беседы	Проведение беседы	Осмысление достигнутых результатов
Цель	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сформировать замысел и концептуальный облик беседы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Спланировать и разработать содержание деловой беседы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Убедить Его принять решение, предложенное Нами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Продолжить накопление опыта подготовки и проведения деловых бесед</li> </ul>
Задачи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Определить цели беседы</li> <li>• Установить собеседника и других участников беседы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проанализировать ситуацию</li> <li>• Собрать и обработать информацию</li> <li>• Составить черновик беседы</li> <li>• Подготовить иллюстрации</li> <li>• Контролировать подготовку и окончательно оформить беседу</li> <li>• Тренировка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Привлечь Его внимание к решаемому вопросу</li> <li>• Захватить и непрерывно удерживать инициативу</li> <li>• Точно передать информацию и суть наших предложений</li> <li>• Подтвердить выгоду наших предложений</li> <li>• Рассеять Его сомнения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Зафиксировать удачные стратегические и тактические приемы организации и проведения беседы</li> <li>• Учесть недостатки в подготовке, совершенные ошибки</li> <li>• Определить способы устранения недостатков в будущем</li> <li>• Распространить опыт</li> </ul>

Как правило, это лицо окружено достаточно плотным кольцом секретарей, референтов или даже охраны. Доступ к такому лицу затруднен, а потому установление контакта с будущим собеседником иногда оказывается непростой задачей. Важно заранее продумать возможные реакции Его окружения на Наше обращение к Нему.

Предположим, Нам удалось установить контакт с нашим потенциальным собеседником. С чего начать? Прежде всего любыми средствами заинтересуйте Его, пробудите в Нем интерес к встрече с Вами. Для этого заранее продумайте, чем Вы привлечете Его внимание именно к Вашему посещению и как Вы убедите Его в необходимости и полезности для Него беседы с Вами. Хорошо запомните, что если Вы не сумеете успешно решить эту задачу, то ваш первый контакт с потенциальным собеседником может сразу превратиться в последний. Сама возможность повторной встречи, скорее всего, окажется заблокированной.

Однако если все прошло удачно, то остается решить, где и когда лучше всего провести беседу. Необходимо тщательно продумать, договориться, спланировать и провести все организационные и технические мероприятия (работы по подготовке встречи. Следует обсудить, а лучше – предложить состав участников беседы, договориться и решить, в каком порядке и с помощью каких средств или каким способом будут документировать основные моменты деловой беседы и ее результаты. И, конечно же, не должно быть никаких сбоев в "техническом обеспечении". Постарайтесь наилучшим образом обеспечить условия для работы, беспрепятственный допуск участников, необходимую охрану, четкую организацию всех рабочих мест участников. Творчески подберите и тщательно настройте средства презентации и связи, спроектируйте стиль освещения, отрегулируйте режимы кондиционирования и проч.

Пока эти "технические вопросы" решаются, продолжайте заниматься стратегическими вопросами. Оцените перспективы будущих переговоров.

♦ Хорошо ли мы знакомы с историей проблемы: чем она была раньше, какие этапы в своем развитии прошла, каковы перспективы? Есть ли у нас соответствующие документы?

♦ Достаточно ли хорошо мы осведомлены о том, что предлагается к обсуждению?

♦ Можем ли мы провести квалифицированную экспертизу по специальным вопросам?

♦ Что представляют собой Наши интересы и цели, Его цели и интересы? Каких результатов мы хотим добиться? Чего хотят наши оппоненты? Чем мы будем удовлетворены меньше всего? Возможно и нужно ли установить "разделяющую границу" между соглашением, которое едва ли можно достичь и решением, которое вообще нам недоступно?

Какие из наших и какие из Его принципов, провозглашенных обязательств, политических и деловых заявлений имеют отношение к переговорам?

Немаловажный вопрос – оценка "соотношения сил сторон". Она состоит из ответов на следующие

вопросы:

Какими полномочиями обладает собеседник?

Какие можно выделить слабые и сильные стороны у собеседников?

Следует ли ожидать со стороны собеседника манипуляций и какого-либо "силового" давления?

В чем мы зависим от собеседника, в чем зависит от нас он?

Если соглашение не достигнуто, как это отразится на обеих сторонах?

Есть ли у нас и у него в распоряжении форсмажорные альтернативы?

Решив указанные стратегические вопросы, Мы сможем достаточно уверенно судить о том, какого рода атмосфера ожидается за столом переговоров, с какими людьми Мы будем иметь дело, каков их переговорный стиль, их "подоплека", в чем они заинтересованы лично. Это также позволит Нам правильно психологически настроиться на беседу, поможет Нам отделить интересы от индивидуумов, сохранить в будущем хорошие отношения.

После этого можно переходить к *тактической подготовке беседы*. Эта фаза подготовки имеет целью более подробную оценку условий проведения беседы (рабочей обстановки, силового баланса участников), планирование и разработку основных этапов проведения беседы, а также отработку техники и приемов действий в ходе беседы.

При оценке степени благоприятности рабочей обстановки прежде всего решите, что нужно предпринять, чтобы лучше узнать друг друга до переговоров, добавить в отношения доверительности. Если Наш собеседник будет на встрече не один, постарайтесь побольше узнать о других участниках беседы с Его стороны. По возможности предпримите шаги с целью исключить либо заменить тех членов делегации, которые любят вступать в полемику. Решите, должны ли поведение, одежда быть официальными или они могут быть более демократичными. Подумайте, как лучше всего обращаться к собеседнику (только по имени, по имени и отчеству, с добавлением званий и характеристик статуса), допустимо ли неформальное общение во время перерывов и т. п. И на основе всего этого окончательно решите, удобно ли будет работать в данном месте переговоров и с подобным режимом, будут ли за столом переговоров участники беседы сидеть беспорядочно либо определенным образом (например, по разным сторонам стола).

Планирование деловой беседы предполагает определение перечня и содержания общих и частных вопросов, перечня промежуточных и конечных целей (результатов) для каждого из этапов деловой беседы, а также – необходимой информации, материалов и доказательств. При работе по плану планированию деловой беседы необходимо обеспечить достаточно времени на подготовку, работать методично и по плану.

Некоторые считают составление плана беседы излишней роскошью. При этом они рассуждают приблизительно как фаталисты: "Как можно планировать нечто, где любой новый факт, внезапно возникший в ходе встречи, может разрушить весь замысел до основания? Зачем же тогда этот план?". Однако цель планирования как раз и заключается в максимальной нейтрализации неожиданностей за счет рефлексивной генерации своей линии поведения. Ведь психологически ясно, что, несколько раз "испугавшись" в ходе планирования, Вы будете не таким пугливым в ходе самой деловой беседы, будете спокойнее, быстрее и гибче реагировать в случае внезапных поворотов в разговоре с собеседником. При планировании Вы действуете так же, как и при рефлексивной генерации стратегий в игре. В результате Вы устанавливаете главные цели и разрабатываете задачи деловой беседы, выявляете их взаимосвязи и очередности решения. Все это позволит эффективно провести поиск подходящих путей для достижения цели и решения частных задач, анализ внешних и внутренних ресурсов и возможностей для их реализации, сформировать прогнозный сценарий деловой беседы. Такой подход позволяет глубже осмыслить ситуацию, перевести предложения и варианты решений, выдвигаемых в ходе деловой беседы, на рациональные основания.

Следует иметь в виду, что, согласно ТПР, современная схема *проведения деловой беседы* состоит из пяти фаз [37]:

- ◆ начало беседы;
- ◆ передача информации;
- ◆ аргументирование;
- ◆ контраргументация (нейтрализация замечаний; опровержение доводов собеседника);
- ◆ принятие решения (завершение беседы).

При планировании необходимо учитывать особенности каждой фазы и расставлять акценты по срокам, отталкиваясь от особенностей ситуации. Всегда следует помнить, что чем меньше

предполагаемое время на саму деловую беседу и чем она важнее, тем больше должна быть разница в пользу времени планирования. Например, в некоторых случаях подготовка к 10-минутной беседе с очень важным исходом занимает до двух часов. Как рационально распорядиться этим временем?

Вначале следует в течение примерно 15–20 мин обдумать ситуацию в целом и провести предварительный анализ возможных позиций Нашего собеседника. Главным итогом этой работы должно стать определение целей (основной и запасной) деловой беседы. Эти цели и задачи нужно затем **текстуально записать** и постоянно держать под рукой. Теперь подумайте, какую пользу из беседы может (или мог бы) извлечь наш собеседник. Запишите этот результат в виде предполагаемой "цели" вашего собеседника. Теперь, глядя на формулировки Нашей и Его целей, разработайте подробную структуру (план) того, что и в какой последовательности вы должны говорить на каждом из этапов деловой беседы, чтобы в равной степени осветить все плюсы и минусы обсуждаемой проблемы, достоинства и недостатки предлагаемых результатов, которые могут быть достигнуты, если будет принято Вами предложенное решение. На это придется потратить не менее 10–20 мин.

После того, как указанная концептуальная работа проделана, можно переходить, так сказать, к "оперативной части" подготовки деловой беседы. Обычно оперативная часть требует не менее 30–40 мин. За это время нужно успеть организовать и провести сбор данных и информации, ее обработку и систематизацию, подготовить выводы и аргументы, придать выразительность главной части беседы (передача информации – аргументация – контраргументация), увязать ключевые слова и выражения.

Прочтите все, что Вами записано. Посмотрите на все критически, с позиции Вашего собеседника, и на этой основе придумайте "заготовки" на Его возможные замечания. Таких заготовок должно быть несколько вариантов. Выучите их наизусть.

После этого можно приступить к разработке начальной и завершающей фаз беседы. На это уходит обычно 5–6 мин. Далее переходят к "технической проработке" всех вопросов. В чем заключается техническая проработка? В том, чтобы записать цитаты, начертить диаграммы, сделать наброски по технике изложения. Затем все еще раз необходимо просмотреть, проверить и придать беседе окончательные формы.

Важный элемент тактической подготовки деловой беседы – репетиция. Здесь времени жалеть не надо. Отведите на эту работу как минимум полчаса. За это время следует мысленно отрепетировать выступление, а затем пригласить референтов и еще раз репетировать выступление "на публике" в форме предполагаемого диалога с собеседником. Рассмотрим теперь содержательно, фаза за фазой, саму деловую беседу.

Несомненно, что на результат переговоров сильно повлияет то, как Вы их начнете. Опытный участник переговоров всегда считает важным создание конструктивной атмосферы. Стремитесь создать атмосферу доверия, доброжелательности и надежности. Атмосфера раздражительности и формализма является серьезным препятствием для обеспечения эффективности переговоров. Запомните, не нужно сразу занимать место за столом переговоров. Сначала подойдите к тому месту, где бы Вы хотели сидеть. Затем пройдитесь по комнате. Постарайтесь поприветствовать несколько человек, присутствующих на переговорах, перекинуться с ними парой слов. Поговорите о вещах, не касающихся предмета переговоров. Проявите чувство юмора; говорите в более или менее доверительной манере, когда обсуждаете личные проблемы либо новости; напоминайте о взаимозависимости; покажите собеседнику, что у вас с ним есть общие интересы. Главная цель фазы начала переговоров – подготовить собеседника к тому, чтобы он выслушал ваши доводы и предложения. Для этого нужно решить две важные задачи: снять напряженность и сосредоточить Его внимание на решаемой проблеме.

Итак, начало переговоров положено. Мы переходим к фазе передачи информации. Главное здесь следующее: излагайте Вашу точку зрения и Ваши предложения интересно. Это позволит Вам постоянно удерживать внимание Вашего собеседника. Дело в том, что в силу ряда причин Ваш собеседник может Вас не слышать, даже если внимательно слушает [36]. На рис. 3.11 представлена схема "фильтрации" собеседником передаваемой ему информации. Из нее видно, какие причины и в какой мере снижают эффективность процесса передачи информации.

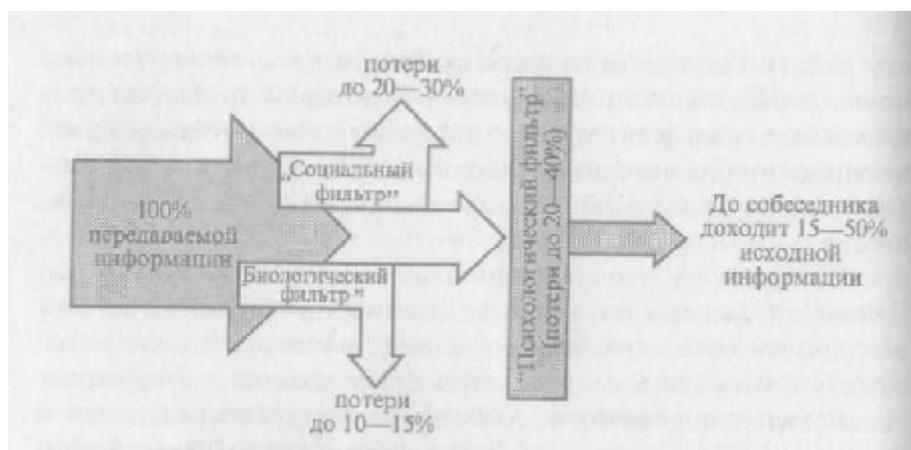


Рис. 3.11. Схема "фильтрации" собеседником передаваемой ему информации

Во-первых, это биологическая причина ("биологический фильтр"). Врожденный инстинкт самосохранения заставляет сознание слушающего Вас непрерывно переключаться с одной мысли или образа на другие под действием внешних или внутренних раздражителей. Например, Он вдруг услышал, как скрипнула дверь, завизжали тормоза автомобиля, увидел, как блеснул солнечный луч в окне дома напротив, почувствовал озноб от легкого сквозняка и так далее и тому подобное – и все! Все это внезапно породило в Его сознании лавину воспоминаний, образов, мыслей. Человек неосознанно попадает в некое состояние гипнотического сна: он вроде бы Вас слушает, но – не слышит. Это может приводить к потере 10–15% передаваемой информации.

Вторая причина – социальная ("социальный фильтр"). Это и разный уровень образования, несовпадение словарных запасов, разный социальный статус ("старший" обычно менее внимательно слушает "младшего"), разные религиозные воззрения, национальность, разный опыт. В результате еще 20–30% передаваемой Вами информации теряется.

В качестве третьей можно назвать психологическую причину ("психологический фильтр"). Это амбиции. Это скрытое или явное, намеренное или подспудное нежелание слушать говорящего. Амбиции порождаются предвзятостью (позицией типа "Они и Мы"). Предвзятость вызывает враждебное отношение к говорящему. Тот, с кем Вы говорите, никак не может отделить личное отношение к Вам от отношения к делу, Вашим предложениям и теориям, Вашему мнению. Он встает на позицию типа "изобретено не Нами" и отвергает все "Ваше" с порога. В результате это еще 20–40% потерь информации.

В итоге до сознания слушающего может доходить всего лишь 15–50% передаваемой Вами информации. Поэтому единственный путь пробиться через эти "фильтры" – говорить интересно, в интригующей манере, простым и доходчивым языком, эмоционально приятно. Это значит: после того как деловая беседа началась, постоянно привлекайте Его внимание к обсуждаемой теме, демонстрируйте заинтересованность, а главное – постоянно следите за чувствами и реакциями. Во время беседы не рекомендуется перебивать собеседника, заниматься посторонними делами, прерывать беседу телефонными разговорами. Смотреть нужно собеседнику в глаза. Внимательно прислушивайтесь к эмоциональным сигналам внутри Вас, постарайтесь разгадать, что означают реакции, которые Вы отметили у Вашего собеседника.

Говорите о том, что волнует Вашего собеседника, постарайтесь понять, что Вас заинтересовало бы, будь Вы на Его месте, как реагировали бы Вы в таком случае? Основной тактический прием: "Вы – подход". Примеры фраз типа "Вы– подход": "Конечно, Вам уже известно ...", "Вам будет интересно узнать ...", "Как Вы знаете...", "Ваша проблема в том, чтобы ...".

Когда собеседник излагает свой вопрос, нужно быть предельно внимательным, чтобы не пришлось вновь уточнять и повторять уже сказанное. Можно вставлять поощряющие замечания типа ПОНИМАЮ, ИНТЕРЕСНО и т. п. Иногда может возникнуть необходимость уточнить что-либо, тогда, выбрав удобный момент, можно задать вопрос или повторить, последние слова собеседника, чтобы подчеркнуть внимание и интерес к разговору. Не следует допускать выражения личного предубеждения к собеседнику или к излагаемому им вопросу, торопиться с выводами, игнорировать различия между фактами и суждениями о них.

Как ни странно, но многие деловые беседы заканчиваются (по сути), так и не успев толком начаться.

Обычно это происходит из-за того, что первые фразы очень незначительны. Может быть, Вы начали с извинений или как-то еще проявили свою неуверенность ("Что может сделать для меня человек, который в себе-то не уверен?" – спрашивает себя Ваш собеседник), или сразу взяли просительный тон ("Пожалуйста, если у Вас есть время меня выслушать, то..."). Самое тяжелое, если в Ваших словах проскользнуло неуважение или пренебрежение к нуждам, заботам, принципам, религиям, внешнему виду и прочему у собеседника ("Я случайно оказался рядом, так что давайте-ка быстренько решим ... вопрос о ..."). Не менее опасно, если Ваши слова насторожили собеседника или он вынужден был сразу начать оправдываться, занять оборонительную позицию. Во всех подобных случаях возникает непреодолимый психологический барьер, и собеседник хочет сразу от Вас избавиться.

**Начать** беседу целесообразно с положений или суждений, которые наверняка сближают Вашу и собеседника точки зрения по рассматриваемой проблеме. Затем перейдите к менее очевидным (но выгодным обеим сторонам) фактам, придав им форму вопроса и, следовательно, в значительной степени смягчив их категоричность. В такой форме собеседник воспримет их легче. Особенно удобна "риторическая форма" вопроса или форма "вопроса на обдумывание". Они, может быть, даже помогут Вашему собеседнику воспринять эти факты как собственное мнение. Наконец, пробудите воображение собеседника, нарисовав яркую картину преимуществ и гарантий в случае принятия Вашего предложения.

При **передаче информации** нельзя увлекаться. В природе человека заложено стремление к общению, и он тоже хочет высказаться. Нельзя подробно обсуждать неприятные известия – их следует касаться лишь в той мере, в какой это необходимо для аргументации и контраргументации. Ни в коем случае не употреблять длинных выражений, туманных или двусмысленных фраз. Нельзя не учитывать различия в словарном запасе, уровне образования, статусе. Когда информацию передает Ваш собеседник, опасайтесь попасть под гипнотическое воздействие Его слов, не впадайте в транс. Что такое транс? Это психологическое состояние "предгипноза", своего рода "психологическое ошеломление", состояние временного замешательства, в котором резко снижается реакция и способность самостоятельно принимать решения, а внушаемость, манипулируемость, наоборот, резко возрастает. Как чаще всего вводят в транс? Тут действуют два фактора: время – длительное однообразное воздействие; и ритм – периодическое резкое нарушение однообразия. Например, колдуны Африки, служители культа Вуду на архипелагах Тихого океана, используют долгий ритмический танец под однообразный перестук барабанов, который они периодически нарушают громким вскриком и подпрыгиванием на месте. Это очень действенный способ погружения людей в транс. Моделью "танца Буду" на переговорах может служить искусственное ускорение темпа общения собеседника с Вами, а моделью ритмического "вскрикивания" и "подпрыгивания" – периодически задаваемые им Вам риторические вопросы, которые постоянно удерживают Ваше внимание на "тараторящем" собеседнике.

Поэтому не дремлите, если заметили, что собеседник резко увеличил темп разговора при обсуждении альтернатив и при этом начал задавать риторические вопросы, втягивая Вас в обсуждение очевидных качеств этих альтернатив. Скорее всего, Вами начали манипулировать. Включилась магия введения Вас в состояние транса. Вас, как слабоумного, заставляют подтверждать, что белый цвет белого цвета, что масло масляное, что сахар сладкий и т. п. Значит, если собеседник вдруг затараторил, требуя от Вас поминутно подтверждать прописные истины, ни в коем случае не старайтесь доказать ему, что Вы не такой уж дурак, поспевав своими ответами за его "вопросами". В противном случае Вы сильно! рискуете оказаться в состоянии транса! И еще одно. Особенно легко можно впасть в транс, если Вы – честолюбивый мужчина (а следовательно, по умолчанию считающий себя неотразимым), а Ваш собеседник – молодая миловидная (а еще хуже – симпатичная или красивая) женщина. Будьте внимательны.

После передачи информации следует немедленно закрепить преимущества, достигнутые в фазе передачи информации, путем устранения сомнений в некоторых выдвинутых положениях. Достигается эта цель на **фазе аргументирования**. Главные Ваши задачи на этой фазе – это заполнить пробелы, допущенные при передаче информации, и максимально изменить в желаемом нам направлении негативное отношение собеседника к нашим предложениям. Для этого следует сразу продемонстрировать хорошее владение материалом, показать Ему, что Вы – не демагог, который стремится превратить собеседника в игрушку в своих руках. Постоянно демонстрируйте, что Вы относитесь к мнению собеседника так же, как и к своему собственному, что Вы уважаете его интересы (независимо от того, считаете ли Вы собеседника своим союзником или конкурентом). Но при этом не забывайте, чего Вы стремитесь достичь в ходе аргументации. Помните о необходимости обеспечить

Ваши максимальные или хотя бы минимальные притязания.

Фазу аргументации следует начинать в живом стиле, без колебаний, демонстрируя уверенность. Главные аргументы излагаем при любом удобном случае, но всегда в новом свете. Сначала желательно перечислять преимущества, а затем – недостатки наших предложений. Сразу после предъявления аргумента желательно обратиться к собеседнику с вопросом типа: "Что Вы думаете об этом предложении?". Как правило, это усиливает Вашу позицию, так как собеседник начинает рационально, а не эмоционально мыслить. Проявляйте внимание, искренне и открыто аплодируйте Ему, если это действительно так: "Это отличная идея, Вы совершенно правы!". Это будет стимулировать собеседника "вернуть Вам долг" и принять Ваши аргументы с меньшим сопротивлением. Чтобы добиться как можно большей убедительности, **обязательно Вы сами** должны сформулировать выводы и предложить их собеседнику. Помните главное: *факты никогда не говорят сами за себя!!!*

Технику аргументирования нужно выбирать в зависимости от личности собеседника (для "лирика" – одна, для "физика" – другая). Чтобы сразу закрепить свои позиции, в самом начале аргументирования используйте наиболее сильные доводы. Творчески подобранные наглядные средства придадут аргументам документальный вид. Не используйте аргументы, которые собеседник может оспорить или неверно истолковать. Не приводите противоречивые или неточные аргументы, на которых собеседник будет затем спекулировать и загонит Вас в угол, которые он может опровергнуть хотя бы частично. Следует хорошенько уяснить, что данные и факты – это те же боеприпасы в словесном бою: ими можно "выстрелить" только один раз. При попытке повторного использования они уже не действуют, а только раздражают собеседника.

На **фазе контраргументации** активно проводим нейтрализацию замечаний и опровергаем доводы собеседника. Цель – понизить привлекательность предложений собеседника и устранить замечания по нашим аргументам, усилить убедительность нашего выступления. При этом важно разграничить отдельные Его возражения по субъектам, объектам, месту, времени и последствиям.

Главное правило здесь достаточно простое. Следует разделить все замечания на две группы – "опасные" и "неопасные". Для наиболее "опасных" постараться использовать "прием отсрочки". Практика свидетельствует о своеобразной девальвации во времени любых замечаний. Это означает, что по мере удаления от того момента, когда замечание высказано, его значение снижается. Поэтому полезно иметь наготове фразу типа: "Позвольте вернуться к этому вопросу позднее, когда мы обсудим его вместе с < другими вопросами > ... Вы не возражаете?". Если все же пришлось обсуждать недостатки Ваших предложений, то говорите о них САМИ. Это особенно важно, если Ваш собеседник может узнать о них из других источников.

Применительно к "неопасным" замечаниям смело применяйте "Вы – подход" и технику "Да – но". Вы должны подготовить приемлемое объяснение не только на высказанные и невысказанные, но замеченные Вами Его сомнения и возражения. Важно всячески снизить эффект от Его замечаний. Для "менее опасных" замечаний проведите классификацию по рубрикам "Не могу не согласиться", "Не могу согласиться полностью", "Совсем не могу согласиться" и попробуйте взять собеседника "измором". Помните, что деловая беседа – это особая форма игры. А в игре уместны и блеф, и угрозы. Можно, например, прибегнуть к спекулятивной и демагогической тактике. Критические замечания по особо деликатным вопросам лучше обсудить наедине, до начала открытой дискуссии.

Постоянно нужно помнить, что тупики в процессе переговоров неизбежны. При этом разногласия по содержанию переговоров оказывают пагубное влияние на остальные переговорные аспекты. Не позволяйте этому произойти. Вот некоторые тактические приемы, которые помогут справиться с тупиком. В форсмажорной, исключительной ситуации для того, чтобы спасти положение, немедленно предложите сделать перерыв, чтобы страсти остыли, улеглись. Остановитесь, "суммируйте" различные точки зрения и немедленно пойдите на какую-то мелкую уступку либо предложите ее примерное содержание.

Если причиной тупика все время оказывается какой-то из участников переговорного процесса, внесите предложение об изменении в составе переговорной команды. Хороший тактический прием – поменять место переговоров или пригласить третью сторону. Поведение возбужденного человека в конфликтной ситуации имеет свои особенности. Обычно возбужденный человек пытается одновременно подсчитать нанесенный ему моральный ущерб, отыскать каверзный вопрос и задать его, находя удовлетворение в том, что собеседник теряется, не может ему ответить. Сохраняя спокойствие и вежливость, Вам следует терпеливо выслушать возражения, даже если они ошибочны, постараться убедить, доказать свою правоту; если нужно, то проявить самокритичность. Не забудьте обязательно

поблагодарить собеседника за веские, убедительные аргументы.

Если тупик затянулся, постарайтесь вместе с собеседником исследовать возможные альтернативы и их последствия. Например, возьмите для рассмотрения лишь часть проблемы и попытайтесь достигнуть соглашения по ней.

Завершением беседы является **принятие решения**. Главная задача этой фазы – добиться принятия такого решения, в котором отражена главная (или, в крайнем случае, запасная) цель организованной Вами деловой беседы. Лучше всего для достижения этого результата сделать следующее:

- ◆ сформулировать резюме беседы в краткой и хорошо понятной всем присутствующим форме;
- ◆ постоянно стимулировать собеседника к принятию выгодного Вам основного (или запасного) пункта решения;
- ◆ выбрать выгодный момент для внесения предложения о принятии решения.

С чего здесь начать?

Выберите "наиболее подходящий" момент (это чрезвычайно сложно, это – искусство, хотя и здесь есть "техника") и отделите завершение беседы от других фаз. Для стимулирования собеседника найдите в памяти пример, имевший место с кем-то, кто похож на Вашего собеседника, и расскажите, какую пользу принесло ему принятие аналогичного решения. Постоянно помните: *человеку очень трудно решиться без посторонней помощи! Привлекайте внимание собеседника к достоинствам Вашего предложения, всеми способами подчеркивайте дополнительные выгоды для него.*

Главная забота – преобразовать пробудившийся интерес собеседника в решение, а главная проблема – не допустить, чтобы "НЕТ" собеседника завершило беседу. Поэтому следует заранее подготовиться к "НЕТ" и продумать варианты "аварийного" завершения деловой беседы, которые позволят продолжить деловую беседу в другое время. Ни в коем случае нельзя проявлять растерянность. В случае категорического "НЕТ" завершите (обязательно Вы) беседу какой-нибудь оригинальной фразой, которая запомнится и сохранит в памяти собеседника Вас как разумного оптимиста, умеющего "держать удар". Помните, **запоминается только завершение**. До этого момента одно накладывается на другое, кое-что забывается, не всегда мысли укладываются в стройную цепочку, но вот – финал: сосредоточьтесь и четко произнесите заранее выученную наизусть (их должно быть несколько вариантов) группу заключительных предложений. Не допускайте длительного ("занудного"), бесконечного завершения беседы. Есть хороший лозунг: *"Плох конец без заключения, но заключение без конца – это еще хуже"*.

И в заключение приведем несколько "золотых правил" ведения деловых бесед:

- ◆ будьте настойчивы, но гибки;
- ◆ избегайте соревнования в силе;
- ◆ культивируйте чувство перспективы.

### 3.4. Методы и технологии принятия решений в условиях "природной" неопределенности

При разработке решений ЛПР и исполнители часто сталкиваются с проблемой трансформации понятий и категорий вербальных теорий, например социологических, психологических и им подобных, на математический язык. По-прежнему это происходит без достаточной ясности. Немногие области, где были предприняты подобные шаги, позволяют понять, что вообще можно сделать в этом направлении. Весьма важная из этих областей для жизни человека экономика, где попытка создать математическую модель теории полезности ликвидировала множество неясностей в понятии "рационального поведения" и вскрыла ряд основных методологических проблем в операционном определении и измерении "полезности". По-видимому, эти успехи могли быть сделаны и без математики, но, как указал Г. Саймон, они все же не были сделаны без нее.

Анализируя саму идею внедрения математики в социологические науки, Г. Саймон выдвигает для этого направления деятельности следующие три положения:

1. Исходным пунктом ... является задача перевода на язык математики некоторых понятий и положений... фундаментальных в современной социально-психологической теории.
2. Сегодня в социальной психологии и в других социальных науках мы имеем не одну, а несколько теорий, поэтому реальный подход состоит в том, чтобы создать не одну математическую модель, а множество их.
3. В математических моделях, объединяющих рациональные и иррациональные аспекты поведения,

нерациональные аспекты могут быть введены в модель в качестве условий, ограничивающих область рациональной деятельности.

В экономике также подчас необходимо вводить критерии, измеряющие отношение ЛПР к риску, когда механизм проблемной ситуации классифицируется как "природная неопределенность", или, в терминах теории игр – как "игра с природой".

Первые попытки разработки методического аппарата и методов анализа игр с природой восходят к началу 50-х гг. XX в. Все они могут быть отнесены к типу эвристических, поскольку авторы формировали эти подходы и методы на основе наблюдений за практическими ситуациями, а затем аппроксимировали результаты выбора в виде специальных принципов оптимальности. Каждый из этих принципов, хотя и бессистемно, учитывал какие-то особенности личности ЛПР.

Затем, вплоть до конца 80-х гг., практически не наблюдалось никаких изменений в методологическом подходе, пока вновь не потребовалось обобщить накопленные априорные знания с целью построения моделей работы операторов сложных систем [8]. Это и биржевые аналитики, и брокеры, и работники диспетчерских служб аэропортов, и операторы служб и систем охраны, и другие лица, принимающие решения на основе текущей информации. Часто эти лица интуитивно чувствуют степень возможности того или иного исхода, даже могут описать эти чувства в терминах шансов. Иногда они ощущают меру риска через ожидание больших величин потерь или больших выигрышей. Иногда они субъективно стремятся застраховаться или, наоборот, попытаться уловить удачную конъюнктуру. Анализ всей доступной информации о том, какими соображениями руководствуются подобные операторы, когда они принимают ответственные решения в условиях, сходных с "природной неопределенностью", позволил выдвинуть ряд гипотез о восприятии нестохастического риска. На основе гипотез затем были предложены критерии оценки характеристик личности операторов и сформированы технологии принятия решений.

Таким образом, можно выделить как бы два этапа развития методов и технологий для анализа решений в условиях природной неопределенности: классический этап и современный. По этой же причине все методы и технологии условно разделим на классические и современные, учитывающие несколько характеристик личности ЛПР. Рассмотрим основные методы и технологии обоснования решений в условиях природной неопределенности применительно к случаю, когда результат скалярный и его желательно максимизировать.

### 3.4.1. Классические методы решения "игр с природой"

Обозначим через  $A$  множество альтернатив ЛПР, а через  $S$  – множество возможных состояний природы. Пусть  $y$  – результат, который ЛПР стремится увеличивать. Однако значение полученного в операции результата зависит не только от способа действий ЛПР, его альтернативы  $a \in A$ , но также и от того, в каком из возможных состояний  $s \in S$  действительно окажется природа, т. е.  $y(a, s)$ .

Первый из методов был предложен Вальдом, и поэтому часто его связывают с этим именем. Таким критерием, по его мнению, руководствуется ЛПР, которое при выборе решения абсолютно не приемлет риск. В рассматриваемой ситуации оно предпочитает ориентироваться на самые неблагоприятные из состояний  $s \in S$  природы. Фактически, в подобной ситуации ЛПР оценивает каждую из альтернатив  $a \in A$  гарантированным для нее результатом  $y^-(a) = \min_{s \in S} y(a, s)$ , представляющим собой то худшее из возможного, хуже чего не будет для этой альтернативы ни при каких обстоятельствах. Тогда наилучшей следует считать альтернативу, выбранную по принципу "лучшее из худшего":

$$a^* : \max_{a \in A} y^-(a) = \max_{a \in A} \min_{s \in S} y(a, s), \quad (3.19)$$

где  $a^*$  – наилучшая альтернатива.

Другими словами, наилучшей альтернативой следует считать ту, которая обеспечивает наибольший из гарантированных результатов для всех возможных альтернатив.

Другое название метода – "максиминный критерий" – обусловлено видом правой части формального выражения (3.19).

Таким образом, максиминный критерий ориентирован на наихудшие значения неопределенного фактора (состояния природы) и в этом смысле является чрезвычайно консервативным. Его рекомендуется применять в тех случаях, когда неуспех операции крайне нежелателен независимо от

того какими могут быть другие, благоприятные исходы.

Если же для ЛПР не безразлична величина возможного выигрыша, то пользоваться методом Вальда не рекомендуется. В подобной ситуации известный исследователь Сэвидж предложил для моделирования целевого устремления исполнять не сам результат, а так называемое сожаление от неиспользованных возможностей. Сэвидж рассуждал так. Предположим, ЛПР заранее известно, какое из состояний природы будет наверняка. Зафиксируем это состояние  $s \in S$ . Если это так, то совершенно очевидно, что рациональный выбор ЛПР состоит в следовании альтернативе  $a(s)$ :  $\max_{a \in A} y(a, s)$ , приводящей к наилучшему результату для этого состояния природы. Однако если ЛПР при известном  $s \in S$  поступит нерационально и применит какую-то другую альтернативу, отличную от  $a(s)$ , то он что-то потеряет и будет о своем нерациональном поступке сожалеть. Так вот, "сожалением" Сэвидж назвал величину разности между наилучшим результатом  $\max_{a \in A} y(a, s)$ , при известном состоянии  $s \in S$  природы и текущими результатами  $y(a, s)$  для этого состояния. Обозначим "сожаление" через  $z(a, s)$ . Тогда

$$z(a, s) = \max_{a \in A} y(a, s) - y(a, s). \quad (3.20)$$

Далее весь анализ предпочтительности альтернатив Сэвидж предложил проводить, как в методе Вальда:

- ♦ для каждой альтернативы  $a \in A$  получить оценку гарантированного сожаления:

$$z^-(a) = \max_{s \in S} z(a, s) = \max_{a \in A} \{ \max_{s \in S} y(a, s) - y(a, s) \}; \quad (3.21)$$

- ♦ найти решение  $a^*$ , обеспечивающее ЛПР наименьшее гарантированное сожаление:

$$a^* = \min_{a \in A} z^-(a) = \min_{a \in A} \left\{ \max_{s \in S} \{ \max_{a \in A} y(a, s) - y(a, s) \} \right\}. \quad (3.22)$$

В соответствии с правилом прочтения выражения (3.22) и смыслом входящей в него переменной метод Сэвиджа называют также методом минимаксных сожалений.

Максиминный метод Вальда и метод Сэвиджа являются слишком категоричными в том смысле, что первый ориентируется только на наихудший результат, а другой – на максимальные потери ("сожаления"). Учитывая эти, в общем-то негативные особенности методов Вальда и Сэвиджа, стремясь по возможности учесть при анализе игр с природой не только наихудшие, но и другие, например наилучшие, исходы, Гурвиц предложил метод "пессимизма-оптимизма". С этой целью он ввел в качестве характеристики каждой альтернативы линейную композицию, свертку наихудшего ("пессимистического") и наилучшего ("оптимистического") результатов для нее, получаемую с использованием специального коэффициента "пессимизма-оптимизма". Обозначим этот коэффициент через  $\gamma$  и будем считать, что его значения выбираются из диапазона  $[0; 1]$  по правилу:

$\gamma = 0$ , если ЛПР считает, что состояние "природы" в операции будет самым благоприятным (оптимистический прогноз);

$\gamma = 1$ , если ЛПР считает, что состояние "природы" в операции будет самым неблагоприятным (пессимистический прогноз);

$0 < \gamma < 1$ , если ЛПР считает, что состояние "природы" в операции будет не самым плохим, но и не самым благоприятным.

Тогда каждую альтернативу можно охарактеризовать взвешенным результатом вида:

$$y(a, \gamma) = \gamma \min_{s \in S} y(a, s) + (1 - \gamma) \max_{s \in S} y(a, s), \quad (3.23)$$

а наилучшую альтернативу найти по правилу вида:

$$a^* = \max_{a \in A} \{ y(a, \gamma) = \min_{s \in S} y(a, s) + (1 - \gamma) \max_{s \in S} y(a, s) \}. \quad (3.24)$$

Очевидно, если  $\gamma = 0$ , то модель выбора по правилу (3.24) отражает предпочтения ЛПР, руководствующегося правилом "в ходе операции все сложится самым удачным образом" (крайний оптимист); если  $\gamma = 1$ , то критерий Гурвица вырождается в максиминный критерий (3.19) Вальда и моделирует крайне пессимистичное отношение ЛПР к возможным условиям проведения операции.

Значение коэффициента  $\gamma$  может быть назначено ЛПР эвристически из интервала  $[0; 1]$ , или это значение можно оценить с использованием специальных процедур [39].

Для анализа игр с природой прибегают также к технологиям, основанным на **принципе рандомизации**. Следование этому принципу означает искусственное привнесение в модель выбора случайности, когда ее в реальности вообще-то нет. Такой прием позволяет затем легко воспользоваться хорошо проработанными методами и технологиями анализа стохастического риска.

К числу классических методов, использующих принцип рандомизации, прежде всего относят метод Лапласа–Бернулли. В его основу положена концепция недостаточного основания Лапласа. Согласно этой концепции, если нет никаких оснований полагать, что какие-либо из возможных состояний природы более возможны по отношению к другим, то их следует полагать равновероятными, т. е.

имеющими одинаковую вероятность  $p(s) = \frac{1}{n}$  появления.

Тогда, применяя принцип наибольшего среднего результата (см. подразд. 3.2, выражение (3.3)), получаем выражение для метода Лапласа–Бернулли:

$$a^*: \max_{a \in A} M[y(a)] = \max_{a \in A} \sum_{s \in S} [p(s)y(a,s)] = \max_{a \in A} \frac{1}{n} \sum_{s \in S} y(a,s). \quad (3.25)$$

К числу "классических" методов анализа игр с природой на основе принципа рандомизации можно также отнести несколько менее известное эвристическое правило В. Хоменюка [39]. Автор предложил в качестве "вероятностей" для состояний природы использовать величины  $p(s)$ , которые вычисляются через "сожаления" (по Сэвиджу) следующим образом:

$$p(s) = \frac{\sum_{a \in A} z(a,s)}{\sum_{s \in S} \sum_{a \in A} z(a,s)}. \quad (3.26)$$

При таком подходе наилучшая альтернатива определяется в ходе решения задачи (3.25).

На этом список "классических" методов исчерпывается.

### 3.4.2. Технологии принятия решений с учетом нескольких характеристик системы предпочтений ЛПР

Практическое использование классических методов анализа игр с природой затруднено в силу недостаточной проработанности вопросов, связанных с отождествлением того или иного метода принятия решения с личностью ЛПР и его отношением к риску. При этом описания классических методов практически не содержат информации о том, какой из них более адекватно отражает те или иные особенности системы предпочтений ЛПР. Со временем потребовалось устранить эти неясности, развить и дополнить классические методы новыми подходами и технологиями обоснования решений в условиях природной неопределенности. Подобную задачу поставили и решили в начале 90-х гг. XX в. С. Воробьев и Е. Егоров.

Прежде всего, исходя из понимания сущности классических методов, были разработаны вполне очевидные их модификации. Затем, с учетом ключевых результатов психологической теории решений [23], было введено расширенное толкование риска (не только стохастической, а произвольной природы) и отношения ЛПР к нему. В результате была сгенерирована система новых критериев оценки [8] и новые технологии, в рамки которых легко вписались и классические методы. Рассмотрим эти подходы, модификации и технологии.

**Модифицированный метод Гурвица.** Основная идея модификации состоит в том, чтобы при оценке каждой альтернативы, помимо крайних по предпочтительности значений результата, в методе фигурировали бы и промежуточные результаты. Для реализации этой идеи авторы воспользовались

методом главного критерия (см. подразд. 2.5). Главным критерием была выбрана линейная свертка (3.23). При модификации метода в качестве неглавного показателя выбран средний результат. Предложено было оценку среднего результата проводить с использованием принципа недостаточного основания Лапласа. В итоге технология обоснования решений в условиях природной неопределенности реализуется в ходе решения следующей задачи:

$$a^*: \max_{a \in A} y(a, \gamma) = \max_{a \in A} \{ \gamma \min_{s \in S} y(a, s) + (1-\gamma) \max_{s \in S} y(a, s) \}, \quad (3.27)$$

при ограничениях

$$\frac{1}{n} \sum_{s \in S} y(a, s) \geq y^{\text{прит}}, \quad (3.28)$$

где  $y^{\text{прит}}$  – установленный ЛПР **уровень притязаний** по среднему арифметическому из величин возможных результатов для альтернатив.

Вообще в дальнейшем под уровнем притязаний будем понимать любой результат, достижение которого отождествляется в сознании ЛПР с конечным успехом. Часто, например, в качестве уровня притязаний, люди принимают самый лучший из возможных результатов. Иногда выбирают в качестве уровня притязаний некоторый конкретный результат между худшим и лучшим.

Таким образом, при решении задачи (3.27) выбор наилучшей альтернативы будет производиться только среди тех, которые удовлетворяют ограничению (3.28).

**Модифицированный метод Эвиджа.** При модификации использован тот же подход, что и в модифицированном методе Гурвица. Следует просто в выражении (3.27) заменить результаты  $y(a, s)$  на сожаления  $z(a, s)$ , в выражении (3.28) уровни притязаний  $y^{\text{прит}}$  по средним результатам заменить на уровни  $z^{\text{прит}}$  притязаний по средним сожалениям, а знак  $\geq$  нестрогого неравенства – на противоположный ему по смыслу знак  $\leq$ .

Расширим толкование понятия "риск". Чаще всего смысл этого слова ассоциируется с понятием "действовать наудачу, в расчете на счастливую случайность". Но как в таком случае быть с природной неопределенностью, ведь там никакой случайности нет? Что же тогда толкает ЛПР на риск в такой ситуации? Предположим, что субъектом движет желание коренным образом изменить ситуацию, добиться существенного выигрыша в ней, пусть даже ценой определенных потерь. Другими словами, потери и убытки всегда рассматриваются ЛПР как неразделимые в ситуации с неопределенным исходом. ЛПР это понимает и поэтому *сознательно взвешивает исходы*. ЛПР выбирает такую стратегию своего поведения, которая, по его мнению, обеспечит ему существенно большую ценность ожидаемого выигрыша по сравнению с тяжестью потерь от неудачного исхода операции. Таким образом, авторы определили "риск" как плату за возможность получения наиболее благоприятного исхода в операции. В качестве наказания за принятие рискованного решения выступает угроза получения неблагоприятного исхода. Такое толкование риска позволяет оценивать его уровень, например, величиной разности между наиболее и наименее предпочтительными результатами для каждой из возможных альтернатив, а также величиной разности между уровнем притязаний и текущим результатом. В свою очередь, такая трактовка позволяет вычислять "сожаления" как со знаком плюс, так и со знаком минус (т. е. "значительный успех", превышение уровня притязаний), что также расширяет возможности по созданию и применению на практике новых технологий и модификаций классических методов.

Вспомним, например, классический метод Лапласа–Бернулли. Ясно, что принцип недостаточного основания не всегда и не вполне согласуется с представлениями ЛПР о степени равновозможности состояний природы. В некоторых случаях у ЛПР могут быть какие-то особые взгляды и мнение о степени возможности наступления тех или иных из  $s \in S$  состояний. Иногда ЛПР склонно смотреть на ситуацию оптимистически, а иногда – пессимистически. В некоторых случаях ЛПР может выразить эти свои субъективные представления в виде упорядочения – ранжировки – состояний  $s \in S$  природы по возрастанию или убыванию степени возможности их проявления, а иногда – оценить их возможности в терминах шансов и т. п. Это надо как-то учесть.

Предположим, что ЛПР может выразить свои мнения относительно возможности состояний  $s \in S$  только приблизительно, на уровне тревоги или наоборот – уверенности, воодушевления от встречи с риском, т. е. в номинальной шкале.

В таком случае для оценки психологического настроения ЛПР, введем такие градации **типа** его **личности**, как "пессимист" и "оптимист". Примем, что "пессимист" – это тип личности такого ЛПР, которое при принятии решений руководствуется правилом: "если неприятности могут произойти, то они произойдут". Альтернативные типы личности определим так:

- ♦ "реалист" – руководствуется правилом: "при проведении операции благоприятные и неблагоприятные состояния природы имеют примерно одинаковую степень возможности";
- ♦ "оптимист" – всегда руководствуется правилом: "все сложится удачно".

С целью уточнения характера представленных личностных типов "пессимист" и "оптимист" введем для них по две уточняющие градации:

- ♦ "крайний ..." – если ЛПР "абсолютно не сомневается" в истинности своего суждения о степени неблагоприятности или, наоборот, благоприятности сложившейся ситуации;
- ♦ "разумный" – если ЛПР в этом "почти уверено".

Далее, наблюдая за тем, как индивиды осуществляют свои выборы в условиях природной неопределенности, авторам удалось установить, что те из ЛПР, кто боится много потерять в рискованной ситуации, ведут себя как лица, не склонные к риску, в том смысле, что они скорее соглашаются получить "что-то среднее" наверняка, чем участвовать в рискованной ситуации. Под "средним" в таких ситуациях они, по сути, понимали то, что мы здесь назвали "уровень притязаний". Учитывая это, было предложено ввести понятие *качественного критерия оценки степени склонности ЛПР к нестохастическому риску*:

- ♦ если при анализе ситуаций и принятии решений ЛПР главное внимание сосредоточивает на величинах наилучших из возможных результатов, а также стремится в обязательном порядке проанализировать величины возможных сожалений, то такое ЛПР классифицируется как "склонное к нестохастическому риску";

- ♦ если при анализе ситуаций и принятии решений ЛПР главное внимание обращает на величины самих результатов, а среди них – только на значения неудовлетворительных, то такое ЛПР классифицируется как "*не склонное к нестохастическому риску*";

- ♦ если при анализе ситуаций и принятии решений ЛПР внимательно анализирует не только величины неудовлетворительных результатов, но и величины сожалений, то такое ЛПР классифицируется как "*взвешенно относящееся к нестохастическому риску*".

Использование указанных качественных шкал типа личности ЛПР и критерия оценки степени склонности его к нестохастическому риску позволяет весьма просто охарактеризовать классические методы анализа игр с природой:

- ♦ методом Вальда руководствуется ЛПР, абсолютно не склонное к риску и являющееся крайним пессимистом;

- ♦ методом Сэвиджа – ЛПР, склонное к риску, являющееся "крайним пессимистом";

- ♦ методом Гурвица – ЛПР, взвешенно относящееся к риску, являющееся либо пессимистом, либо оптимистом;

- ♦ методом Лапласа–Бернулли руководствуется ЛПР, не склонное к риску и являющееся реалистом;

- ♦ методом Хоменюка – ЛПР, взвешенно относящееся к риску и являющееся реалистом.

Далее авторами было установлено следующее. Если ЛПР безразлично к риску, то для характеристики градаций его типа личности (пессимистичного или оптимистичного типа) хорошо подходят следующие числовые значения коэффициента пессимизма-оптимизма в методе Гурвица:

- ♦  $\gamma \geq 0,7$ , если "крайний пессимист";

- ♦  $\gamma \approx 0,55-0,65$ , если "разумный пессимист";

- ♦  $\gamma \leq 0,3$ , если "крайний оптимист";

- ♦  $\gamma \approx 0,35-0,45$ , если "разумный оптимист".

Плодотворной также оказалась идея использовать принцип рандомизации (см. п. 3.4.1). Если ЛПР удастся выразить свои личные представления о рискованности ситуации в форме субъективных оценок возможности того или иного состояния  $s \in S$ , то часто удастся эти качественные суждения трансформировать в числовые оценки субъективных вероятностей  $p(s)$  состояний природы. После этого ситуацию принятия решений в условиях природной неопределенности можно анализировать как ситуацию со случайным "механизмом операции". Как было показано [23], если субъективные вероятности удовлетворяют условиям неотрицательности и нормировки (все  $p(s) \geq 0$ ,  $\sum_{s \in S} p(s) = 1$ ), то

при обосновании решений вполне уместен принцип рандомизации, а с субъективными вероятностями можно обращаться так же, как и с объективными. Кроме того, авторам удалось ввести субъективную количественную меру отношения ЛПР к нестохастическому риску.

Как учесть эти особенности выражения предпочтений? Как адекватно применить ту или иную технологию использования принципа рандомизации?

Прежде всего, можно использовать уже известные нам критерии максимума среднего результата, минимума дисперсии, а также – максимума гарантированного результата и максимума вероятностной гарантии (см. выражения (3.2)–(3.4) в п. 3.2). Но для этого нужно вначале получить субъективные вероятности  $p(s)$ . Поэтому сначала рассмотрим технологии оценки субъективных вероятностей.

Предположим, что ЛПР выразило свое мнение о возможности проявления того или иного состояния  $s \in S$  природы в виде упорядочения, ранжировки этих состояний по возрастанию или убыванию степени возможности. Например, пусть состояние  $s_1$  охарактеризовано ЛПР как наиболее вероятное и поэтому оно поставлено первым в ранжированном ряду, состояние  $s_2$  – вторым и так далее, а состояние  $s$  рассматривается ЛПР как наименее вероятное и потому оно оказалось на последнем месте в ранжировке. В соответствии с этим упорядочением состояниям  $s \in S$  присваиваем ранги  $r(S_i)$  – номера мест состояний в ранжировке. В таком случае субъективные вероятности  $p(s_i)$  можно определить по формуле (точечные оценки Фишберна)

$$p(s_i) = \frac{2[n - r(s_i) + 1]}{n(n+1)} \quad (3.29)$$

Если ЛПР может выразить свои субъективные представления о степенях возможности проявления состояний  $s \in S$  природы в терминах шансов или в виде оценок превосходства каких-то одних из возможных состояний природы над какими-то другими, то оба случая подобных суждений могут быть использованы для оценки субъективных вероятностей состояний. В качестве исходных данных для оценки субъективных вероятностей состояний природы удобно использовать так называемую матрицу попарных сравнений. Обозначим ее через  $Z$ . В зависимости от "точности" выражения суждения о том, что какое-то состояние  $s$  более "вероятно", чем состояние  $s_j$  элементами матрицы  $Z$  попарных сравнений могут быть различные числа. Например, если ЛПР может только на качественном уровне судить о том, что одно из состояний природы более возможно или что состояния равновозможны, то можно использовать числа 1; 0,5 и 0, т. е. элементами  $z_{ij}$  матрицы смежности будут:

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } s_i \text{ "более вероятно", чем } s_j \\ 0,5, & \text{если } s_i \text{ и } s_j \text{ "равновозможны"} \\ 0, & \text{если } s_i \text{ "менее вероятно", чем } s_j. \end{cases} \quad (3.30)$$

Если же ЛПР может оценить градации "вероятностей" состояний, то оно может, например, воспользоваться оценочной шкалой, заданной табл. 3.3.

Таблица 3.3

### Шкала градаций для оценки субъективных вероятностей состояний природы

Градация оценочной шкалы	Описание градации
1	Состояния природы равновозможны
3	Имеются некоторые основания считать, что одно из состояний более вероятно, чем другое
5	Имеются достаточно веские основания считать, что одно из состояний более вероятно, чем другое
7	Абсолютная уверенность в том, что одно из состояний более вероятно, чем другое

Если ЛПР колеблется в выборе между указанными в табл. 3.3 градациями, то оно может указать промежуточное значение, т. е. выбрать числа 2, 4 или 6.

После того, как в парах сравниваемых состояний  $s_i$  и  $s_j$  определены значения  $z_{ij}$  для случаев, когда

состояние  $s_i$  более вероятно, чем состояние  $s_j$  вычисляют элементы  $z_{ij}$ , по правилу

$$z_{ij} = \frac{1}{z_{ij}} \quad (3.31)$$

Получив матрицу смежности, приступают к вычислению оценок для значений субъективных вероятностей  $p(s_i)$ . В зависимости от того, получены ли элементы матрицы смежности по правилу (3.30) или с использованием табл. 3.3 и соотношения (3.31), вычислительные схемы несколько отличаются. Если в качестве исходной информации для оценки "вероятностей" состояний природы используют матрицу смежности, элементы которой определены по правилу (3.30), то субъективные вероятности  $p(s_i)$  определяют по следующему алгоритму:

- ♦ сложить элементы в каждой строке матрицы смежности и получить суммы  $\sum_{j=1}^n z_{ij}$ ;
- ♦ вычислить  $p(s_i)$  по правилу

$$p(s_i) = \frac{\sum_{j=1}^n z_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n z_{ij}} \quad (3.32)$$

Если использована методика оценки с градациями (по табл. 3.3 и формуле (3.31)), то алгоритм вычисления субъективных вероятностей строится как пошаговый (итерационный). Сначала задают правило останова алгоритма. Это может быть, например, требуемая точность вычисления вероятностей на отдельных этапах приближения или требуемое количество шагов итераций.

Пусть мы выбрали в качестве правила останова алгоритма выполнение требуемого числа  $t^{\text{TP}}$  приближений.

Обычно полагают  $t^{\text{TP}} = 3 \dots 6$ . Для этого случая алгоритм вычислений включает выполнение следующих шагов:

- 1) положить число шагов  $t = 0$  и все вероятности  $p^{(t=0)}(s_i) = 1$ ;
- 2) положить  $t = t + 1$ ;
- 3) вычислить первое (или очередное) приближение  $p^{(t)}(s_i)$  вероятности на шаге  $t$  по формуле

$$p^{(t)}(s_i) = \frac{\sum_{j=1}^n z_{ij} \cdot p^{(t-1)}(s_j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n z_{ij} \cdot p^{(t-1)}(s_j)} \quad (3.33)$$

- 4) проверить условие  $t > t^{\text{TP}}$ : если да – окончить вычисления, если нет – перейти к шагу 2.

Итак, предположим, субъективные вероятности  $p(s_i)$  для состояний природы определены, и тем самым появилась возможность применить методы и технологии анализа как бы стохастического риска.

#### *Метод максимума субъективного среднего результата*

Если ЛПР не склонно к риску, то выбор наилучшего решения в условиях природной неопределенности достаточно хорошо моделируется использованием технологии, основанной на решении следующих задач.

- ♦ Для разумного пессимиста технология описывается процессом решения задачи вида:

$$a^* : \max_{a \in A} M[y(a)] = \max_{a \in A} \sum_{i=1}^n [p(s_i) y(a, s_i)] \quad (3.34)$$

где  $p(s_i)$  – точечные оценки Фишберна для состояний  $s_i$  природы.

При вычислении точечных оценок  $p(s_i)$ , используемых в выражении (3.34), поступают следующим образом:

- 1) вычисляют суммарные результаты  $y_2(s_i)$  для каждого из состояний  $s_i$  природы;

- 2) упорядочивают состояния  $s_i$  природы по возрастанию величин  $y_{\Sigma}(s_i)$ ;
- 3) присваивают состояниям  $s_i$  ранги  $r(s_i)$  в соответствии с местом величин  $y_{\Sigma}(s_i)$  в упорядоченном ряду;
- 4) вычисляют  $p(s_i)$  по формуле (3.29) в соответствии с рангами, присвоенными  $s_i$ .

♦ Для разумного оптимиста:

технология описывается процессом решения задачи (3.34), однако точечные оценки  $p(s_i)$  состояний  $s_i$  природы вычисляют на основе упорядоченных по убыванию величин  $y_{\Sigma}(s_i)$ .

Если ЛПР склонно к риску, то для моделирования его наилучшего решения применяют технологии, аналогичные только что представленным. Однако при этом следует точечные оценки  $p(s_i)$  состояний  $s_i$  природы вычислять на основе упорядочения величин суммарных сожалений  $z(a, s_i)$  (см. выражение (3.20)).

### Метод ожидаемой субъективной полезности альтернатив

По аналогии с аппаратом теории полезности [22, 23, 39] и др. для *количественной оценки субъективной степени склонности к нестохастическому риску* была предложена **функция  $u^N(y(a))$**  оценки **полезности нестохастически рискованных результатов  $y(a)$** . Областью определения функции  $u^N(y)$  оценки полезности нестохастически рискованных результатов является отрезок  $[0; 1]$ , в который линейно отображается все множество возможных значений результатов операции в натуральной шкале. Преобразование проводят по формуле

$$y = \frac{y_{\max}^n - y^n}{y_{\max}^n - y_{\min}^n}, \quad (3.35)$$

где  $y^n$  – результат операции в натуральной шкале;

$y_{\min}^n$  – минимальный (по всем альтернативам и состояниям природы) из результатов операции в натуральной шкале;

$y_{\max}^n$  – максимальный из результатов операции в натуральной шкале.

Областью значений функции  $u^N(y)$  также служит отрезок  $[0; 1]$ . Для всех классов склонности ЛПР к нестохастическому риску был разработан один вид функции  $u^N(y)$ , а именно:

$$u^N(y) = y^{\alpha}, \quad (3.36)$$

а ее единственный параметр  $\alpha$  определили так:

$$\alpha = \begin{cases} 0,125, & \text{если ЛПР в значительной степени не склонно} \\ & \text{к нестохастическому риску;} \\ 0,5, & \text{если ЛПР в незначительной степени не склонно} \\ & \text{к нестохастическому риску;} \\ 1,0, & \text{если ЛПР взвешенно относится к нестохаотическому} \\ & \text{риску;} \\ 2,0, & \text{если ЛПР в незначительной степени склонно} \\ & \text{к нестохастическому риску;} \\ 5,0, & \text{если ЛПР в значительной степени склонно} \\ & \text{к нестохастическому риску.} \end{cases} \quad (3.37)$$

Использование функции (3.36) и критерия максимума среднего результата в рамках принципа рандомизации позволяет достаточно просто выбрать наилучшее решение игры с природой. Для этого достаточно решить следующую задачу:

$$a^* : \max_{a \in A} M[u^N(y(a))] = \max_{a \in A} \sum_{i=1}^n p(s_i) \cdot u^N(y(a, s_i)), \quad (3.38)$$

где  $a^*$  – наилучшая альтернатива;

$M[.]$  – оператор вычисления математического ожидания.

Таким образом, наилучшей в смысле решения задачи (3.38) будет та альтернатива ЛПП, которая имеет наибольшее среднее значение функции  $u^N(y(a))$  оценки полезности нестохастически рискованных результатов  $y(a)$ .

Для удобства работы с представленными новыми методами и технологиями авторами была также разработана интерактивная система моделирования конфликтов и обоснования решений в условиях природной неопределенности "CoMIS" (от англ. Conflict Modeling Interactive System).

## 4. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1. Автоматизированные информационные системы в экономике

#### 4.1.1. Основные понятия и определения

Будучи достаточно сложным процессом, автоматизация любой деятельности человека при решении практических задач должна иметь научное, прежде всего методологическое, обеспечение. Как уже было отмечено во введении, наукой, изучающей наиболее общие закономерности внедрения средств автоматизации (компьютеризации) во все сферы жизни общества и последствия этого, является информатика. В рамках этой научной дисциплины автоматизация профессиональной деятельности определяется как процесс создания, внедрения и использования технических, программных средств и математических методов, освобождающих человека от непосредственного участия в получении, преобразовании и передаче энергии, материалов и(или) информации в профессиональной деятельности. Основные виды автоматизируемой профессиональной деятельности: производственные процессы, проектирование, обучение, научные исследования, управление. Основу автоматизации профессиональной деятельности в современных условиях составляют средства электронно-вычислительной техники (ЭВТ) и связи.

Весьма важными и особенно интересными для широкого круга специалистов в области организационного управления представляются особенности **автоматизации управленческой деятельности** как процесса создания, внедрения и использования технических, программных средств и математических методов, предназначенных для автоматизированного сбора, хранения, поиска, переработки и передачи информации, используемой при управлении эргатическими системами, в ходе реализации новых информационных технологий управления. Целью автоматизации управленческой деятельности [2] является повышение эффективности управления (качества управленческих решений, оперативности, повышения производительности управленческого труда и т. д.).

Управление – важнейшая функция, без которой немыслима целенаправленная деятельность любой социально-экономической, организационно-производственной системы (предприятия, организации, территории).

Систему, реализующую функции управления, называют **системой управления**. Важнейшими функциями, реализуемыми этой системой, являются прогнозирование, планирование, учет, анализ, контроль и регулирование.

Управление связано с обменом информацией между компонентами системы, а также системы с окружающей средой. В процессе управления получают сведения о состоянии системы в каждый момент времени, о достижении (или не достижении) заданной цели с тем, чтобы воздействовать на систему и обеспечить выполнение управленческих решений.

Таким образом, любой системе управления экономическим объектом соответствует своя информационная система, называемая экономической информационной системой.

**Экономическая информационная система (ЭИС)** – это, совокупность внутренних и внешних потоков прямой и обратной информационной связи экономического объекта, методов, средств, специалистов, участвующих в процессе обработки информации и разработки управленческих решений.

Информационная система является системой информационного обслуживания работников управленческих служб и выполняет технологические функции по накоплению, хранению, передаче и обработке информации. Она складывается, формируется и функционирует в регламенте, определенном

методами и структурой управленческой деятельности, принятой на конкретном экономическом объекте, реализует цели и задачи, стоящие перед ним.

Информатика в экономике является одной из отраслей общей (теоретической) информатики и изучает цели, способы и средства автоматизации деятельности должностных лиц на базе ЭВТ при управлении персоналом, разработке новых экономических систем, обучении персонала предприятий и фирм.

Как и всякая другая научная дисциплина, информатика имеет свой объект и предмет.

В качестве **объекта информатики** выступает АИС, представляющая собой совокупность технических, программных средств и организационных мероприятий, предназначенных для автоматизации информационных процессов в профессиональной деятельности. Основным техническим средством АИС является ЭВМ.

**Объектом информатики** является автоматизированная информационная система, предназначенная для автоматизации профессиональной деятельности должностных лиц и аппаратов управления.

Используя термин "информация", мы, как правило, не задумываемся о том, что такое информация. Надо отметить, что вопрос этот является достаточно сложным (он будет подробнее рассмотрен в п. 5.2.1). До настоящего времени в науке не выработано строгого определения понятия информации. Говоря об информационных процессах в АИС, мы пока будем понимать под информацией некоторую совокупность данных (текстовых, числовых, графических) и связей между ними.

Под переработкой информации понимаются все возможные информационные процессы, сопровождающие профессиональную деятельность: сбор информации, хранение информации, поиск информации, представление информации на определенном носителе в определенном виде (визуальном, графическом, текстовом, звуковом), получение новой информации (например, в результате проведения расчетов), передача информации по каналам связи различным адресатам и др.

Автоматизированная информационная система должна рассматриваться как инструмент в руках должностных лиц, реализующих переработку информации в процессе профессиональной деятельности. Можно сказать, что наличие этого инструмента фактически определяет новую технологию осуществления профессиональной деятельности.

Понятие "технология" означает комплекс знаний о способах, приемах труда, наборах материально-технических факторов, способах их соединения для создания какого-либо продукта или услуги. Применительно к промышленному производству используется понятие "производственная индустриальная технология".

Применение понятия "технология" к информационным процессам привело к возникновению понятия "**информационная технология**" – совокупность знаний о способах автоматизированной переработки информации с использованием ЭВМ для автоматизации управленческой деятельности.

Создание и функционирование информационных систем в управлении экономикой тесно связано с развитием информационной технологии – главной составной частью АИС.

**Автоматизированная информационная технология (АИТ)** – системно организованная для решения задач управления совокупность методов и средств реализации операций сбора, регистрации, передачи, накопления, поиска, обработки и защиты информации на базе применения развитого программного обеспечения, используемых средств вычислительной техники и связи, а также способов, с помощью которых информация предлагается клиентам.

Все возрастающий спрос в условиях рыночных отношений на информацию и информационные услуги привел к тому, что современная технология обработки информации ориентирована на применение самого широкого спектра технических средств и прежде всего электронных вычислительных машин и средств коммуникаций. На их основе создаются вычислительные системы и сети различных конфигураций с целью не только накопления, хранения, переработки информации, но и максимального приближения терминальных устройств к рабочему месту специалиста или принимающего решения руководителя. Это явилось достижением многолетнего развития АИТ.

Создание новых информационных технологий и внедрение их в профессиональную деятельность является одной из основных задач информатики. Именно поэтому в качестве **предмета информатики** целесообразно рассматривать информационные технологии, определяющие рациональные способы разработки и применения АИС.

Каждая АИС обеспечивает реализацию некоторой информационной технологии переработки информации в процессе профессиональной деятельности. Таким образом, в качестве задач информатики можно рассматривать создание новых информационных технологий и реализующих их АИС или

перенесение известных информационных технологий из одной области человеческой деятельности в другую.

#### 4.1.2. Классификация автоматизированных информационных систем

В качестве основного классификационного признака АИС целесообразно рассматривать особенности автоматизируемой профессиональной деятельности – процесса переработки входной информации для получения требуемой выходной информации, в котором АИС выступает в качестве инструмента должностного лица или группы должностных лиц, участвующих в управлении организационной системой [54].

В соответствии с предложенным классификационным признаком можно выделить следующие классы АИС (рис. 4.1.1):

- ◆ автоматизированные системы управления (АСУ);
- ◆ системы поддержки принятия решения (СППР);
- ◆ автоматизированные информационно-вычислительные системы (АИВС);
- ◆ автоматизированные системы обучения (АСО);
- ◆ автоматизированные информационно-справочные системы (АИСС).

Рассмотрим особенности каждого класса АИС и характера возможных видов АИС в составе каждого класса.

**Автоматизированные системы управления** представляют собой автоматизированную информационную систему, предназначенную для автоматизации всех или большинства задач управления, решаемых коллективным органом управления (министерством, дирекцией, правлением, службой, группой управления и т. д.). В зависимости от объекта управления различают АСУ персоналом (АСУП) и АСУ техническими средствами (АСУТС). АСУ является организационной и технической основой реализации рациональной технологии коллективного решения задач управления в различных условиях обстановки. В этой связи разработка рациональной технологии организационного управления является определяющим этапом создания любой АСУ.

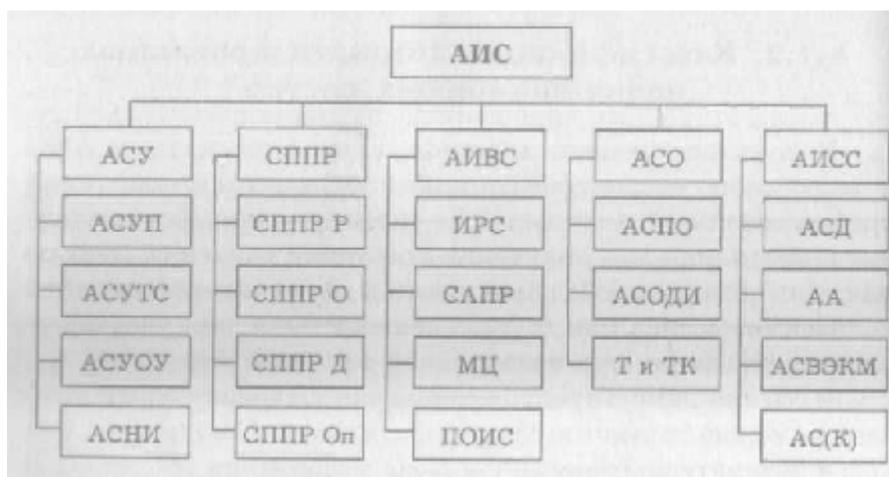


Рис. 4.1.1. Классификация АИС

Автоматические системы управления персоналом обеспечивают автоматизированную переработку информации, необходимой для управления организацией в повседневной деятельности, а также при подготовке и реализации программ развития.

Автоматические системы управления техническими средствами предназначены для реализации соответствующих технологических процессов. Они являются по сути передаточным звеном между должностными лицами, осуществляющими управление техническими системами, и самими техническими системами. В настоящее время АСУТС нашли широкое распространение во всех развитых государствах. Объясняется это тем, что управление существующими новейшими технологическими процессами без применения АСУТС становится практически невозможным. Что касается АСУП, то в настоящее время такие системы широко используются в странах Запада, и непрерывно ведутся работы по созданию новых систем, в том числе – на базе достижений в области

искусственного интеллекта.

Автоматические системы управления технологическими процессами – это человекомашинные системы, обеспечивающие управление технологическими устройствами, станками, автоматическими линиями.

Автоматические системы управления организационно-технологическими процессами представляют собой многоуровневые системы, сочетающие АИС управления технологическими процессами и АИС управления предприятиями.

Для АИС организационного управления объектом (АСУОУ) служат производственно-хозяйственные, социально-экономические функциональные процессы, реализуемые на всех уровнях управления экономикой, в частности:

- ◆ банковские АИС;
- ◆ АИС фондового рынка;
- ◆ финансовые АИС;
- ◆ страховые АИС;
- ◆ налоговые АИС;
- ◆ АИС таможенной службы;
- ◆ статистические АИС;
- ◆ АИС промышленных предприятий и организаций (особое место по значимости и распространенности в них занимают бухгалтерские АИС) и др.

Автоматизированные информационные системы научных исследований (АСНИ) обеспечивают высокое качество и эффективность межотраслевых расчетов и научных опытов. Методической базой таких систем служат экономико-математические методы, технической базой – самая разнообразная вычислительная техника и технические средства для проведения экспериментальных работ моделирования. Как организационно-технологические системы, так и системы научных исследований могут включать в свой контур системы автоматизированного проектирования работ (САПР).

**Системы поддержки принятия решений (СППР)** являются достаточно новым классом АИС, теория создания которых в настоящее время интенсивно развивается. СППР называется АИС, предназначенная для автоматизации деятельности конкретных должностных лиц при выполнении ими своих должностных (функциональных) обязанностей в процессе управления персоналом и (или) техническими средствами (Р – руководителя, О – органа управления, Д – оперативного дежурного, Оп – оператора). Подробнее данный класс АИС рассмотрен в п. 5.1.1.

**Автоматизированные информационно-вычислительные системы (АИВС)** – предназначены для решения сложных в математическом отношении задач, требующих больших объемов самой разнообразной информации. Таким образом, видом деятельности, автоматизируемом АИВС, является проведение различных (сложных и "объемных") расчетов. Эти системы используются для обеспечения научных исследований и разработок, а также как подсистемы АСУ и СППР в тех случаях, когда разработка управленческих решений должна опираться на сложные вычисления.

В зависимости от специфики области деятельности, в которой используются АИВС, различают следующие виды этих систем.

**Информационно-расчетные системы (ИРС)** – это автоматизированные информационные системы, предназначенные для обеспечения оперативных расчетов и автоматизации обмена информацией между рабочими местами в пределах некоторой организации или системы организаций. ИРС обычно сопрягается с АСУ и в рамках последней может рассматриваться как ее подсистема.

Технической базой ИРС являются, как правило, сети больших, малых и микроЭВМ. ИРС имеют сетевую структуру и могут охватывать несколько десятков и даже сотен рабочих мест различных уровней иерархии. Основной сложностью при создании ИРС является обеспечение высокой оперативности расчетов и обмена информацией в системе при строгом разграничении доступа должностных лиц к служебной информации.

**Система автоматизации проектирования (САПР)** – это автоматизированная информационная система, предназначенная для автоматизации деятельности подразделений проектной организации или коллектива специалистов в процессе разработки проектов изделий на основе применения единой информационной базы, математических и графических моделей, автоматизированных проектных и конструкторских процедур. САПР является одной из систем интегральной автоматизации производства, обеспечивающих реализацию автоматизированного цикла создания нового изделия от предпроектных научных исследований до выпуска серийного образца.

В области экономики САПР могут использоваться при проектировании экономических информационных систем и их элементов. Кроме того, технология САПР может обеспечить создание автоматизированной системы отображения обстановки на экране в процессе ведения экономических операций или в ходе деловых игр различных типов.

*Проблемно-ориентированные имитационные системы (ПОИС)* предназначены для автоматизации разработки имитационных моделей в некоторой предметной области [39]. Например, если в качестве предметной области взять развитие автомобилестроения, то любая модель, создаваемая в этой предметной области, может включать стандартные блоки, моделирующие деятельность предприятий, поставляющий комплектующие; собственно сборочные производства; сбыт, обслуживание и ремонт автомобилей; рекламу и др. Эти стандартные блоки могут строиться с различной детализацией моделируемых процессов и различной оперативностью расчетов. Пользователь, работая с ПОИС, сообщает ей, какая модель ему нужна (т. е. что необходимо учесть при моделировании и с какой степенью точности), а ПОИС автоматически формирует имитационную модель, необходимую пользователю.

В состав программного обеспечения ПОИС входят банки типовых моделей (БТМ) предметных областей, планировщик моделей, базы данных предметных областей, а также средства диалогового общения пользователя с ПОИС.

Проблемно-ориентированная имитационная система является достаточно сложной АИС, реализуемой, как правило, с использованием технологии искусственного интеллекта на высокопроизводительных ЭВМ.

*Моделирующие центры (МЦ)* – автоматизированные информационные системы, представляющие собой комплекс готовых к использованию моделей, объединенных единой предметной областью, информационной базой и языком общения с пользователями [39]. МЦ, так же как и ПОИС, предназначены для обеспечения проведения исследований на различных моделях. Но, в отличие от ПОИС, они не обеспечивают автоматизацию создания имитационных моделей, а предоставляют пользователю возможность комфортной работы с готовыми моделями. МЦ могут являться системами как коллективного, так и индивидуального использования и в принципе не требуют для своей реализации мощных ЭВМ.

*Автоматизированные системы обучения (АСО).* Традиционные методы обучения специалистов в различных областях профессиональной деятельности складывались многими десятилетиями, в течение которых накоплен большой опыт.

Однако, как свидетельствуют многочисленные исследования, традиционные методы обучения обладают рядом недостатков. К таким недостаткам следует отнести пассивный характер устного изложения, трудность организации активной работы студентов, невозможность учета в полной мере индивидуальных особенностей отдельных обучаемых и т. д.

Одним из возможных путей преодоления этих трудностей является создание АСО – автоматизированных информационных систем, предназначенных для автоматизации подготовки специалистов с участием или без участия преподавателя и обеспечивающих обучение, подготовку учебных курсов, управление процессом обучения и оценку его результатов [39]. Основными видами АСО являются автоматизированные системы программированного обучения (АСПО), системы обеспечения деловых игр (АСОДИ), тренажеры и тренажерные комплексы (ТиТК).

Автоматизированные системы программированного обучения ориентированы на обучение в основном по теоретическим разделам курсов и дисциплин. В рамках АСПО реализуются заранее подготовленные квалифицированными преподавателями "компьютерные курсы". При этом учебный материал разделяется на порции (дозы) и для каждой порции материала указывается возможная реакция обучаемого. В зависимости от действий обучаемого и его ответов на поставленные вопросы АСПО формирует очередную дозу представляемой информации.

Наибольшую сложность при создании АСПО составляет разработка "компьютерного курса" для конкретной дисциплины. Именно поэтому в настоящее время наибольшее распространение получили "компьютерные курсы" по традиционным, отработанным в методическом плане дисциплинам (физике, элементарной математике, программированию и т. д.).

Автоматизированные системы обеспечения деловых игр предназначены для подготовки и проведения деловых игр, сущность которых заключается в имитации принятия должностными лицами индивидуальных и групповых решений в различных проблемных ситуациях путем игры по заданным правилам.

В ходе деловой игры на АСОДИ возлагаются следующие задачи:

- ♦ хранение и предоставление обучаемым и руководителям игры текущей информации о проблемной среде в процессе деловой игры в соответствии с их компетенцией;
- ♦ формирование по заданным правилам реакции проблемной среды на действия обучаемых;
- ♦ обмен информацией между участниками игры (обучаемыми и руководителями игры);
- ♦ контроль и обобщение действий обучаемых в процессе деловой игры;
- ♦ предоставление руководителям игры возможности вмешательства в ход игры, например, для смены обстановки.

Технической базой АСОДИ являются высокопроизводительные ЭВМ или локальные вычислительные сети. Методологической базой АСОДИ, как правило, является имитационное моделирование на ЭВМ.

Тренажеры и тренажерные комплексы предназначены для обучения практическим навыкам работы на конкретных рабочих местах. Они являются средствами индивидуального (тренажеры) и группового (тренажерные комплексы) обучения. ТиТК являются достаточно дорогостоящими средствами обучения, а их создание требует больших затрат времени. Однако их чрезвычайно высокая эффективность при обучении таких специалистов, как летчики, водители, операторы систем управления и т. д., позволяет считать их достаточно перспективными видами АСО.

**Автоматизированные информационно-справочные системы (АИСС)** – это автоматизированная информационная система, предназначенная для сбора, хранения, поиска и выдачи в требуемом виде потребителям информации справочного характера.

В зависимости от характера работы с информацией различают следующие виды АИСС:

- ♦ автоматизированные архивы (АА);
- ♦ автоматизированные системы делопроизводства (АСД);
- ♦ автоматизированные справочники (АС) и картотеки (АК);
- ♦ автоматизированные системы ведения электронных карт местности (АСВЭКМ) и др.

В настоящее время разработано большое количество разновидностей АИСС и их количество продолжает увеличиваться. АИСС создаются с использованием технологии баз данных, достаточно хорошо разработанной и получившей широкое распространение. Для создания АИСС, как правило, не требуется высокопроизводительная вычислительная техника.

Простота создания АИСС и высокий положительный эффект от их использования определили их активное использование во всех сферах профессиональной (в том числе и управленческой) деятельности.

В заключение отметим, что основу любой АИС составляют информационные расчетные задачи и их комплексы (ИРЗ и К), которые определяют ее возможности по автоматизации профессиональной деятельности. Ввиду особой важности и значимости этих элементов специального программного обеспечения (СПО) АИС их разработка организуется в соответствии с требованиями государственных стандартов и других руководящих документов [13, 14, 34].

Основными из этих требований являются:

- ♦ достоверность результатов использования ИРЗ и К;
- ♦ оперативность получения результатов;
- ♦ соответствие ИРЗ и К уровню руководства;
- ♦ системный подход к созданию и применению СПО.

♦ обеспечение безопасности обрабатываемой информации. Помимо основных требований к создаваемым ИРЗ и К, руководящими (нормативными) документами определены и основные принципы разработки и поддержания в работоспособном состоянии элементов СПО (см. рис. 4.1.2). Руководство данными принципами является обязательным и позволяет создавать и применять ИРЗ и К, отвечающие приведенным выше требованиям. Применительно к средствам автоматизации наиболее сложной области профессиональной деятельности – управлению сложными человекомашинными системами экономического назначения – эти принципы могут быть сформулированы следующим образом:



**Рис. 4.1.2.** Требования к СПО и принципы его разработки

- ◆ централизованная разработка по единому плану и замыслу на общих оперативно-стратегических, информационных и математических основах;
- ◆ конкретность предназначения создаваемых задач и их комплексов;
- ◆ непосредственное руководство и участие в создании задач аппаратов управления, в интересах которых они создаются;
- ◆ обеспечение возможности перестройки задач в процессе их эксплуатации применительно к конкретной обстановке;
- ◆ непрерывное сопровождение разработанных задач и их комплексов представителями заказчика и разработчика.

Более подробные сведения о требованиях к элементам СПО и принципам их создания приведены в [57].

## 4.2. Информационное обследование профессиональной деятельности

В настоящее время вопросам изучения и развития автоматизации профессиональной деятельности придается большое значение в нашей стране и за рубежом. Причин здесь несколько. Прежде всего – это низкие темпы роста производительности труда людей, занимающихся переработкой информации (в том числе и управлением) по сравнению с производительностью труда в производстве. В развитых странах около 50% трудоспособного населения занято в сфере переработки информации и, конечно, низкая производительность их труда является существенным фактором, сдерживающим общественный прогресс. Следующей важной причиной является постоянное усложнение информационных процессов с одновременным повышением требований к оперативности разработки решений различного уровня.

И, наконец, появление и широкое распространение в последнее время новых программных, технических средств и информационных технологий требуют разработки новых методов их использования и вообще новых методов организации управления профессиональной деятельностью.

Таким образом, вопросы автоматизации профессиональной деятельности являются в настоящее время достаточно актуальными и не до конца проработанными. В данном пункте эти вопросы будут рассмотрены применительно к проблеме автоматизации управленческой деятельности как наиболее сложной для любого специалиста в области экономики, т. е. описаны типы объектов автоматизации в системе управления персоналом, а также характеристики известных подходов к автоматизации

управленческой деятельности и порядок проведения информационного обследования управленческой деятельности.

#### 4.2.1. Объекты автоматизации в системе управления организацией

Рассматривая вопросы автоматизации систем управления, прежде всего необходимо четко определить, что мы собираемся автоматизировать, т. е. определить объекты автоматизации [23].

Для определения объектов автоматизации в системе управления персоналом необходимо проанализировать процесс ее функционирования, ее состав и решаемые задачи. В результате анализа должно быть получено описание процесса переработки информации в системе управления, определены элементы этого процесса и связи между ними.

Под *системой управления персоналом* понимается совокупность функционально связанных аппарата управления, пунктов управления, систем связи, систем и средств автоматизации управления персоналом, а также систем, обеспечивающих сбор, обработку и передачу информации.

Основу системы управления составляет *аппарат управления*, который вырабатывает управляющие воздействия на персонал, сотрудников фирм и тем самым осуществляет управление. В состав аппарата управления включаются: правление, дирекция, администрация, управления, отделы и другие органы. Аппарат управления размещается на местах *управления* и, используя системы связи, системы и средства автоматизации управления, а также специальные системы, выполняет свои функции.

В процессе выполнения своих функций аппарат управления осуществляет управленческую деятельность, которую можно рассматривать как *процесс переработки информации*. Действительно, аппарат управления получает входную информацию по различным каналам (приказы, директивы вышестоящих органов управления, донесения нижестоящих органов управления, а также другую информацию), анализирует полученную информацию, определенным образом преобразует ее и создает новую информацию, которую по каналам связи передает в подчиненные и вышестоящие аппараты управления (приказы, распоряжения подчиненным сотрудникам, донесения вышестоящим органам управления).

*Управленческая деятельность* может быть представлена как совокупность определенным образом связанных задач управления. Количество, сложность задач управления, решаемых в процессе управленческой деятельности, а также требования по оперативности их решения могут быть различными в различных условиях обстановки. Однако перечень и содержание задач управления, как правило, являются стабильными – неизменяемыми или слабоизменяемыми – в процессе жизнедеятельности организации на достаточно большом интервале времени. Результатами решения задачи управления являются управляющие воздействия на подчиненных и предоставление требуемой информации вышестоящему аппарату управления, которая оформляется в виде документов (приказов, директив, распоряжений, а также донесений, отчетов и справок).

*Задачи управления* решаются должностными лицами аппарата управления и так же, как *управленческая деятельность*, представляют собой *процесс переработки информации*.

Анализ процесса переработки информации при решении какой-либо задачи управления позволяет выделить в нем три типа взаимосвязанных информационных процедур, заключающихся в реализации того или иного механизма переработки входной информации в конкретный результат и индивидуально выполняемых должностными лицами.

1. *Полностью формализуемые информационные процедуры*, при выполнении которых алгоритм переработки информации остается неизменным и полностью определен. К таким процедурам относятся поиск, учет, хранение, передача информации, печать документов, расчет заработной платы, подведение итогов деятельности предприятий и фирм, расчет на модели показателей эффективности деятельности предприятий и фирм и т. д. Полностью формализуемые процедуры лучше всего поддаются автоматизации с применением ЭВМ. Они могут выполняться без участия или с минимальным участием человека и не требуют высокого уровня его подготовки.

2. *Неформализуемые информационные процедуры*, при выполнении которых создается новая уникальная информация, причем алгоритм переработки исходной информации неизвестен. Принципиально существуют две процедуры такого типа: формирование множества альтернатив выбора (например, вариантов выбора инвестиционных проектов) и собственно выбор одного варианта из данного множества. Как правило, такие процедуры реализуются должностными лицами с использованием результатов выполнения информационных процедур первого типа. Требования по

знанию процессов функционирования предприятий и фирм к лицам, выполняющим неформализуемые информационные процедуры, очень высоки.

3. **Плохо формализуемые информационные процедуры**, при выполнении которых алгоритм переработки информации может изменяться и полностью не определен. К плохо формализуемым процедурам относятся задачи планирования, оценивания эффективности вариантов построения финансовой политики фирмы и т. д. Плохо формализуемые процедуры не могут выполняться без участия человека. К человеку, выполняющему плохо формализуемые информационные процедуры, предъявляются высокие требования по знанию процессов функционирования экономических систем и алгоритмов переработки информации. Они выполняются одним должностным лицом и включают, как правило, несколько полностью формализуемых и неформализуемых процедур, порядок проведения которых определяет должностное лицо, исходя из особенностей решаемой задачи управления в каждом конкретном случае.

Таким образом, основными типами информационных процедур, индивидуально выполняемых должностными лицами, являются полностью формализуемые и неформализуемые процедуры. Введение понятия плохо формализуемой процедуры удобно как промежуточное описание процессов переработки информации, а также для выделения в этих процессах достаточно цельных элементов, выполняемых одним или несколькими должностными лицами (например, оценка эффективности проводимой финансовой операции, разработка варианта плана вывода фирмы из кризисного состояния и т. д.).

Необходимо отметить, что деление процесса переработки информации на отдельные информационные процедуры *не является абсолютным*, раз и навсегда определенным. Это деление соответствует степени изученности объекта управления и системы управления. По мере изучения объекта управления и получения новой информации о нем неформализуемые информационные процедуры могут быть сначала заменены плохо формализуемыми, а в дальнейшем – и полностью формализуемыми информационными процедурами. Именно такая последовательная замена информационных процедур, выполняемых в процессе разработки управленческих решений, лежит в основе одного из подходов к автоматизации управленческой деятельности, о чем будет сказано ниже.

Таким образом, основу функционирования системы управления предприятиями и фирмами составляет управленческая деятельность аппарата управления, которая осуществляется должностными лицами и включает решение связанных между собой задач управления. Отдельные задачи управления и управленческая деятельность в целом представляют собой процесс переработки информации. Переработки информации осуществляют должностные лица аппарата управления путем выполнения информационных процедур. *Управленческую деятельность аппарата управления и должностных лиц, задачи управления, а также информационные процедуры в дальнейшем мы будем называть элементами управленческой деятельности, осуществляемой системами управления.*

Проведенный выше анализ функционирования системы управления персоналом позволяет выделить иерархически связанные объекты автоматизации как элементы управленческой деятельности, осуществляемой системой управления.

1. *Управленческая деятельность аппарата управления и должностных лиц.*
2. *Задачи управления персоналом*, решаемые руководством фирмы в целом или должностными лицами (должностным лицом) в процессе управленческой деятельности.
3. *Полностью и плохо формализуемые информационные процедуры*, индивидуально выполняемые должностными лицами (возможно, с использованием различных технических устройств) при решении различных задач управления.

Уровень автоматизации управленческой деятельности, задач управления и информационных процедур может быть различным. Он зависит от возможностей по разработке программного обеспечения, имеющихся технических средств, а также от других причин, в том числе и чисто психологических, связанных с готовностью и желанием должностных лиц использовать в своей работе ЭВМ. Однако *каждому объекту автоматизации* можно поставить в соответствие *типовое программное средство*, которое целесообразно применять при автоматизации конкретного элемента процесса переработки информации.

Так, средством автоматизации информационных процедур первого типа являются ИРЗ. Средством автоматизации информационных процедур третьего типа и задач управления могут стать комплексы ИРЗ, а также АИС класса ИВС (ИРС, САПР, ПОИС, МЦ). Средством автоматизации управленческой деятельности должностных лиц является СППР. Автоматизация управленческой деятельности органа управления должна осуществляться в рамках АСУП.

#### 4.2.2. Характеристика подходов к автоматизации управленческой деятельности

Информационное обследование, как правило, проводится в ситуации, когда существуют какие-либо *недостатки в процессе управления* (например, плохое качество управления или плохая оперативность принятия решений), и руководство хочет определить *возможность устранения этих недостатков* за счет использования средств автоматизации управления.

Решать эту задачу необходимо путем анализа процесса управления с целью выделения в нем возможных объектов автоматизации, определения информационных связей между ними и установления необходимого уровня автоматизации информационной деятельности, способного обеспечить решение возникшей проблемы.

В такой постановке задача автоматизации управления ставилась и решалась в нашей стране и за рубежом с начала 70-х гг. XX в., причем в качестве объекта автоматизации выбиралась, как правило, управленческая деятельность какого-либо аппарата управления. Именно с этого времени стали появляться проекты "больших" АСУ, таких как АСУ предприятия, АСУ отрасли и т. п.

Анализ практики создания АСУ позволяет выделить сложившиеся и используемые в настоящее время подходы к проектированию систем автоматизации управления [23].

Первый подход базируется на принципе построения АСУ "от фотографии", т. е. по принципу *"автоматизировать то что есть"*. Такие АСУ принято называть **фотографическими**. Согласно этому принципу анализируется уже существующая система управления и строится модель реализуемой ею управленческой деятельности без изменения структур и задач элементов существующей системы управления.

Этот подход является наиболее простым и обеспечивает создание эффективной АСУ при автоматизации управленческой деятельности, которая хорошо изучена и поддается формальному описанию. Примером аппарата управления, осуществляющего хорошо формализуемую деятельность, является, например, бухгалтерия, деятельность которой в целом, а также деятельность ее отдельных должностных лиц, хорошо изучена и практически полностью регламентирована общими правилами и соответствующими документами. Проблемы в таких аппаратах управления связаны, как правило, большой долей рутинных работ, которые хорошо автоматизируются.

Если же предполагается автоматизировать управление сложным, плохо изученным объектом, управление которым осуществляется в условиях неполной и неточной исходной информации, применение фотографической АСУ может оказаться малоэффективным. Проблемы в таких органах управления могут быть связаны с неправильным определением целей и задач управления и, как следствие, нерациональной его организацией. Поэтому применение фотографической АСУ в "неправильной" системе управления, естественно, не даст желаемого эффекта.

Кроме того, необходимо учесть, что применение средств автоматизации требует, как правило, изменения состава и структуры системы управления. Иначе АСУ может оказаться неэффективной.

Попыткой устранения недостатков, присущих первому подходу к автоматизации организационного управления, явилась разработка второго подхода, базирующегося на принципе построения АСУ "от модели", т. е. по принципу *"делать так, как должно быть"*. Такие АСУ будем называть **модельными**. Согласно этому принципу проводится анализ объекта управления, а также существующей системы управления и строится модель деятельности новой системы управления, способной решить возникшие проблемы управления объектом. Таким образом, при этом подходе предполагается автоматизировать управление с одновременным изменением (при необходимости) существующей структуры системы управления, а также целей и задач управления.

Построение модельных АСУ несомненно улучшает качество управления, однако создание адекватной модели деятельности оптимальной системы управления сложным объектом на начальном этапе автоматизации в большинстве случаев является *практически неразрешимой* задачей.

Практика показала, что в лучших разработках создание АСУ осуществлялось на основе третьего подхода – многошагового, основанного на принципе *"от потребностей практики"*. Согласно этому принципу на начальном этапе автоматизируется деятельность конкретных должностных лиц *последовательно*, начиная с автоматизации *простейших информационных процедур* путем разработки отдельных ИРЗ. Созданные ИРЗ по мере их накопления, оценки эффективности их использования и корректировки объединяются в АИС, автоматизирующие решение задач управления и управленческой деятельности в целом. При такой автоматизации управленческой деятельности уточнение целей и задач

управления, а также изменение состава и структуры системы управления происходит *постепенно*, а автоматизация выполнения информационных процедур проходит всестороннюю проверку еще в процессе создания АСУ. Кроме того, должностные лица постепенно обучаются работе с ЭВМ, и в их сознании укрепляется уверенность в необходимости использования ЭВМ в практической работе. Все сказанное выше обеспечивает успех автоматизации управленческой деятельности.

Принцип создания АСУ *"от потребностей практики"* базируется на трех основных (отчасти противоречивых) *требованиях*, предъявляемых к процессу создания средств автоматизации управленческой деятельности:

- ♦ внедрение средств автоматизации должно быть *поэтапным* (от простого к сложному), но при этом уже на начальных этапах в упрощенном виде необходимо видеть и *учитывать конечные цели* автоматизации;

- ♦ необходимо *учитывать готовность организационной структуры* и должностных лиц к использованию средств автоматизации в своей работе и стараться в первую очередь планировать автоматизацию тех элементов управленческой деятельности, где эта *автоматизация даст максимальный эффект* либо по простоте и оперативности решения практических задач, либо по качеству их решения;

- ♦ требуется свести к минимуму на первых этапах автоматизации попытку *полного учета* организационной инфраструктуры аппарата управления, и сосредоточить усилия на автоматизации деятельности *конкретных* должностных лиц. Каждый из перечисленных выше подходов может быть применен при создании конкретной АСУ. Если цели и задачи системы управления точно определены и управленческая деятельность хорошо формализуется, целесообразно строить АСУ по принципу *"от фотографии"*. Если есть возможность разработать модель оптимальной системы управления, целесообразно строить АСУ по принципу *"от модели"*. Если автоматизация управления находится на начальном этапе, в любом случае целесообразно создавать АСУ в соответствии с принципом *"от потребностей практики"*, и по мере накопления ИРЗ, автоматизирующих отдельные информационные процедуры, приступать к созданию фотографических или модельных АСУ.

#### 4.2.3. Порядок проведения информационного обследования управленческой деятельности

Информационное обследование профессиональной (управленческой) деятельности является *творческим* процессом и *не имеет жесткого алгоритма* его проведения. Можно указать только основные этапы работ и их целесообразную последовательность.

В информационном обследовании участвуют *должностные лица, деятельность которых автоматизируется*, и *специалисты по автоматизации* управленческой деятельности, которых мы в дальнейшем будем называть *исследователями*.

*Основными приемами* при информационном обследовании являются *изучение* исследователем *документации*, регламентирующей деятельность аппарата управления или должностного лица, а также *проведение экспертного опроса* конкретных должностных лиц.

Опрос должностных лиц чаще всего осуществляется в *форме интервью*. Вопросы интервью могут быть самыми различными и зависят от уяснения исследователем особенностей автоматизируемой управленческой деятельности.

В процессе информационного обследования опросы должностных лиц могут повторяться (чередуются по мере необходимости с изучением документации) до полного уяснения автоматизируемой управленческой деятельности и составления ее информационной модели.

Конечными целями информационного обследования являются:

- ♦ *выявление (уточнение) объектов автоматизации* в системе управления;
- ♦ *построение их информационных моделей*;
- ♦ *составление перечня программных средств* и баз данных, необходимых для автоматизации управленческой деятельности;
- ♦ *определение порядка работы должностных лиц* с использованием средств автоматизации;
- ♦ *проведение предварительной оценки* повышения производительности и качества управленческой деятельности должностных лиц с использованием предлагаемых средств автоматизации;
- ♦ *оценка предполагаемых затрат* различных ресурсов, включая необходимый состав технических средств.

Важнейшей целью информационного обследования является *разработка информационных моделей*

*управленческой деятельности и отдельных ее элементов (объектов автоматизации). Информационная модель управленческой деятельности (объекта автоматизации) представляет собой описание информационных потоков, определяющих основное содержания деятельности органа управления и(или) должностных лиц.* Конкретный вид информационной модели определяется *типом объекта автоматизации*: при автоматизации деятельности аппарата управления или должностного лица – это перечень взаимосвязанных задач управления; при автоматизации, задачи управления – перечень взаимосвязанных информационных процедур; при автоматизации информационной процедуры – это описание трех взаимосвязанных элементов:

- ♦ входной информации, которая может (или должна) использоваться в процессе реализации данной процедуры;

- ♦ выходной информации, которая должна получаться в результате выполнения процедуры;

- ♦ механизмов переработки входной информации в выходную.

Информационные модели элементов управленческой деятельности, как правило, являются достаточно обобщенными, не содержащими детализации описаниями информационных связей между объектами автоматизации и механизмов переработки информации. Детализация описания информационных связей между объектами автоматизации до конкретных параметров и документов, а также конкретных механизмов переработки информации осуществляется в процессе создания ИРЗ и К на этапе разработки технического задания и, что особенно важно, оперативных постановок задач.

Содержание информационной модели, помимо типа объекта автоматизации, зависит от принятого подхода к автоматизации управленческой деятельности и может описывать как существующий, так и требуемый (улучшенный) состав входной и выходной информации, а также механизм переработки информации. Окончательный вывод об адекватности информационной модели объекту автоматизации должны делать должностные лица аппарата управления, деятельность которого автоматизируется. Они знакомятся с информационной моделью и вносят, при необходимости, свои коррективы.

Построение информационной модели *начинается с определения* информации, которая *должна получаться в результате* управленческой деятельности в рамках рассматриваемого объекта автоматизации (*выходной информации* объекта автоматизации).

Как правило, информация, которая должна получаться в результате управленческой деятельности, хорошо известна должностным лицам для любого типа объекта автоматизации, и ее получение не вызывает осложнений. Она составляет основу разрабатываемых в органе управления документов и поэтому в принципе может быть детализирована до конкретных параметров.

После того как четко определена выходная информация, *следует переходить к определению исходных данных (входной информации)* для решения задачи, а затем – к наиболее сложной части информационной модели – описанию механизмов переработки входной информации в выходную.

Следует отметить, что за последние десятилетия сформировались и получили достаточно широкое распространение (в том числе и в России) так называемые CASE-методологии и технологии, позволяющие системно подойти к разработке программного обеспечения АИС различного назначения на всех этапах его жизненного цикла, начиная с проведения информационного обследования и документирования его результатов. CASE (Computer-Aided Software/System Engineering) – в дословном переводе – разработка программного обеспечения информационных систем при поддержке (с помощью) компьютера. Первоначальное значение термина CASE, ограниченное вопросами автоматизации разработки) только лишь программного обеспечения, в настоящее время приобрело новый смысл, охватывающий процесс разработки сложных автоматизированных информационных систем (АИС) в целом. Теперь под термином CASE-средства понимаются программные средства, поддерживающие процессы создания и сопровождения АИС, включая анализ и формулировку требований к ним, проектирование прикладного программного обеспечения (приложений) и баз данных, генерацию кода, тестирование, документирование, обеспечение качества, конфигурационное управление и управление проектом, а также другие процессы. По сути CASE-средства вместе с системами программного обеспечения и техническими средствами образуют *полную среду разработки* АИС. Достаточно подробно данные средства рассмотрены в [57].

Вместе с тем описанный выше порядок проведения информационного обследования профессиональной деятельности является, безусловно, полезным с точки зрения понимания сущности автоматизируемой деятельности и более полного использования возможностей современных средств автоматизации проектирования АИС (в частности, CASE-средств).

### 4.3. Технология создания и применения специального (прикладного) программного обеспечения

#### 4.3.1. Содержание работ на этапах создания информационных, расчетных задач и их комплексов

Порядок создания информационных, расчетных задач и их комплексов (ИРЗ и К) определен федеральными законами Российской Федерации, а также государственными стандартами. В создании задач и их комплексов участвуют две стороны: заказчик и разработчик. Если разработчиков несколько, то среди них определяется *головной разработчик* и *соисполнители*. Возможно также существование *нескольких заказчиков*. Тогда среди них выделяется *головной заказчик*, а остальные заказчики называются *созаказчиками*.

Процесс создания ИРЗ и К в принципе одинаков и включает следующие этапы [54]:

- ◆ этап разработки технического задания;
- ◆ этап эскизного проектирования;
- ◆ этап технического проектирования;
- ◆ этап рабочего проектирования.

По решению заказчика, сформированному в техническом задании (ТЗ), допускается *объединение* отдельных этапов разработки, изменение их содержания или введение других этапов. Продолжительность этапов, а также уровень, с которого начинается разработка задач и их комплексов, определяется в каждом конкретном случае, исходя из имеющегося научно-методического задела по данной проблеме. Каждый *этап завершается в порядке, установленном ТЗ*. В частности, итоги каждого этапа рассматриваются заказчиком.

Для повышения оперативности взаимодействия заказчика и разработчика, непрерывного контроля за деятельностью разработчика желательно из состава *заказывающей организации* выделить *сотрудника*, которому поручается *научно-техническое* и *организационное сопровождение* всех видов работ по созданию ИРЗ и К. Этот сотрудник называется *сотрудником сопровождения*.

#### *Этап разработки технического задания*

Техническое задание является исходным документом, устанавливающим основное *назначение*, технические *характеристики* и *требования*, предъявляемые к создаваемым задачам и их комплексам, а также *порядок работ* на всех этапах и *сроки* их проведения. ТЗ формируется заказчиком совместно с разработчиком.

Для проведения работ на этом этапе заказчик может давать рабочие группы из своих представителей, представителей разработчика и других специалистов (экспертов) в зависимости от характера создаваемых задач и моделей.

*При разработке ТЗ* осуществляется:

- ◆ проведение *информационного обследования* объекта автоматизации и уточнение функций и задач управления, подлежащих автоматизации;
- ◆ *определение* необходимого *состава* комплекса ИРЗ;
- ◆ разработка *оперативных постановок задач*;
- ◆ *формирование задания* (определение разработчиков, сроков и порядка создания задач и их комплексов) и *исходных данных*.

Проведение информационного обследования объекта автоматизации (подробно рассмотренное в подразд. 4.2) и уточнение функций и задач управления, подлежащих автоматизации, являются необходимым элементом этапа разработки ТЗ. При информационном обследовании анализируется процесс функционирования объекта автоматизации по переработке информации и определяются те элементы этого процесса, которые могут или должны быть возложены на ЭВМ. Одним из результатов информационного обследования является состав комплекса задач, которые должны быть разработаны.

Основным документом, содержащим всю информацию о создаваемой задаче (или комплексе задач), ее назначении и требованиях к ней, является *оперативная постановка задачи (или комплекса задач)*, которая оформляется как *обязательное приложение к ТЗ*.

Техническое задание в целом и оперативные постановки задач *подписываются головным разработчиком*, *согласовываются с организациями-соисполнителями, органом управления*, на котором будет внедряться задача, и *утверждаются заказчиком*. Проведение разработки задач и их комплексов

без утвержденного ТЗ не допускается. В процессе дальнейших работ по созданию АИС или ее элементов при невозможности выполнения требований оперативной постановки она может корректироваться *с разрешения заказчика* на любом этапе создания и внедрения ИРЗ и их комплексов.

### *Этапы эскизного и технического проектирования*

После утверждения заказчиком ТЗ разработчик приступает к этапу эскизного проектирования (ЭП), который часто объединяют с этапом технического проектирования (ТП). На этапах эскизного и технического проектирования *осуществляются следующие действия:*

- ♦ определение *принципов построения*, состава и структуры технических и программных средств ИРЗ и К (этап ЭП);
- ♦ определение *обобщенного алгоритма* функционирования, назначения и порядка работы элементов задач и их комплексов (этап ЭП);
- ♦ определение *содержания и общих характеристик информационных связей* между элементами задач (комплексов задач) (этап ЭП);
- ♦ определение *состава необходимого программного обеспечения* (ПО) для создания задач и их комплексов (этап ЭП);
- ♦ выбор *используемых математических методов* и математическое описание моделей экономических операций (этап ЭП);
- ♦ оценка *возможности выполнения основных требований* оперативной постановки задачи (этап ЭП);
- ♦ разработка *детальных алгоритмов* задач и комплексов, их информационного и лингвистического обеспечения (этап ТП);
- ♦ проектирование и *разработка необходимых баз данных* (этап ТП).

Алгоритмы ИРЗ и К разрабатываются в строгом соответствии с утвержденным ТЗ и оперативными постановками задач и являются определяющими документами для последующего написания программ. Схемы алгоритмов и программ выполняются в соответствии с нормативными требованиями.

### *Этап рабочего проектирования*

На этапе *рабочего проектирования* в соответствии с разработанными ранее алгоритмами осуществляется разработка программ, их отладка и экспериментальная проверка (испытания) на ЭВМ и оформление документации по разработанной задаче (или комплексу задач).

Перед сдачей отлаженных программ заказчику разработчик проводит их испытания с целью проверки соответствия программного продукта требованиям ТЗ. В процессе испытаний проверяются:

- ♦ *достоверность результатов* расчетов в различных вариантах исходных данных и, в частности, адекватность математических моделей операций;
- ♦ *характер влияния различных исходных данных* на результаты расчета (моделирования);
- ♦ *надежность* применяемых технических и программных средств защиты данных;
- ♦ *оперативность* полученных результатов расчетов;
- ♦ *удобство работы* с ЭВМ в процессе расчета или моделирования;
- ♦ *качество* разработанных алгоритмов и программ и т. д.

Проверка *достоверности результатов* проводится на вариантах исходных данных с реальной или учебной информацией, обеспечивающих проведение всесторонней оценки получаемых результатов путем сравнения с результатами проведенных экономических операций. Для окончательной оценки достоверности результатов расчетов (моделирования) могут привлекаться компетентные эксперты.

Все работы по проверке готовности программного продукта проводятся *на технической базе разработчика*. В работе по проверке (испытанию) ИРЗ и К участвует сотрудник сопровождения. Обобщенные результаты экспериментальной проверки разработанных задач и комплексов представляются заказчику вместе с отчетными материалами по программному изделию, подготовленному к сдаче.

На каждую ИРЗ и в целом комплекс задач оформляется отчетная документация в четырех частях:

Часть 1. Оперативная постановка задачи.

Часть 2. Алгоритмы задачи.

Часть 3. Описание программы. Инструкция оператору-программисту по ее применению. Программы на магнитных носителях и их распечатки (тексты программ).

Часть 4. Инструкция должностному лицу по использованию задачи (комплекса задач).

Каждая часть документации оформляется отдельной книгой (или несколькими книгами). Части 1, 2, 4 используются специалистами органа управления при изучении сущности задачи и порядка работы с ней. В вычислительный центр (ВЦ) документация передается в полном объеме.

Помимо указанной отчетной документации, после завершения каждого этапа разработки задачи (комплекса) разработчиком выпускается и представляется заказчику отчет. Этим обеспечивается объективный контроль за ходом создания задач. Порядок, сроки выпуска и содержание таких отчетов оговариваются в ТЗ. Анализ отчетов и выдача заключений по результатам каждого этапа работ производится, как правило, при активном участии сотрудника сопровождения.

Приведенная выше этапность создания задач (комплексов задач) и отчетность в процессе их создания не является строго обязательной (кроме документации по готовым задачам и комплексам задач) и зависит от объема и сложности создаваемой задачи (комплекса задач). В любом случае обязательным документом является ТЗ, в котором оговаривается как содержание этапов создания задач, так и состав документов, разрабатываемых на каждом этапе.

#### 4.3.2. Порядок внедрения информационных, расчетных задач и их комплексов

Прием в эксплуатацию разработанных ИРЗ и К осуществляется по приказу или директиве заказчика. Этим приказом заказчик назначает комиссию по приемке готового программного продукта, определяет ее состав и задачи, а также сроки и порядок ее работы.

В задачи комиссии входит:

- ♦ *изучить документацию* по задаче (комплексу задач), представленную разработчиком, определить ее качество, соответствие требованиям ТЗ и другим нормативным документам;
- ♦ *установить соответствие* алгоритмов и программ требованиям ТЗ и оперативной постановке задачи;

- ♦ *проверить достаточность мер по обеспечению безопасности* обработки информации и ее выдачи на автоматизированные рабочие места должностных лиц;

- ♦ *провести контрольные расчеты* на внедряемой задаче с целью проверки:

- работоспособности программ, достоверности, полноты и качества получаемых результатов в широком диапазоне исходных данных;

- практической пригодности и эффективности использования задачи в деятельности руководителя (менеджера) к управлению персоналом;

- технологичности, трудоемкости и временных характеристик основных этапов подготовки и ввода исходных данных, проведения расчетов и выдачи результатов;

- ♦ *подготовить предложения о внесении изменений* в методику работы должностных лиц с использованием результатов применения задачи;

- ♦ при необходимости *определить перечень работ и продолжительность этапа опытной эксплуатации* задачи (комплекса), а также составить план-задание на ее проведение.

Приведенный выше перечень задач комиссии по решению заказчика может быть расширен.

При приемке задачи (комплекса) головной разработчик обязан:

- ♦ *не позднее чем за два месяца до начала работы* комиссии представить заказчику и организациям, определенным заказчиком, по одному экземпляру документации в согласованном с заказчиком объеме;

- ♦ *представить эталонные программы* с контрольными вариантами решений на машинных носителях в ВЦ, на котором планируется внедрение задачи (комплекса);

- ♦ *выполнить контрольные расчеты* по указанию заказчика и принять участие в анализе полученных результатов;

- ♦ *устранить недостатки*, выявленные в процессе приемки задачи (комплекса).

По указанию заказчика в приемке задачи (комплекса) могут принять участие заинтересованные фирмы, где планируется использование внедряемых задач и их комплексов. В этом случае заинтересованные организации обязаны:

- ♦ *принять участие в подготовке контрольных вариантов* решений;

- ♦ *оценить возможности* задачи, обеспечить проверку ее работоспособности в условиях, соответствующих особенностям работы данного предприятия;

- ♦ *представить заказчику* в установленные им сроки предложения и замечания о результатах проверки задачи (комплекса).

Вычислительный центр, на котором планируется внедрение задачи, *предоставляет технические средства, участвует в контрольных решениях и проверяет эксплуатационно-технические характеристики задачи (комплекса).*

По результатам работы комиссия представляет заказчику акт по приемке задачи (комплекса). Копия акта комиссии высылается в адрес головного разработчика и является заключением заказчика на выполненное ТЗ.

Информационные и расчетные задачи (или их комплекс) допускаются к штатной эксплуатации, если они отвечают требованиям ТЗ и являются работоспособными в реальных условиях профессиональной деятельности. ИРЗ (или их комплекс) принимаются в опытную эксплуатацию, если в ходе приемки выявлена необходимость в их доработках, не оказывающих существенного влияния на достоверность результатов расчетов. Схема порядка внедрения ИРЗ и их комплекс и представлена на рис. 4.3.1.

Для организации опытной эксплуатации заказчиком утверждается *план-задание*, в котором указываются:

- ◆ сроки опытной эксплуатации;
- ◆ содержание и порядок работы;
- ◆ меры по обеспечению безопасности обработки информации;
- ◆ способы оценки эффективности применения данной задачи (комплекса) в практической работе предприятия.

В ходе опытной эксплуатации *организуется обучение персонала фирмы* порядку работы с задачей (комплексом), *изучение ее возможностей и проведение оценки эффективности* ее применения. В практике должностных лиц в реальных условиях эксплуатации *оценивается надежность средств и методов защиты информации*, проводятся все необходимые доработки задачи.

Головной разработчик обязан участвовать на всех этапах опытной эксплуатации и устранять недостатки, выявленные как в процессе приемки задачи, так и в процессе опытной эксплуатации.

*Опытная эксплуатация ИРЗ и их комплексов завершается актом*, разрабатываемым фирмой, в котором должна использоваться задача. Акт подписывается всеми участниками опытной эксплуатации и представляется заказчику.

Прием задачи (комплекса) осуществляется по директиве (приказу) заказчика. Директивой (приказом) устанавливается порядок применения задачи (комплекса) соответствующими должностными лицами.

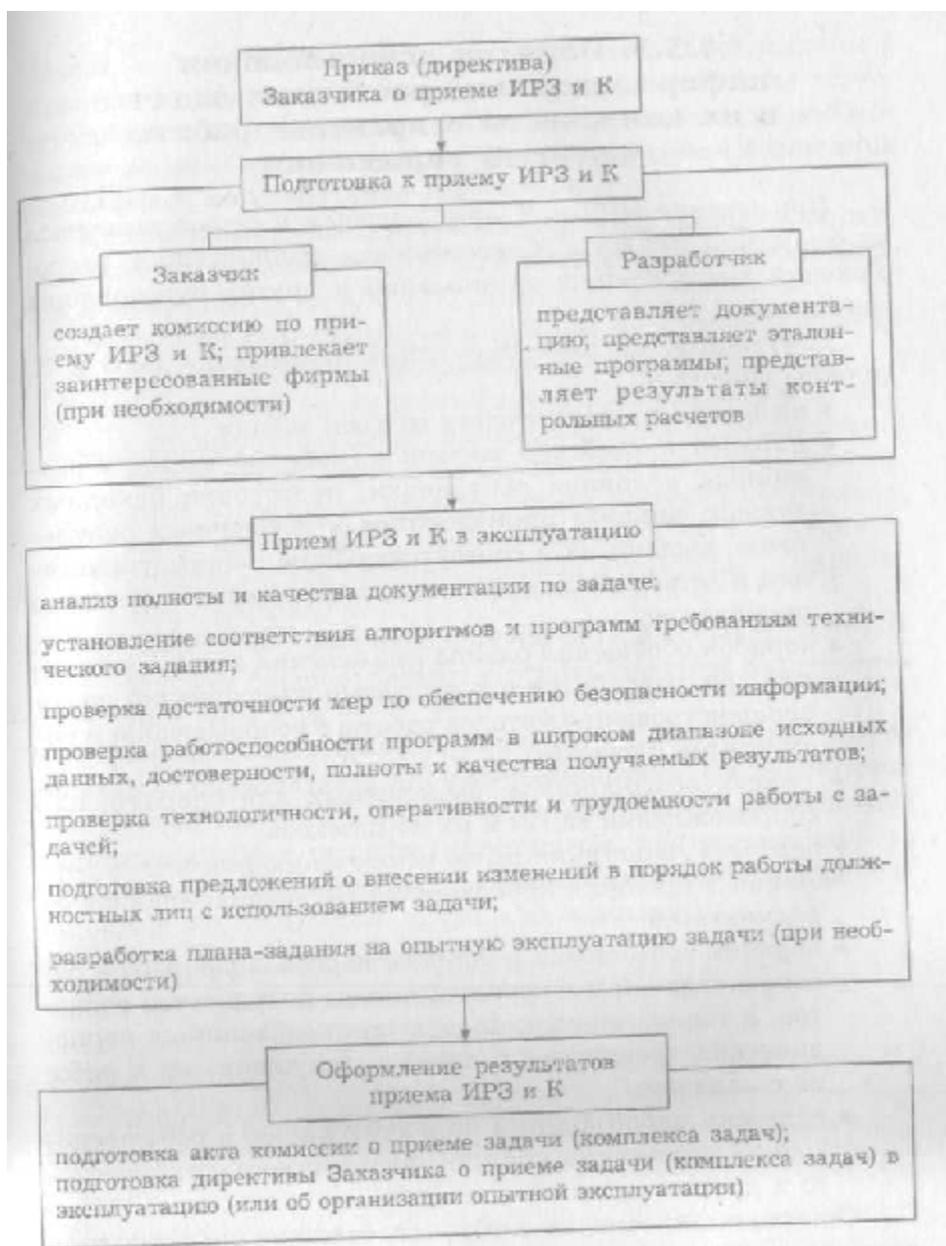


Рис. 4.3.1. Порядок внедрения ИРЗ и К

### 4.3.3. Порядок использования информационных, расчетных задач и их комплексов в практике работы аппарата управления

Применение ИРЗ и К организуется и осуществляется на основании указаний руководителя предприятия, распоряжений вышестоящих организаций и других руководящих документов.

Документы, регламентирующие применение ИРЗ и К, должны включать:

- ◆ цели и сроки применения каждой задачи;
- ◆ порядок проведения расчетов (моделирования) в различных условиях обстановки, подготовки исходных данных, анализа промежуточных и конечных результатов, выдачи их в соответствующие органы управления и использования результатов решения в процессе управления;
- ◆ порядок обобщения опыта применения задач и их комплексов, разработки и реализации предложений по совершенствованию методов работы с использованием результатов расчетов;
- ◆ список сотрудников, выделенных для оперативного сопровождения задач и их комплексов;
- ◆ перечень мероприятий по исключению утечки информации в процессе производства расчетов и анализа их результатов;
- ◆ порядок подготовки и допуска персонала фирмы к работе с задачей и с использованием результатов расчетов, а также порядок проведения необходимых периодических тренировок с лицами, допущенными к работе с задачей;
- ◆ перечень мероприятий по поддержанию в работоспособном состоянии средств программного,

технического и других видов обеспечения.

*Ответственность за внедрение, освоение оперативным составом, применение, совершенствование задач и их комплексов, а также обеспечение безопасности информации в процессе ее обработки возлагается на руководителя соответствующего предприятия. Ответственность за поддержание задач и их комплексов в работоспособном состоянии возлагается на начальника ВЦ.*

Оперативное сопровождение задач и их комплексов осуществляется выделенными для этой цели сотрудниками фирмы и включает:

- ♦ *поддержание программ и средств их информационного обеспечения в работоспособном состоянии;*
- ♦ *подготовку предложений по совершенствованию оперативных постановок, алгоритмов и инструкций по использованию задач и их комплексов в связи с изменением взглядов на проведение экономического анализа, появлением новых технических автоматизированных средств, новой организационной структуры предприятия, отрасли и т. д.;*
- ♦ *подготовку рекомендаций по совершенствованию методики работы фирмы с использованием разработанных ИРЗ и К.*

*В процессе эксплуатации задач и их комплексов разработчик осуществляет научно-техническое сопровождение (авторский надзор), которое включает совершенствование математических методов, алгоритмов, программ и информационного обеспечения в целях повышения оперативно-технических характеристик задач и их комплексов.*

## **5. ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Системы поддержки принятия решений образуют сравнительно новый класс АИС, имеющий весьма широкую область применения, поскольку решения необходимо принимать во всех сферах человеческой деятельности и автоматизировать часть процесса принятия решений (иными словами – оказать помощь, поддержать ЛПР) представляется задачей и привлекательной, и актуальной.

Другим важным обстоятельством, обусловившим интенсивное развитие таких систем, является появление новых технических и программных средств, позволяющих на практике реализовать современные технологии и системы искусственного интеллекта, прежде всего – экспертные системы.

Настоящий раздел посвящен организационно-методическим вопросам автоматизации различных форм поддержки принятия должностными лицами экономических решений.

### **5.1. Методологические основы автоматизации поддержки принятия решений**

#### **5.1.1. Концепция автоматизации поддержки принятия управленческих решений**

Как уже отмечалось в первых разделах учебника, принятие решений в процессе управления организацией целесообразно рассматривать как процесс последовательного решения (разрешения) возникающих проблем. При этом под организацией будем понимать двух или более людей, взаимодействующих в пределах установленных властных отношений с использованием имеющихся ресурсов для достижения общей цели [52].

Процесс выбора управленческих решений предусматривает несколько этапов (см. п. 1.2.1, 1.2.3), основное содержание работ на которых составляют:

- ♦ целевыявление;
- ♦ собственно выбор (обоснование и принятие) решения;
- ♦ организация и контроль исполнения решения.

На каждом из перечисленных этапов используется присущий ему методический аппарат, содержащий формальные и неформальные процедуры переработки имеющейся у ЛПР информации. При этом ЛПР вынуждено использовать, с одной стороны, собственный опыт, интуицию, эвристические приемы, с другой – системный анализ, методы управления, моделирования, исследования операций, оценки эффективности систем и другое, т. е. весь "арсенал" известных ему методов и средств. Названная последовательность действий ЛПР приводит к искомому решению.

Иными словами, сложилась определенная технология выбора управленческих решений – совокупность методов, способов, процедур и средств анализа ситуации, постановки проблем, обоснования и принятия рациональных решений, организации и контроля их исполнения.

В большинстве практически важных случаев (особенно в экономической сфере) от ЛПР требуются весьма высокая теоретическая подготовка и твердые практические навыки применения технологии выбора решений, причем зачастую при действиях в условиях дефицита времени и других ресурсных ограничениях. Более того, уместно говорить о существовании противоречия между сложностью и ответственностью принимаемых должностным лицом решений и его возможностями. Способом разрешения этого противоречия выступает организация поддержки деятельности ЛПР.

Сущность поддержки принятия решений (на всех уровнях) заключается в том, что руководитель, несущий полную ответственность за принимаемые решения, в силу сложности и неструктурированности возникающих перед ним проблем трудностей их решения и наличия ограничений, нуждается в систематической помощи со стороны других (подчиненных ему! или привлекаемых "со стороны") должностных лиц.

Такая поддержка, вообще говоря, оказывалась руководителю (естественно, начиная с определенного уровня в иерархии управления) всегда. Каждое ЛПР формировало (и сегодня формирует) свою систему поддержки принятия решений. Первоначально использовался так называемый аппарат (персонал) поддержки (заместители, помощники, референты, эксперты, менеджеры, специалисты и т. п.), обладающий формальными и неформальными знаниями в соответствующей предметной области. В некоторых случаях, например в интел-ресурсах высших государственных лиц, используются и коллективные органы поддержки (Президентский совет или экспертный совет при Правительстве РФ). В течение длительного времени "человеческой" поддержки было вполне достаточно для принятия подавляющего большинства пригодных решений. Однако со временем названное выше противоречие вновь обострилось – уже на новом витке диалектической спирали. Необходимость разрешения этого противоречия вызвало к жизни новую, человекомашинную технологию поддержки деятельности ЛПР, основанную на использовании АИС и современных средств коммуникации. (Строго говоря, ЭВТ в процессе поддержки ЛПР может и не занимать ведущее положение или даже вообще не использоваться. Но тогда вся сложность поддержки принятия решений руководителя возлагается на персонал поддержки и организацию его работы, что выдвигает очень высокие – а часто и невыполнимые – требования к окружению ЛПР. Поэтому сегодня, говоря о поддержке ЛПР, следует иметь в виду именно человекомашинную технологию.)

Термин "**поддержка решений**" впервые стал появляться в зарубежной печати в начале 70-х гг. прошлого века [26]. Напомним, что в то время доминировала концепция так называемых информационно-управляющих систем (англ. MIS – Management Information System). А. Горри и М. Скотт Мортон выделили СППР (англ. DSS – Decision Supported System) в самостоятельный класс АИС, обеспечивающих решение руководителями неструктурированных проблем (таких, например, как разработка бюджета; планирование НИОКР; долгосрочное прогнозирование и т. п.).

В дальнейшем СППР как класс АИС интенсивно развивались, и сегодня можно сказать, что СППР – это интерактивная АИС, использующая модели выбора решений, обеспечивающая пользователям удобный и эффективный доступ к централизованным и распределенным информационным ресурсам и предоставляющая им разнообразные возможности по переработке и отображению информации.

Применение ЭВТ и средств связи в интересах поддержки принятия решений руководителем придала самой технологии поддержки ряд новых положительных черт. Укажем основные из них:

- ◆ строгая дисциплина и упорядоченность;
- ◆ системность поддержки деятельности ЛПР;
- ◆ возможность научного обоснования решений;
- ◆ возможность проведения модельных экспериментов;
- ◆ многовариантность, комплексность и гибкость анализа;
- ◆ наглядность и образность отображения результатов;
- ◆ документируемость всех этапов работы.

Отметим ряд обстоятельств, характеризующих саму идею поддержки принятия решений [26]:

◆ в этой идее гораздо меньше притязаний, чем в идее оптимизации решений: руководитель на основе концепции так называемой ограниченной рациональности вынужден принимать удовлетворительные (пригодные, а не лучшие) решения, пользуясь поддержкой подчиненных, каждый из которых на своем месте, возможно, принимает и оптимальные решения;

- ◆ инициатива поддержки всегда исходит от руководителя, по его потребности;
- ◆ организуя поддержку своей деятельности и контролируя ее ход, руководитель в большинстве случаев использует диалоговый режим.

### 5.1.2. Типы управленческих решений и формы их поддержки

Должностным лицам в практике служебной деятельности приходится принимать различные по типам решения. Зарубежные специалисты обычно все управленческие решения в зависимости от их важности для организации делят на оперативные, тактические и стратегические. Но в нашей экономической науке такая терминология не вполне конструктивна, поскольку все привыкли к другому соотношению оперативного и тактического уровней. Поэтому в дальнейшем будем считать, что существуют три типа управленческих решений:

- ◆ текущие (или диспетчерские);
- ◆ тактические;
- ◆ стратегические.

Как правило, каждое ЛПР по мере необходимости разрешения возникающих в управляемой им системе проблем принимает все типы решений. Вместе с тем, доля решений того или иного типа, принимаемых каждым руководителем, зависит от его места в иерархии управления, размера организации и аппарата поддержки. На рис. 5.1.1 [26] схематично представлено влияние размера организации на время, которое ее высшее руководство вынуждено тратить на принятие решений того или иного типа (заметим, что "малой" обычно считают организацию, в которой работают менее 100 сотрудников).

На рис. 5.1.2 помещена прямоугольная диаграмма распределения рабочего времени руководителя по временному интервалу действия принимаемых решений.

К сожалению, следует признать, что очень часто труд управленцев практически всех уровней организован не лучшим образом. В подтверждение приведем табл. 5.1.1, в которую помещены сведения о характерном распределении времени различных должностных лиц в течение рабочего дня [19] (при всей условности подобных наблюдений и обобщений это представляется целесообразным).

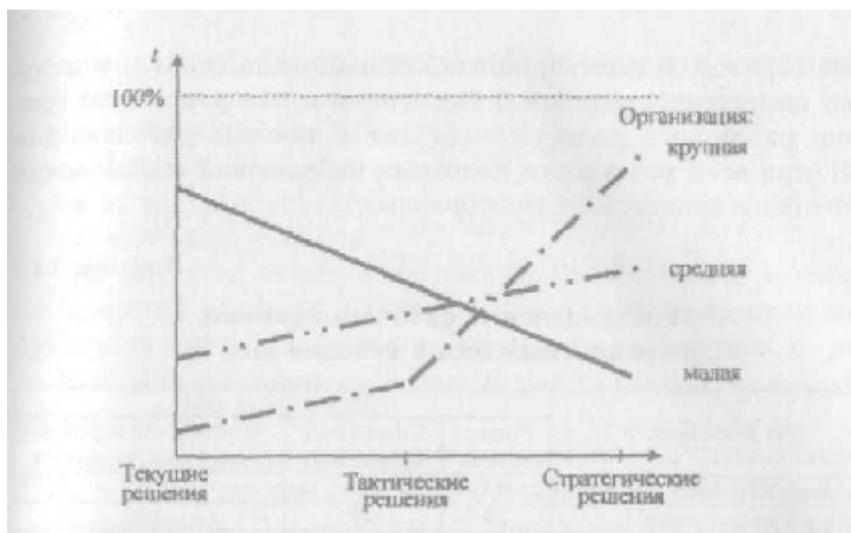


Рис. 5.1.1. Типовое распределение времени руководства организации на принятие решений

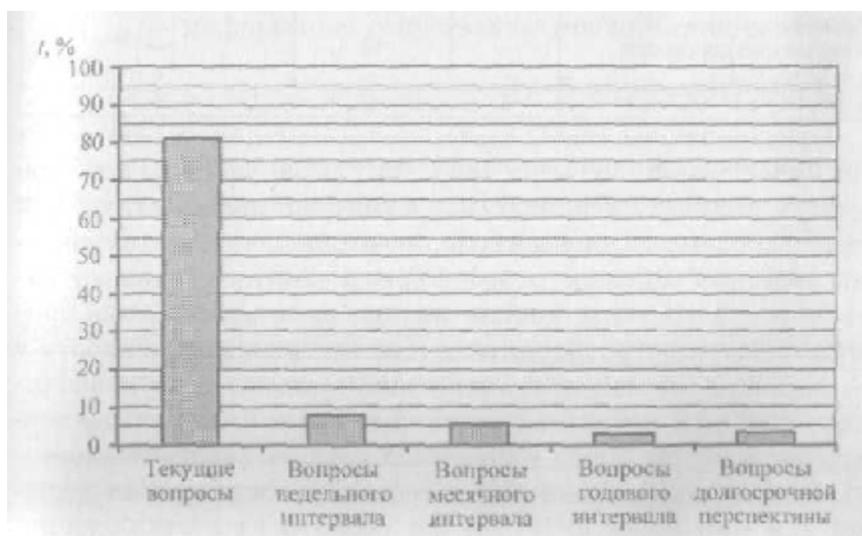


Рис. 5.1.2. Типовое распределение времени руководства по интервалам действия принимаемых решений

Таблица 5.1.1

### Распределение рабочего времени должностных лиц в течение дня, %

Вид деятельности	Должностные лица		
	Руководитель	Специалист (менеджер)	Технический персонал (опер. деж., оператор)
Деловые контакты	47	23	—
Работа с документами	29	42	68
Телефонные переговоры	9	17	20
Командировки	6	—	—
Основная работа:			
— анализ проблем и принятие решений;	4	—	—
— аналитическая работа;	—	12	—
— ведение учета	—	—	6
Прочее	5	6	6

Даже краткий анализ табл. 5.1.1 позволяет сделать три важных вывода: во-первых, все категории должностных лиц много работают с документами; во-вторых, только технический персонал основное рабочее время занят по главному назначению; в-третьих, крайне низкие доли времени на принятие решений у руководителя и на аналитическую работу специалиста (менеджера, аналитика) придают особую значимость работам по организации поддержки этих видов деятельности, в том числе с помощью средств автоматизации.

Вообще говоря, весь процесс поддержки принятия решений тем или иным ЛПР трудно разбить на составляющие. Видимо, лучшим вариантом организации поддержки деятельности должностного лица было бы создание вокруг него некоей среды человекомашинной поддержки, в которой главную роль играла бы собственно СППР. Однако с методической точки зрения целесообразно выделить три формы поддержки деятельности ЛПР [26]:

- ◆ информационную;
- ◆ вычислительную;
- ◆ интеллектуальную.

На рис. 5.1.3 схематично показано место СППР в системе принятия решения (СПР) при управлении некоторой экономической системой (чтобы не загромождать рисунок, на нем не изображены некоторые очевидные обратные связи). На рисунке обозначены:

$I_{вх1}$ ,  $I_{вх2}$ ,  $I_{вх3}$ ,  $I_{вх4}$  – входная информация, поступающая к ЛПР; к СППР от внешних источников; АИС; СППР от АИС соответственно;

$I_{предл}$  – информация о предложениях по вариантам искомого решения;

$I_{реш}$  – информация об окончательном решении ЛПР;

$I_{прогр}$  – информация о программе претворения решения в жизнь;

$W$  – показатель эффективности деятельности организации (ЭИС).

Как следует из рисунка, основную роль в оказании каждой из форм поддержки деятельности ЛПР



Область решений	Краткое содержание деятельности ЛПП	Главные формы поддержки
1	2	3
Развитие	Выбор показателей и критериев эффективности деятельности организации; обоснование капиталовложений; реконструкция и новое строительство; запуск новых систем и снятие системы с эксплуатации	Интеллектуальная; вычислительная
Реорганизация	Перестройка внутренней организационной структуры; слияние с другими организациями; изменение места в иерархии управления	Интеллектуальная, информационная
Управление	Выбор программы деятельности; регулирование деятельности организации	Интеллектуальная, информационная
Проектирование	Участие в разработке новых систем	Информационная
Технология	Участие в разработке и внедрение новых технологий	Информационная
Снабжение	Обеспечение организации всеми видами ресурсов	Информационная
Кадры	Подготовка; аттестация; расстановка	Интеллектуальная, информационная
"Культбт"	Жилищное строительство; лечение; материальная помощь	Информационная

В табл. 5.1.3 представлены содержание этапов выбора решения (см. п. 1.2.1, 1.2.3) и соответствующие им главные формы поддержки деятельности ЛПП.

В табл. 5.1.4 представлены основные характеристики типовых управленческих решений, принятие которых предполагается поддерживать в рамках некоторой СППР, и соответствующие им определяющие формы этой поддержки.

Таблица 5.1.3.

### Соответствие содержания этапов выбора решений и главных форм их поддержки

Этапы выбора решения	Главные формы поддержки
<i>I. Обоснование решений</i>	
1. Формулировка цели и формирование результата операции	Интеллектуальная
2. Анализ условий предстоящих действий и формирование исходного множества стратегий	Интеллектуальная
3. Получение результатов	Информационная, вычислительная
4. Формализация предпочтений (выявление и измерение предпочтений, их обработка и анализ; формирование показателя и критерия выбора; построение функции выбора в различных условиях неопределенности)	Все формы
5. Отыскание рациональных вариантов	Вычислительная, интеллектуальная
<i>II. Принятие решений</i>	
Содержательный анализ рациональных альтернатив, интерпретация, адаптация их под особенности реальной ситуации, выбор наилучшего варианта-решения для реализации	Интеллектуальная
<i>III. Разработка плана и реализация принятого решения</i>	
	Информационная
<i>IV. Оценка фактически достигнутого результата</i>	
	Все формы

Таблица 5.1.4

### Соответствие характеристик типов управленческих решений и соответствующих главных форм их поддержки

Характеристика решения	Тип решения / главная форма поддержки		
	Текущее	Тактическое	Стратегическое
Степень структурированности решаемой проблемы	Структурированная, изученная проблема/ Информационная	В основном структурированная проблема/ Информационная	Неструктурированная, уникальная проблема/ Интеллектуальная
Входная информация	Краткосрочные планы, графики, ведомости, распоряжения/ Информационная	Среднесрочные планы, программы, директивы/ Информационная	Долгосрочные документы управления, отчетные и справочные материалы/ Информационная

Характеристика решения	Тип решения / главная форма поддержки		
	Текущее	Тактическое	Стратегическое
Особенности обработки информации	Решение отдельных информационных и вычислительных задач, деспетчеризация/ Информационная, вычислительная	Оптимизация, моделирование, краткосрочное программирование и планирование/ Информационная, вычислительная	Анализ, сопоставление, экспертиза, долгосрочное прогнозирование и планирование/ Все формы
Выходная информация	Отчеты, допесения, сводки, распоряжения/ Информационная, вычислительная	Среднесрочные планы, приказы, отчеты/ Информационная	Перспективные планы, целевые программы, директивы/ Информационная

### 5.1.3. Классификация систем поддержки принятия решений

Классификацию существующих АИС экономического назначения (см. подразд. 4.1) целесообразно проводить прежде всего по особенностям автоматизируемой профессиональной деятельности должностного лица, группы лиц, аппарата управления, учреждения и т. п. В этой связи дадим еще одно определение СППР, которое позволит нам конструктивно подойти к выделению видов (типов) систем поддержки управленческих решений в экономической сфере.

**Системой поддержки принятия решений** называется АИС, предназначенная для автоматизации всех или большинства функциональных задач, решаемых конкретным должностным лицом [7].

Выделяются четыре категории должностных лиц, деятельность которых отличается различной спецификой переработки информации: руководитель, должностное лицо органа управления, оперативный дежурный, оператор. В соответствии с четырьмя категориями должностных лиц различают и четыре вида СППР: СППР руководителя (СППР Р), СППР должностного лица органа управления (СППР О), СППР оперативного дежурного (СППР Д) и СППР оператора (СППР Оп).

Рассмотрим специфику деятельности должностных лиц, относящихся к каждой выделенной категории.

К категории "руководитель" относятся должностные лица на которых возложено управление подчиненными должностными лицами (подразделениями) и принятие решений в процессе руководства. Основная форма деятельности руководителя – деловое общение.

Деятельность должностных лиц, относящихся к категории "руководитель", характеризуется следующими особенностями:

- ◆ при централизации принятия решений резко возрастают объемы информации, уменьшается время на обдумывание и анализ, растут сложности комплексного учета всех факторов;
- ◆ велика доля текущих задач, не позволяющих сосредоточиться на стратегических целях;
- ◆ в процессе деятельности преобладают приемы, обусловленные привычками, опытом, традициями и другими неформализуемыми обстоятельствами;
- ◆ при принятии решения руководитель не всегда в состоянии описать и даже представить достаточно полную умозрительную модель ситуации, а вынужден использовать лишь некоторое представление о ней;
- ◆ деятельность руководителя в значительной мере зависит от темперамента и стиля деятельности, от степени знаний причин и следствий, ясности представления взаимосвязей, объема имеющейся информации.

Перечисленные особенности деятельности должностных лиц категории "руководитель" обуславливают крайнюю сложность автоматизации их деятельности, которая содержит большое

количество неформальных элементов, прежде всего таких, как оперативное и стратегическое управление, а также принятие решений. Исходя из особенностей деятельности руководителя, можно сформулировать следующие основные *требования*, предъявляемые к СППР Р:

- ◆ наличие широкой информационной базы с возможностью оперативного поиска требуемой информации;
- ◆ наглядность представления информации в форме, адаптированной к запросам конкретного должностного лица (текста, таблиц, графиков, диаграмм и т. д.);
- ◆ обеспечение оперативной связи с другими источниками информации в системе управления и особенно с непосредственными помощниками;
- ◆ наличие диалоговых программных средств обеспечения принятия решений на основе формальных (математических) методов;
- ◆ простота работы при повышенной надежности технических и программных средств;
- ◆ обеспечение возможности накопления в памяти ЭВМ опыта и знаний (в рамках интеллектуальных СППР).

Необходимо отметить, что требования 2, 3 и 5 являются универсальными и относятся ко всем видам СППР. В настоящее время требования 1, 2, 3 и 5 могут быть полностью удовлетворены с использованием известных информационных технологий. Что касается требований 4 и 6 (наличие программных средств обеспечения решений и накопления в памяти ЭВМ опыта и знаний), то их удовлетворение составляет основную теоретическую проблему, возникающую при создании СППР Р.

К категории "должностное лицо органа управления" относятся специалисты, занимающиеся аналитической работой по подготовке решений руководителя и их документальным оформлением. Основу деятельности должностных лиц органа управления составляет оценка различных вариантов решения (проведение оценочных расчетов) и разработка проектов различных документов.

Эффективность функционирования органа управления во многом определяется продуктивностью деятельности специалистов, особенно в вопросах создания новой информации. Доля творческого труда в их работе достаточно высока. Именно эти специалисты обеспечивают практически всю информационную подготовку для принятия решения руководителем. Они являются основными исполнителями документов, определяя их качество. СППР О должна прежде всего создать должностным лицам условия для плодотворного ведения аналитической работы и сведения к минимуму доли рутинных работ (поиск информации, оформление документов, проведение оперативных расчетов и т. д.).

Особенности деятельности должностных лиц органа управления определяют следующие основные *требования* к СППР О:

- ◆ обеспечение оперативного поиска и отображения всей информации, необходимой для подготовки решений и формирования проектов документов в пределах его компетентности;
- ◆ обеспечение возможности ведения оперативных расчетов и моделирования для оценки ситуации и подготовки вариантов решений;
- ◆ обеспечение возможности автоматизированной подготовки проектов документов (текстов, графиков, диаграмм и т. п.).

К основным элементам СППР О следует отнести средства ведения оперативных расчетов и моделирования, поскольку именно эти средства в наибольшей степени обеспечивают повышение эффективности и качества управления.

К категории "оперативный дежурный" относятся должностные лица, выполняющие обязанности по оперативному руководству организационной системой во время дежурства на соответствующих пунктах управления в течение определенного времени.

Основными *особенностями* деятельности оперативных дежурных являются:

- ◆ относительно узкий круг решаемых задач;
- ◆ жесткая регламентация деятельности в большинстве вариантов складывающейся обстановки;
- ◆ жесткий лимит времени на принятие решений и выполнение различных операций.

Перечисленные особенности деятельности оперативных дежурных определяют в качестве основных *требований* к СППР Д обеспечение оперативного предоставления информации, необходимой оперативному дежурному в заранее определенных ситуациях, а также обеспечение оперативного анализа складывающейся ситуации. Последнее требование может быть обеспечено с использованием технологии экспертных систем.

К категории "оператор" могут быть отнесены должностные лица, выполняющие техническую работу

по заранее определенному алгоритму. Основная особенность деятельности оператора – отсутствие необходимости принимать сложные решения в процессе своей деятельности. СППР Оп должна обеспечивать возможность работы должностного лица со справочной информацией и возможность автоматизированной подготовки текстов документов.

Очевидно, что, помимо приведенных частных требований к СППР каждого должностного лица, к ним предъявляются и общие (нормативные) требования. Из них особое значение имеют требования обеспечения соответствия СППР уровню руководства (т. е. уровню руководителя в иерархии управления) и системного подхода к ее созданию. Обязательными для разработчиков СППР остаются и общие принципы создания и использования АИС (см. подразд. 4.1), позволяющие разрабатывать специальное программное обеспечение, соответствующее предъявляемым к нему требованиям, прежде всего – конкретности предназначения и централизованности разработки.

## 5.2. Организация информационной поддержки управленческой деятельности

### 5.2.1. Структура и основные задачи автоматизированных информационно-справочных систем

Технология информационной поддержки деятельности должностных лиц и аппарата управления, основанная на применении АИСС, в настоящее время получила весьма широкое распространение, что связано прежде всего со сравнительной простотой создания таких систем и исключительно высоким эффектом от их внедрения. Методологической основой данной информационной технологии являются концепции централизованной (в рамках разработки баз и банков данных) и распределенной (в рамках создания информационных сетей) обработки информации. Современные компьютерные сети будут достаточно подробно рассмотрены в п. 5.2.3. Настоящий и следующий пункты посвящены вопросам организации проектирования и использования баз и банков данных.

#### *Основные понятия*

Вообще говоря, рассмотрение вопросов автоматизации информационного обеспечения деятельности должностных лиц в интересах поддержки их решений следует начать с определения самого понятия "информация". Существуют несколько подходов к определению этого сложнейшего термина [46, 50].

В дальнейшем под **информацией** будем понимать любые сведения о процессах и явлениях, которые в той или иной форме передаются между объектами материального мира (людьми, животными, растениями, автоматами и др).

Если рассмотреть некоторый объект материального мира, информация о котором представляет интерес, и наблюдателя (в роли которого и выступают АИС), способного фиксировать эту информацию в определенной, понятной другим форме, то говорят, что в памяти ("сознании") наблюдателя находятся данные, описывающие состояние объекта. Таким образом, данными будем называть формализованную информацию, пригодную для последующей обработки, хранения и передачи средствами автоматизации профессиональной деятельности.

Информацию в ЭВМ можно хранить в виде различных данных (числовых, текстовых, визуальных и т. п.). Более того, для описания одной и той же информации можно предложить различные варианты их состава и структуры. Иными словами, правомерно говорить о моделировании в АИС информации о некотором множестве объектов материального мира совокупностью взаимосвязанных данных.

Информационное обеспечение (англ. *information support*) АИС – совокупность единой системы классификации и кодирования информации; унифицированных систем документации и используемых массивов информации [46]. В дальнейшем нас будет интересовать именно последний аспект данного определения.

В этой связи в качестве главных задач создания информационного обеспечения АИС можно выделить:

- ♦ во-первых, определение состава и структуры данных, достаточно "хорошо" описывающих требуемую информацию;
- ♦ во-вторых, обоснование способов хранения и переработки данных с использованием ЭВМ.

Процесс создания информационного обеспечения включает несколько этапов, рассмотрению которых посвящен п. 5.2.2. В данном пункте остановимся на понятиях и определениях, связанных с технологией банков данных.

Прежде чем определить понятие "банк данных", необходимо остановиться на другом ключевом понятии – "предметная область".

Под **предметной областью (ПО)** будем понимать информацию об объектах, процессах и явлениях окружающего мира, которая, с точки зрения потенциальных пользователей, должна храниться и обрабатываться в информационной системе. В этом определении особое внимание следует уделить важности роли потенциальных потребителей информационных ресурсов АИС. Именно этот аспект обуславливает и структуру, и основные задачи, и вообще целесообразность создания того или иного банка.

**Банк данных** – информационная система, включающая в свой состав комплекс специальных методов и средств для поддержания динамической информационной модели ПО с целью обеспечения информационных потребностей пользователей [63]. Очевидно, что БНД может рассматриваться как специальная обеспечивающая подсистема в составе старшей по иерархии АИС.

Поддержание динамической модели ПО предусматривает не только хранение информации о ней и своевременное внесение изменений в соответствии с реальным состоянием объектов, но и обеспечение возможности учета изменений состава этих объектов (в том числе появление новых) и связей между ними, т. е. изменений самой структуры хранимой информации.

Обеспечение информационных потребностей (запросов) пользователей имеет два аспекта [63]:

- ◆ определение границ конкретной ПО и разработка описания соответствующей информационной модели;
- ◆ разработка БНД, ориентированного на эффективное обслуживание запросов различных категорий пользователей.

С точки зрения целевой направленности профессиональной деятельности принято выделять пять основных категорий пользователей [46]:

- ◆ аналитики;
- ◆ системные программисты;
- ◆ прикладные программисты;
- ◆ администраторы;
- ◆ конечные пользователи.

Кроме того, различают пользователей постоянных и разовых; пользователей-людей и пользователей-задач; пользователей с различным уровнем компетентности (приоритетом) и др., причем каждый класс пользователей предъявляет собственные специфические требования к своему обслуживанию (прежде всего – с точки зрения организации диалога "запрос – ответ"). Так, например, постоянные пользователи, как правило, обращаются в БНД с фиксированными по форме (типовыми) запросами; пользователи-задачи должны иметь возможность получать информацию из БНД в согласованной форме в указанные области памяти; пользователи с низким приоритетом могут получать ограниченную часть информации и т. д. Наличие столь разнообразного состава потребителей информации потребовало включения в БНД специального элемента словаря данных, о чем будет сказано ниже.

Уровень сложности и важности задач информационного обеспечения АИС в рамках рассматриваемой технологии определяет ряд основных требований к БНД:

- ◆ адекватность информации состоянию предметной области;
- ◆ быстрдействие и производительность;
- ◆ простота и удобство использования;
- ◆ массовость использования;
- ◆ защита информации;
- ◆ возможность расширения круга решаемых задач. Отметим, что все названные требования можно предъявить к любому финансовому банку.

По сравнению с традиционным обеспечением монопольными файлами каждого приложения централизованное управление данными в БНД имеет ряд важных преимуществ [63]:

- ◆ сокращение избыточности хранимых данных;
- ◆ устранение противоречивости хранимых данных;
- ◆ многоаспектное использование данных (при однократном вводе);
- ◆ комплексная оптимизация (с точки зрения удовлетворения разнообразных, в том числе и

противоречивых, требований "в целом");

- ♦ обеспечение возможности стандартизации;
- ♦ обеспечение возможности санкционированного доступа к данным и др.

Все названные преимущества по существу связаны с такими основополагающими принципами концепции БД, как интеграция данных, централизация управления ими и обеспечение независимости прикладных программ обработки данных и самих данных.

Структура типового БД, удовлетворяющего предъявляемым требованиям, представлена на рис. 5.2.1, где представлены:

- ♦ ВС – вычислительная система, включающая технические средства (ТС) и общее программное обеспечение (ОПО);
- ♦ БД – базы данных;
- ♦ СУБД – система управления БД;
- ♦ АБД – администратор баз данных, а также обслуживающий персонал и словарь данных.

Подробнее остановимся на составляющих БД, представляющих наибольший интерес. БД – совокупность специальным образом организованных (структурированных) данных и связей между ними. Иными словами, БД – это так называемое датологическое (от англ. *data* – данные) представление информации о предметной области. Если в состав БД входит одна БД, банк принято называть локальным; если БД несколько – интегрированным.

СУБД – система управления базами данных – специальный комплекс программ и языков, посредством которого организуется централизованное управление базами данных и обеспечивается доступ к ним.



Рис. 5.2.1. Основные компоненты БД

В состав любой СУБД входят языки двух типов:

- ♦ язык описания данных (с его помощью описываются типы данных, их структура и связи);
- ♦ язык манипулирования данными (его часто называют язык запросов к БД), предназначенный для организации работы с данными в интересах всех типов пользователей.

Словарь данных предназначен [63] для хранения единообразной и централизованной информации обо всех ресурсах данных конкретного банка:

- ♦ объектах, их свойствах и отношениях для данной ПО;
- ♦ данных, хранимых в БД (наименование, смысловое описание, структура, связи и т. п.);
- ♦ возможных значениях и форматах представления данных;
- ♦ источниках возникновения данных;
- ♦ кодах защиты и разграничении доступа пользователей к данным и т. п.

Администратор баз данных – это лицо (группа лиц), реализующее управление БД. В этой связи сам БД можно рассматривать как автоматизированную систему управления базами данных. Функции АБД являются долгосрочными; он координирует все виды работ на этапах создания и применения БД. На стадии проектирования АБД выступает как идеолог и главный конструктор системы; на стадии эксплуатации он отвечает за нормальное функционирование БД, управляет режимом его работы и обеспечивает безопасность данных.

## 5.2.2. Технология проектирования базы данных

Технология проектирования БД является весьма сложной. По сути, она заключается в определении

перечня данных, хранимых на физических носителях (магнитных дисках и лентах), которые достаточно полно отражают информационные потребности потенциальных пользователей в конкретной ПО. Проектирование БД начинается с анализа предметной области и возможных запросов пользователей. В результате этого анализа определяется перечень данных и связей между ними, которые адекватно, с точки зрения будущих потребителей, отражают ПО. Завершается проектирование БД определением форм и способов хранения необходимых данных на физическом уровне.

Весь процесс проектирования БД можно разбить на ряд взаимосвязанных этапов, каждый из которых обладает своими особенностями и методами проведения. На рис. 5.2.2 представлены типовые этапы в соответствии с подходом, изложенным в [63].

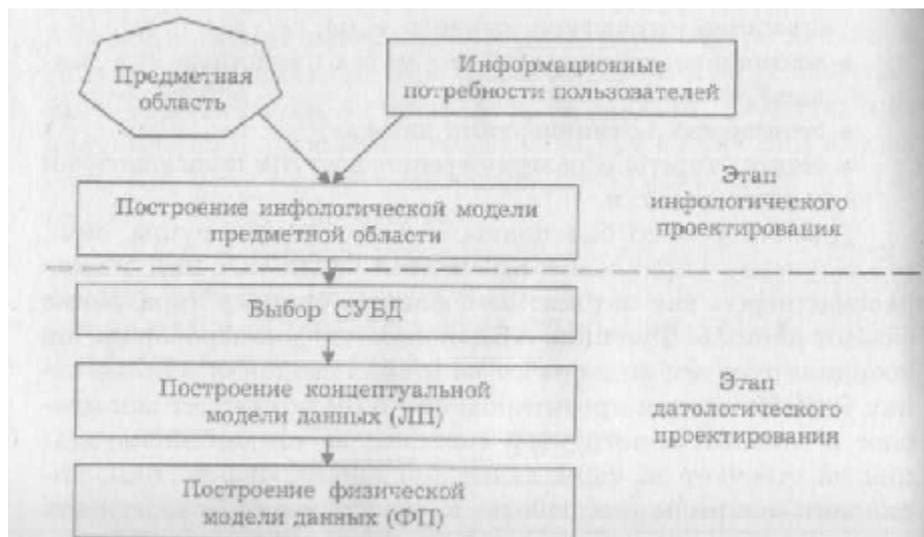


Рис. 5.2.2. Этапы проектирования БД

На этапе **инфологического (информационно-логического) проектирования** осуществляется построение семантической модели, описывающей сведения из предметной области, которые могут заинтересовать пользователей БД. Семантическая модель (англ. *semantic model*) – представление совокупности сведений о ПО в виде графа, в вершинах которого расположены понятия, в терминальных вершинах – элементарные понятия, а дуги представляют отношения между понятиями [46].

Сначала из объективной реальности выделяется ПО, т. е. очерчиваются ее границы. Логический анализ выделенной ПО и потенциальных запросов пользователей завершается построением инфологической модели ПО – перечня сведений об объектах ПО, которые необходимо хранить в БД, и связей между ними.

Анализ информационных потребностей потенциальных пользователей имеет два аспекта:

- ♦ определение собственно сведений об объектах ПО;
- ♦ анализ возможных запросов к БД и требований по оперативности их выполнения.

Анализ возможных запросов к БД позволяет уточнить связи между сведениями, которые необходимо хранить. Пусть, например, в БД по учебному процессу университета хранятся сведения об учебных группах, читаемых курсах и кафедрах, а также связи "учебные группы – читаемые курсы" и "читаемые курсы – кафедры". Тогда запрос о том, проводит ли некоторая кафедра занятия в конкретной учебной группе может быть выполнен только путем перебора всех читаемых в данной группе курсов.

Хранение большого числа связей усложняет БД и приводит к увеличению потребной памяти ЭВМ, но часто существенно ускоряет поиск нужной информации. Поэтому разработчику БД (АБД) приходится принимать компромиссное решение, причем процесс определения перечня хранимых связей, как правило, имеет итерационный характер.

**Датологическое проектирование** подразделяется на логическое (построение концептуальной модели данных) и физическое (построение физической модели) проектирование.

Главной задачей **логического проектирования** БД является представление выделенных на предыдущем этапе сведений в виде данных в форматах, поддерживаемых выбранной СУБД.

Задача **физического проектирования** – выбор способа хранения данных на физических носителях и методов доступа к ним с использованием возможностей, предоставляемых СУБД.

**Инфологическая модель "сущность–связь"** (Entity – Relationship model; ER-model) П. Чена (P. Chen) представляет собой описательную (неформальную) модель ПО, семантически определяющую в ней сущности и связи [38].

Относительная простота и наглядность описания ПО позволяет использовать ее в процессе диалога с потенциальными пользователями с самого начала инфологического проектирования. Построение инфологической модели П. Чена, как и любой другой модели, является творческим процессом, поэтому единой методики ее создания нет. Однако при любом подходе к построению модели используют три основных конструктивных элемента:

- ◆ сущность;
- ◆ атрибут;
- ◆ связь.

**Сущность** – это собирательное понятие некоторого повторяющегося объекта, процесса или явления окружающего мира, о котором необходимо хранить информацию в системе [63]. Сущность может определять как материальные ("студент", "грузовой автомобиль" и т. п.), так и нематериальный ("экзамен", "проверка" и т. п.) объекты. Главной особенностью сущности является то, что вокруг нее сосредоточен сбор информации в конкретной ПО. Тип сущности определяет набор однородных объектов, а экземпляр сущности – конкретный объект в наборе. Каждая сущность в модели Чена именуется. Для идентификации конкретного экземпляра сущности и его описания используется один или несколько атрибутов.

**Атрибут** – это поименованная характеристика сущности, которая принимает значения из некоторого множества значений [63]. Например, у сущности "студент" могут быть атрибуты "фамилия", "имя", "отчество", "дата рождения", "средний балл за время обучения" и т. п.

**Связи** в инфологической модели выступают в качестве средства, с помощью которого представляются *отношения между сущностями*, имеющими место в ПО [63]. При анализе связей между сущностями могут встречаться бинарные (между двумя сущностями) и, в общем случае, *n*-арные (между *n* сущностями) связи. Например, сущности "отец", "мать" и "ребенок" могут находиться в трехарном отношении "семья" ("является членом семьи").

Связи должны быть поименованы; между двумя типами сущностей могут существовать несколько связей.

Наиболее распространены бинарные связи. Различают четыре их типа (подробнее см. [63]):

- ◆ один к одному (1:1);
- ◆ один ко многим (1:M);
- ◆ многие к одному (M:1);
- ◆ многие ко многим (M:N).

Графически типы сущностей, атрибуты и связи принято изображать прямоугольниками, овалами и ромбами соответственно. На рис. 5.2.3 представлены примеры связей различных типов; на рис. 5.2.4 – фрагмент инфологической модели "Студенты" (без указания атрибутов).

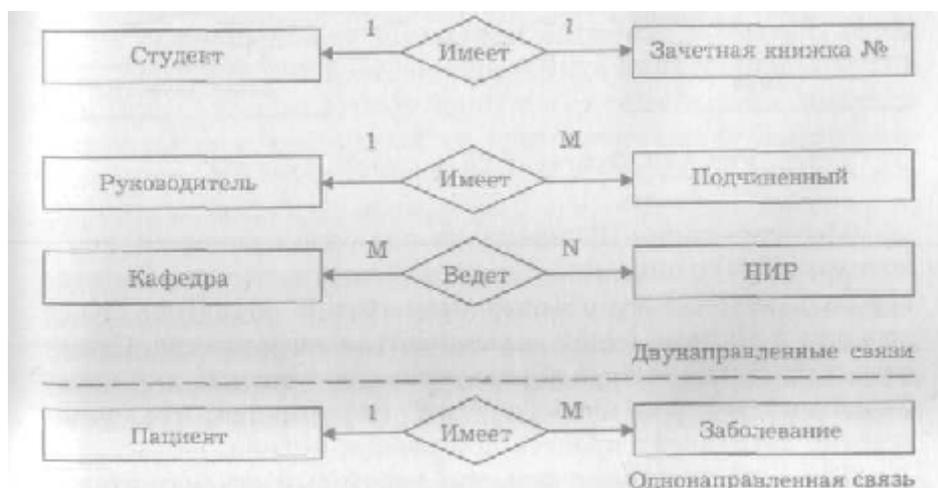


Рис. 5.2.3. Примеры связей между сущностями

Несмотря на то, что построение инфологической модели есть процесс творческий, можно указать два основополагающих правила, которыми следует пользоваться всем проектировщикам БД [63]:

- ◆ при построении модели должны использоваться только три типа конструктивных элементов: сущность, атрибут, связь;

- ◆ каждый компонент информации должен моделироваться только одним из приведенных выше конструктивных элементов для исключения избыточности и противоречивости описания.

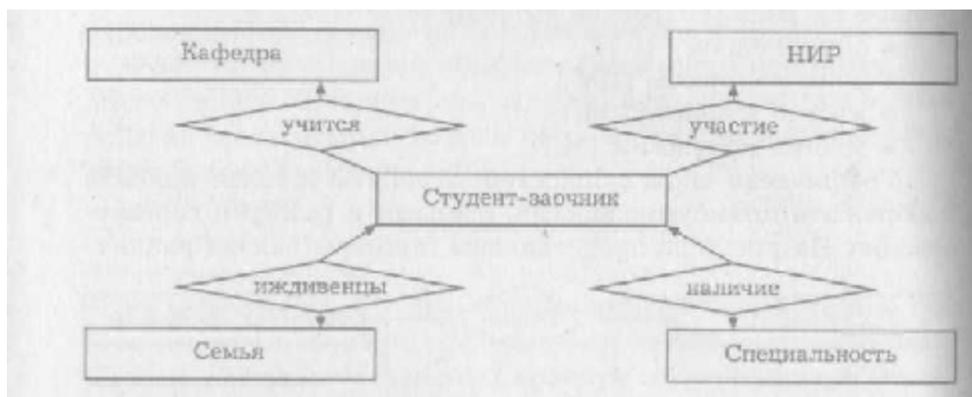


Рис. 5.2.4. Фрагмент ER-модели "Студенты"

Моделирование ПО начинают с выбора сущностей, необходимых для ее описания. Каждая сущность должна соответствовать некоторому объекту (или группе объектов) ПО, о котором в системе будет накапливаться информация. Существует проблема выбора конструктивного элемента для моделирования той или иной "порции" информации, что существенно затрудняет процесс построения модели.

Так, информацию о том, что некоторый студент входит в состав учебной группы (УГ) можно в модели представить:

- ◆ как связь "входит в состав" для сущностей "студент" и "УГ";
- ◆ как атрибут "имеет в составе" студента" сущности "УГ";
- ◆ как сущность "состав УГ".

В этих случаях приходится рассматривать несколько вариантов и с учетом информационных потребностей пользователей разбивать ПО на такие фрагменты, которые с их **точки зрения представляют самостоятельный интерес**.

При моделировании ПО следует обращать внимание на существующий в ней документооборот. Именно документы, циркулирующие в ПО, должны являться основой для формулирования сущностей. Это связано с двумя обстоятельствами:

- ◆ во-первых, эти документы, как правило, достаточно полно отражают информацию, которую необходимо хранить в БД, причем в виде конкретных данных;
- ◆ во-вторых, создаваемая информационная система должна предоставлять пользователям привычную для них информацию в привычном виде, что в последующем существенно облегчит ввод БД в эксплуатацию.

При описании атрибутов сущности необходимо выбрать ряд атрибутов, позволяющих однозначно идентифицировать экземпляр сущности. Совокупность идентифицирующих атрибутов называют ключом.

Помимо идентифицирующих используются и описательные атрибуты, предназначенные для более полного определения сущностей. Число атрибутов (их тип) определяется единственным образом – на основе анализа возможных запросов пользователей. Существует ряд рекомендаций по "работе с атрибутами" [63]. Все они направлены на улучшение качества инфологической модели.

При определении связей между сущностями следует избегать связей типа M:N, так как они приводят к существенным затратам ресурсов ЭВМ. Устранение таких связей предусматривает введение других (дополнительных) элементов – сущностей и связей.

В заключение приведем типовую последовательность работ (действий) по построению инфологической модели:

- ◆ выделение в ПО сущностей;

- ◆ введение множества атрибутов для каждой сущности и выделение из них ключевых;
- ◆ исключение множества повторяющихся атрибутов (при необходимости);
- ◆ формирование связей между сущностями;
- ◆ исключение связей типа M:N (при необходимости);
- ◆ преобразование связей в однонаправленные (по возможности).

Помимо модели Чена существуют и другие инфологические модели. Все они представляют собой описательные (неформальные) модели, использующие различные конструктивные элементы и соглашения по их использованию для представления в БД информации о ПО. Иными словами, первый этап построения БД всегда связан с моделированием предметной области.

### *Концептуальные модели данных*

В отличие от инфологической модели ПО, описывающей по некоторым правилам сведения об объектах материального мира и связи между ними, которые следует иметь в БД, концептуальная модель описывает хранимые в ЭВМ данные и связи. В силу этого каждая модель данных неразрывно связана с языком описания данных конкретной СУБД.

По существу, модель данных – это совокупность трех составляющих [63]:

- ◆ типов (структур) данных;
- ◆ операций над данными;
- ◆ ограничений целостности.

Другими словами, модель данных представляет собой некоторое интеллектуальное средство проектировщика, позволяющее реализовать интерпретацию сведений о ПО в виде формализованных данных в соответствии с определенными требованиями, т. е. средство абстракции, которое дает возможность увидеть "лес" (информационное содержание данных), а не отдельные "деревья" (конкретные значения данных) [62].

### *Типы структур данных*

Среди широкого множества определений, обозначающих типы структур данных, наиболее распространена терминология КОДАСИЛ (Conference of DATA SYstems Language) – международной ассоциации по языкам систем обработки данных, созданной в 1959 г.

В соответствии с этой терминологией используют пять типовых структур (в порядке усложнения):

- ◆ элемент данных;
- ◆ агрегат данных;
- ◆ запись;
- ◆ набор;
- ◆ база данных.

Подробные сведения об этих структурах можно найти в [63]. Заметим лишь, что используются и другие термины, например, атомарное данное, поле или объектная запись.

Типы структур данных могут быть представлены в различной форме – графовой; табличной; в виде исходного текста языка описания данных конкретной СУБД.

### *Операции над данными*

Операции, реализуемые СУБД, включают селекцию (поиск) данных и действия над данными.

Селекция данных выполняется с помощью критерия, основанного на использовании либо логической позиции данного (элемента, агрегата, записи), либо значения данного, либо связей между данными [63].

Селекция на основе логической позиции данного базируется на упорядоченности данных в памяти системы. При этом критерии поиска могут формулироваться следующим образом:

- ◆ найти следующее данное (запись);
- ◆ найти предыдущее данное;
- ◆ найти  $n$ -е данное;
- ◆ найти первое (последнее) данное.

Этот тип селекции называют селекцией посредством те-Я кущей, в качестве которой используется индикатор текущего состояния, автоматически поддерживаемый СУБД и, как правило, указывающий на

некоторый экземпляр записи БД.

Критерий селекции по значениям данных формируется из простых, или булевых, условий отбора. Примерами простых условий поиска являются:

- ◆ ВУС - 200100;
- ◆ ВОЗРАСТ > 20;
- ◆ ДАТА < 19.04.2002 и т. п.

Булево условие отбора формируется путем объединения простых условий с применением логических операций, например:

- ◆ (ДАТА\_РОЖДЕНИЯ < 28.12.1963) И (СТАЖ > 10);
- ◆ (УЧЕНОЕ\_ЗВАНИЕ=ДОЦЕНТ ИЛИ (УЧЕНОЕ\_ЗВАНИЕ=ПРОФЕССОР)) И т. п.

Если модель данных, поддерживаемая некоторой СУБД, позволяет выполнить селекцию данных по связям, то можно найти данные, связанные с текущим значением какого-либо данного [63]. Например, если в модели данных реализована двунаправленная связь "учится" между сущностями "студент" и "учебная группа", можно выявить учебные группы, в которых учатся юноши (если в составе описания студента входит атрибут "пол").

Как правило, большинство современных СУБД позволяют осуществлять различные комбинации описанных выше видов селекции данных.

### *Ограничения целостности*

**Ограничения целостности** – логические ограничения на данные – используются для обеспечения непротиворечивости данных некоторым заранее заданным условиям при выполнении операций над ними. По сути ограничения целостности – это набор правил, используемых при создании конкретной модели данных на базе выбранной СУБД.

Различают внутренние и явные ограничения.

Ограничения, обусловленные возможностями конкретной СУБД, называют **внутренними ограничениями целостности**. Эти ограничения касаются типов хранимых данных (например, "текстовый элемент данных может состоять не более чем из 256 символов" или "запись может содержать не более 100 полей") и допустимых типов связей (например, СУБД может поддерживать только так называемые функциональные связи, т. е. связи типа 1:1, 1:М или М:1). Большинство существующих СУБД поддерживают прежде всего именно внутренние ограничения целостности [63], нарушения которых приводят к некорректности данных и достаточно легко контролируются.

Ограничения, обусловленные особенностями хранимых данных о конкретной ПО, называют **явными ограничениями целостности**. Эти ограничения также поддерживаются средствами выбранной СУБД, но они формируются обязательно с участием разработчика БД путем определения (программирования) специальных процедур, обеспечивающих непротиворечивость данных. Например, если элемент данных "номер зачетной книжки" в записи "студент" определен как ключ, он должен быть уникальным, т. е. в БД не должно быть двух записей с одинаковыми значениями ключа. Другой пример: пусть в той же записи предусмотрен элемент "военно-учетная специальность" и для него отведено 6 десятичных цифр. Тогда другие представления этого элемента данных в БД невозможны. С помощью явных ограничений целостности можно организовать как "простой" контроль вводимых данных (прежде всего, на предмет принадлежности элементов данных фиксированному и заранее заданному множеству значений: например, элемент "ученое звание" не должен принимать значение "старший доцент", если речь идет о российских ученых), так и более сложные процедуры (например введение значения "профессор" элемента данных "ученое звание" в запись о преподавателе, имеющем возраст 25 лет должно требовать, по крайней мере, дополнительного подтверждения).

Элементарная единица данных может быть реализована множеством способов, что, в частности, привело к многообразию известных моделей данных. Модель данных определяет правила, в соответствии с которыми структурируются данные. Обычно операции над данными соотносятся с их структурой.

Разнообразие существующих моделей данных соответствует разнообразию областей применения и предпочтений пользователей.

В специальной литературе встречается описание довольно большого количества различных моделей данных:

- ◆ иерархическая;

- ◆ сетевая;
- ◆ реляционная;
- ◆ бинарная;
- ◆ семантическая сеть.

Рассмотрим основные особенности реляционных моделей как получивших наибольшее распространение (краткие сведения о семантических сетях помещены в п. 5.4.2, о других моделях – в [57]).

### Реляционная модель данных

Данная модель была предложена Э. Ф. Коддом (E. G. Codd) в начале 70-х гг. и вместе с иерархической и сетевой моделями составляет множество так называемых великих моделей. В основе реляционной модели данных лежат не графические, а табличные методы и средства представления данных и манипулирования ими. В реляционной модели для отображения информации о предметной области используется таблица, называемая "отношением". Строка такой таблицы называется кортежем, столбец – атрибутом. Каждый атрибут может принимать некоторое подмножество значений из определенной области – домена (см. пример на рис. 5.2.5).

Буз	Место расположения	Количество обучаемых (студентов)	Поле базы данных (атрибут сущности)
МГУ им. М. В. Ломоносова	г. Москва	26 170	
...	...	...	
Государственный технический университет	г. Санкт-Петербург	12 150	

Рис. 5.2.5. Фрагмент реляционной модели данных

Табличная организация БД позволяет реализовать ее важнейшее *преимущество* перед другими моделями данных, а именно – возможность использования точных математических методов манипулирования данными, и прежде всего – аппарата реляционной алгебры и исчисления отношений [11; 34]. К другим достоинствам реляционной модели можно отнести наглядность, простоту изменения данных и организации разграничения доступа к ним.

Основным недостатком реляционной модели данных является информационная избыточность, что ведет к перерасходу ресурсов вычислительных систем (отметим, что существует ряд приемов, позволяющих в значительной степени избавиться от этого недостатка). Однако именно реляционная модель данных находит все более широкое применение в практике автоматизации информационной поддержки профессиональной (управленческой) деятельности.

Поэтому подавляющее большинство СУБД, ориентированных на персональные ЭВМ, являются системами, построенными на основе реляционной модели данных, так называемыми реляционными СУБД.

### 5.2.3. Современные компьютерные сети

Реализация концепции распределенной обработки данных основана на разработке и применении для информационной поддержки деятельности должностных лиц и органов управления информационных

(вычислительных, компьютерных) систем. Все известные компьютерные сети по организационному признаку и по предоставляемому пользователю множеству возможностей для использования информационных ресурсов можно классифицировать следующим образом:

- ◆ локальные вычислительные сети;
- ◆ сеть INTERNET (ИНТЕРНЕТ);
- ◆ корпоративные сети INTRANET (ИНТРАНЕТ);
- ◆ сети электронных досок объявлений (сети BBS);
- ◆ компьютерные сети на основе FTN-технологий.

Учитывая бурный рост и повсеместное распространение сетевых технологий, кратко охарактеризуем некоторые особенности организации локальных вычислительных сетей (ЛВС) и глобальной сети Интернет и возможности, предоставляемые ими конечному пользователю. Более подробную информацию об этих и других сетях можно почерпнуть в [57, 10].

### *Локальные вычислительные сети*

Технология ЛВС в силу своих несомненных достоинств получила в экономике весьма широкое распространение. Так, например, в кредитном отделе коммерческого банка успешно работает ЛВС, объединяющая сотни абонентов.

**Локальная вычислительная сеть** – это совокупность технических средств (компьютеров, кабелей, сетевых адаптеров и др.), работающих под управлением сетевой операционной системы и прикладного программного обеспечения.

Внутри одного кабинета, здания или в пределах небольшой территории ЛВС позволяет соединить между собой группу ПК для совместного использования информационных ресурсов. Без ЛВС для обмена данными пришлось бы копировать файлы на дискеты или другие носители информации и передавать их другому пользователю. Такой метод переноса информации не позволяет нескольким пользователям одновременно работать с одними и теми же файлами данных. ЛВС предоставляет такую возможность, если используется многопользовательское прикладное программное обеспечение.

Кроме простого разделения файлов пользователи сети могут разделять принтер, накопитель для компакт-дисков (CD-ROM), модем, факсимильный аппарат, сканер или другое техническое устройство, совместимое с ПК и поддерживающее сетевой режим работы. Пользователи могут разделять ресурсы компьютеров и информацию, находясь на удалении друг от друга; они могут совместно работать над проектами и задачами, которые требуют тесной координации и взаимодействия. Кроме того, даже если компьютерная сеть выйдет из строя, возможно продолжение работы на вашем ПК.

Существуют два типа ЛВС (возможность их использования поддерживается соответствующими операционными системами):

- ◆ одноранговые сети;
- ◆ сети с выделенным сервером (файл-сервером).

Одноранговые сети не предусматривают выделение специальных компьютеров, организующих работу сети. Каждый пользователь, подключаясь к сети, выделяет в нее какие-либо ресурсы (дисковое пространство, принтеры и др.) и подключается к ресурсам, предоставленным в сеть другими пользователями. Такие сети просты в установке, наладке; они существенно дешевле сетей с выделенным сервером. В свою очередь, сети с выделенным сервером, несмотря на сложность настройки и относительную дороговизну, позволяют осуществлять централизованное сетевое управление. В данном случае, все ПК, кроме сервера, называются рабочими станциями.

Ниже перечислены семь задач [41], которые решают с помощью ПК, работающего в составе ЛВС, и которые достаточно трудно решить с помощью отдельного ПК.

1. Разделение файлов. ЛВС позволяет многим пользователям одновременно работать с одним файлом, хранящимся на центральном файл-сервере. Например, в аппарате управления несколько сотрудников могут одновременно использовать одни и те же руководящие документы.

2. Передача файлов. ЛВС позволяет быстро и надежно копировать файлы любого размера с одной машины на другую.

3. Доступ к информации и файлам. ЛВС позволяет запускать прикладные программы с любой из рабочих станций, где бы она ни была расположена.

4. Разделение прикладных программ и баз данных. ЛВС позволяет двум пользователям использовать одну и ту же копию программы. При этом, конечно, они не могут одновременно редактировать один и

тот же документ или запись в базе данных.

5. Одновременный ввод данных в прикладные программы. Сетевые прикладные программы позволяют нескольким пользователям одновременно вводить данные, необходимые для работы этих программ. Например, вести записи в базе данных так, что они не будут мешать друг другу. Однако только специальные сетевые версии программ позволяют одновременный ввод информации. Обычные компьютерные программы позволяют работать с набором файлов только одному пользователю.

6. Разделение принтера или другого технического устройства. ЛВС позволяет нескольким пользователям на различных рабочих станциях совместно использовать один или несколько дорогостоящих лазерных принтеров или других устройств.

7. Электронная почта. Вы можете использовать ЛВС как почтовую службу и рассылать служебные записки, доклады, сообщения и тому подобное другим пользователям. В отличие от телефона электронная почта передаст ваше сообщение даже в том случае, если в данный момент абонент (группа абонентов) отсутствует на своем рабочем месте, причем для этого ей не потребуется бумаги.

### *Всемирная информационная сеть Интернет*

Сеть Интернет из-за используемых высокоскоростных оптоволоконных и (или) спутниковых каналов связи часто называют сетью супермагистралей, а из-за обилия информационных ресурсов и оперативного применения в сети новейших достижений компьютерных технологий – даже кибернетическим пространством. Организационно Интернет – это сеть, связывающая высокоскоростными каналами связи другие сети, например сети отдельных организаций, ЛВС и др.

По данным одного из американских центров информации [66], во всем мире сейчас 148 млн пользователей Интернет. Из них в Канаде и США – 87 млн, в Европе – 33 млн. По оценкам ROCIT (Russian Non-profit Center for Internet Technologies) и РосНИИРОС (Российский НИИ развития общественных сетей), число пользователей Интернет в России росло приблизительно следующим образом: январь 1997 г. – 300 тыс.; октябрь 1997 г. – 600 тыс.; июль 1998 г. – 1 млн. Удвоение трафика (объема пересылаемой сетью информации), по данным московских компаний – представителей сервиса Интернет (так называемых провайдеров), происходит каждые полгода, а количества пользователей – каждые 2 года. Недельная аудитория Интернет только в Москве составляет примерно 440 тыс. человек.

Для подключения к удаленным компьютерным сетям используются телефонные линии связи (телефонные или более совершенные). Процесс передачи данных по телефонным линиям происходит в форме электрических колебаний – аналога звукового сигнала, в то время как в компьютере информация хранится в виде кодов. Для того чтобы передать информацию от компьютера через телефонную линию, коды должны быть преобразованы в электрические колебания. Этот процесс носит название модуляции. Для того, чтобы адресат смог прочитать на своем компьютере то, что ему отправлено, электрические колебания обратно преобразуются в машинные коды – демодулируются. Устройство, которое осуществляет преобразование данных из цифровой формы, в которой они хранятся в компьютере, в аналоговую (электрические колебания), в которой они могут быть переданы по телефонной линии и обратно, называется **модем** (сокращено от МОдулятор-ДЕМодулятор). Таким образом, отдельный ПК при помощи специальной телекоммуникационной программы, управляющей модемом, связывается по телефонной линии с провайдером, а далее через провайдер – по высокоскоростным каналам связи (оптоволоконным или спутниковым) – с необходимым адресатом в Интернет.

Сеть Интернет появилась в США в результате исследования методов построения сетей, устойчивых к частичным повреждениям, получаемым, например, при бомбардировке их авиацией и способных в таких условиях продолжать нормальное функционирование. В 60-х г. XX в. исследователи начали экспериментировать с соединением множества различных типов компьютеров посредством телефонных линий, пользуясь фондами Агентства перспективных исследований (ARPA) Министерства обороны США. Созданная сеть получила название ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network). Она была предназначена для облегчения обмена информацией между военными ведомствами и их субподрядчиками по различным государственным проектам. Многие ведущие специалисты по компьютерам из промышленных организаций и академий получили доступ к данной сети, благодаря CSNET (Computer Science Network) – проекту, созданному Национальным научным фондом (NSF), еще одним государственным агентством [19]. Вскоре все военные ведомства США были подключены к сети ARPANET, что ознаменовало переход к ее практическому использованию. Агентство ARPA задалось целью проверить, можно ли соединить компьютеры, расположенные в разных местах на значительном

расстоянии, при помощи новой технологии, получившей название "коммутация пакетов". Коммутация пакетов позволяла нескольким пользователям использовать один канал связи, посредством которого пакеты могли передаваться по сети к адресату, где восстанавливалось их исходное содержание. Прежде для работы в сети каждому компьютеру требовалась отдельная линия. Разработки, выполненные NSF, помогли создать высокоскоростную глобальную сеть, доступную для всех образовательных учреждений, государственных служащих, международных исследовательских организаций и т. п. Эта сеть позволила создать магистраль для передачи данных и подключить к ней множество компьютеров, совместно использующих один и тот же канал связи. Данные разбивались на пакеты, которые передавались на другую станцию. Каждому пакету присваивался компьютерный эквивалент места назначения (адрес) и временная метка, что позволяло передавать его в нужный пункт. Когда пакеты достигали адресата (пусть даже и по разным маршрутам), они собирались принимающим компьютером в связное сообщение.

Созданная на основе новой технологии сеть обеспечила независимую передачу данных между пунктами назначения и дала возможность компьютерам совместно использовать данные, а исследователям – обмениваться электронными сообщениями. Собственно, изобретение электронной почты произвело революцию. До этого передача документов должна была осуществляться при помощи факсов, почтовых курьеров или государственной почты. Электронная почта, отправляемая через Интернет, давала возможность отправлять подробные письма со скоростью и по ценам телефонного звонка.

По мере роста сети ARPANET был разработан способ ее использования для проведения конференций в реальном времени. Сначала эти конференции имели научную тематику, но скоро они охватили практически все сферы интересов, поскольку люди оценили удобство общения с сотнями или даже тысячами собеседников по всей стране, познакомившимися друг с другом при помощи электронной связи.

Сегодня эта сеть связывает компьютеры различных типов по всему миру при помощи протокола (стандарта передачи пакетов информации), получившего название TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). В конце 70-х гг. XX в. были созданы каналы связи между ARPANET и подобными ей сетями в других странах. Теперь мир был опутан компьютерной "паутиной" (общеизвестное сокращение WWW и означает World Wide Web – всемирная паутина).

В 80-х гг. эта сеть сетей, получившая общее название Интернет (название произошло от термина "*internetworking*" – "межсетевое взаимодействие"), стала расти с феноменальной скоростью. Тысячи исследовательских организаций и государственных ведомств, колледжей и университетов начали подключать свои компьютеры к этой всемирной сети.

Типовой адрес компьютера, используемого в сети Интернет, выглядит так: [www.name.ru](http://www.name.ru), где www – информация об общепринятом соглашении использования адресатом протокола передачи и приема данных; name – (условное имя – название организации, предоставляющей или имеющей свой адрес в сети); ru – географическая привязка нахождения компьютера в мировой сети (ru – Россия, com и su – Америка и т. д.).

Есть два способа подключения. Первый, более простой – открыть у провайдера сервисов Интернет (Internet Services Provider – ISP) счет для получения **доступа по телефонной линии**. ISP может предоставить счет, обеспечивающий связь по протоколам SLIP (Serial Line Internet Protocol) или PPP (Point-to-Point-Protocol).

Другой способ подключения к Интернет – **подключение по выделенной линии**. Этот способ более эффективен для больших организаций. Тип выделенной линии и скорость связи зависит от способа использования Интернет в организации и требуемого для этого диапазона. Существует множество типов и скоростей выделенных линий: от линий со скоростью 56 кбит/с до линий ISDN (цифровых сетей с интегрированными сервисами) и систем ретрансляции кадров, а также частичных или полных линий.

Вне зависимости от способа получения доступа к Интернет вам потребуется IP-адрес (IP – Internet Protocol) для учетной записи, обеспечивающей доступ к сети. Этот IP-адрес может выделяться провайдером либо динамически (это означает, что IP-адрес может меняться каждый раз при доступе к Интернет), либо статически (IP-адрес всегда остается одним и тем же).

Существуют восемь основных путей использования возможностей сети Интернет (более подробно см. [57]).

- 1) электронная почта;
- 2) отправка и получение файлов с помощью FTP (File Transfer Protocol);
- 3) чтение и посылка текстов в USENET;
- 4) поиск информации через GOPHER и WWW;
- 5) удаленное управление – запрос и запуск программ на удаленном компьютере;
- 6) интернетпейджинг с помощью ICQ;
- 7) Chat-разговор с помощью сети IRC и электронной почты;
- 8) Видеоконференции и игровые формы работы через Интернет.

В заключение отметим, что дальнейшее развитие автоматизации информационного обеспечения в интересах поддержки деятельности должностных лиц в любой профессиональной сфере, в том числе и экономической, немисливо без применения сетевых технологий – от локальных до глобальных, хотя они и создают потребителям ряд проблем, прежде всего связанных с защитой сетевой информации.

### 5.3. Организация вычислительной поддержки управленческой деятельности

Важной формой поддержки деятельности должностных лиц является вычислительная поддержка, основанная на своевременном предоставлении ЛПП достоверных результатов использования в цикле управления специально разработанных математических моделей ЭИС и(или) вычислительных задач (их комплексов). На современном этапе вычислительная поддержка решений ЛПП, начиная с определенного уровня (см. п. 1.3.4), как правило, предусматривает обязательное применение методов математического моделирования, в частности, метода имитационного моделирования сложных систем.

#### 5.3.1. Методы моделирования экономических информационных систем

Как уже отмечалось, понятие модели является ключевым в общей теории систем. Моделирование как мощный, а часто и единственный, метод исследования подразумевает замещение реального объекта другим – материальным или идеальным.

Важнейшими требованиями к любой модели являются ее адекватность изучаемому объекту в рамках конкретной задачи и реализуемость имеющимися средствами.

В теории эффективности, теории принятия решений и информатике **моделью объекта (системы, операции)** называется материальная или идеальная (мысленно представимая) система, создаваемая и(или) используемая при решении конкретной задачи с целью получения новых знаний об объекте-оригинале, адекватная ему с точки зрения изучаемых свойств и более простая, чем оригинал, в остальных аспектах [39].

Классификация основных методов моделирования (и соответствующих им моделей) представлена на рис. 5.3.1. В п. 1.3.4 приведены данные о рекомендуемом соответствии типов моделей целям их использования (табл. 1.3.2) и концептуальным уровням иерархии управления (табл. 1.3.3).

При исследовании ЭИС находят применение все методы моделирования (см. п. 1.3.4), однако в этом пункте основное внимание будет уделено семиотическим (знаковым) методам.

Напомним, что семиотикой (от греч. *semeion* – знак, символ) называют науку об общих свойствах знаковых систем, т. е. систем конкретных или абстрактных объектов (знаков), с каждым из которых сопоставлено некоторое значение [50]. Примерами таких систем являются любые языки (естественные или искусственные, например, языки описания данных или моделирования), системы сигнализации в обществе и животном мире и т. п.

Семиотика включает три раздела:

- ◆ синтактика;
- ◆ семантика;
- ◆ прагматика.

Синтактика исследует синтаксис знаковых систем безотносительно к каким-либо интерпретациям и проблемам, связанным с восприятием знаковых систем как средств общения и сообщения.

Семантика изучает интерпретацию высказываний знаковой системы и с точки зрения моделирования объектов занимает в семиотике главное место.

Прагматика исследует отношение использующего знаковую систему к самой знаковой системе, в частности, восприятие осмысленных выражений знаковой системы.

Из множества семиотических моделей в силу наибольшего распространения, особенно в условиях

информатизации современного общества и внедрения формальных методов во все сферы человеческой деятельности, выделим математические, которые отображают реальные системы с помощью математических символов. При этом, учитывая то обстоятельство, что методы моделирования рассматриваются применительно к поддержке деятельности ЛПР при организации применения ЭИС в различных операциях, будем использовать общеизвестную методологию системного анализа, теории эффективности и принятия решений.

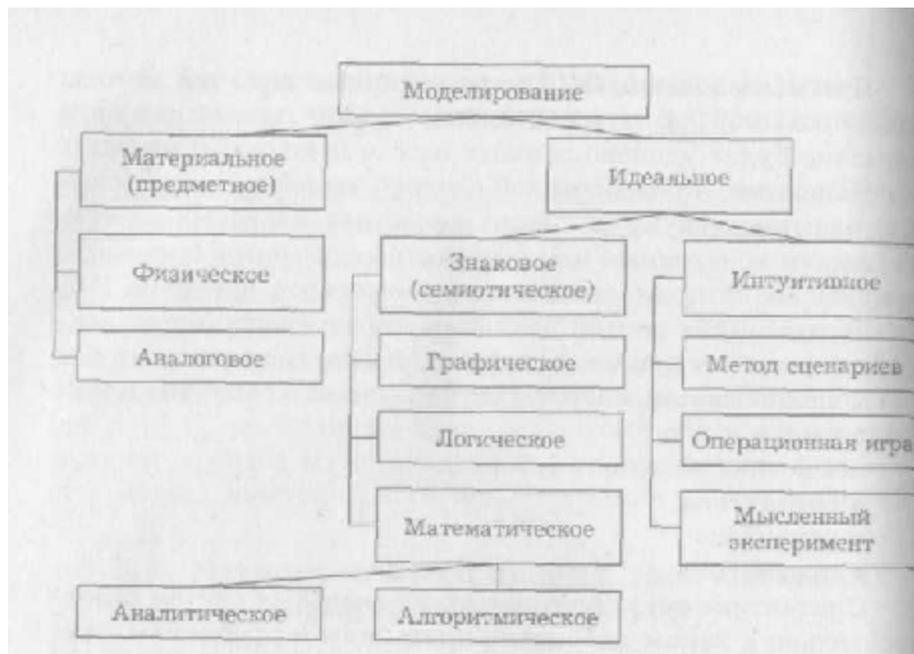


Рис. 5.3.1. Классификация методов моделирования

#### *Математическая модель системы*

В самом общем виде **математической моделью системы (операции)** называется множество

$$M = \langle A, \Lambda, H, Y, \Psi, W \rangle,$$

где  $A$  – множество возможных стратегий управления системой (операцией);  $\Lambda$  – множество учитываемых в модели факторов;  $H$  – оператор моделирования исхода операции;  $Y$  – множество значений выходных характеристик модели;  $\Psi$  – оператор оценивания показателя эффективности системы (операции);  $W$  – множество значений показателя эффективности системы.

Способы задания оператора  $\Psi$  и подходы к выбору показателя эффективности  $W$  рассматриваются в теории эффективности [39]; методы формирования множества возможных альтернатив – в разд. 1 учебника.

#### *Классификация математических моделей*

В качестве основного классификационного признака для математических моделей целесообразно использовать свойства операторов моделирования исхода операции и оценивания показателя ее эффективности [40].

**Оператор моделирования исхода**  $H$  может быть функциональным (заданным системой аналитических функций) или алгоритмическим (содержать математические, логические и логико-лингвистические операции, не приводимые к последовательности аналитических функций). Кроме того, он может быть детерминированным (когда каждому элементу множества  $A \times \Lambda$  соответствует детерминированное подмножество значений выходных характеристик модели  $\bar{Y} \subseteq Y$  с  $Y$ ) или *стохастическим* (когда каждому значению множества  $A \times \Lambda$  соответствует случайное подмножество  $\tilde{Y} \subseteq Y$ ).

**Оператор оценивания показателя эффективности**  $\Psi$  может задавать либо точно-точечное

преобразование (когда каждой точке множества выходных характеристик  $Y$  ставится в соответствие единственное значение показателя эффективности  $W$ ), либо множественно-точечное преобразование (когда показатель эффективности задается на всем множестве полученных в результате моделирования значений выходных характеристик модели). В зависимости от свойств названных операторов все математические модели подразделяются на три основных класса:

- ◆ аналитические;
- ◆ статистические;
- ◆ имитационные.

На рис. 5.3.2. представлена классификация наиболее часто встречающихся математических моделей по рассмотренному признаку [58].

Важно отметить, что при создании аналитических и статистических моделей широко используются их гомоморфные свойства (способность одних и тех же математических моделей описывать различные по физической природе процессы и явления). Для имитационных моделей в наибольшей степени характерен изоморфизм процессов и структур, т. е. взаимно-однозначное соответствие элементов структур и процессов реальной системы элементам ее математического описания и, соответственно, модели.

Вид основных операторов		Н			
		функциональный		алгоритмический	
		детер- мин.	стоха- стич.	детер- мин.	стоха- стич.
Ψ	Множественно- точечное отображение	————	Статисти- ческие	————	Имита- ционные
	Точечно-точечное отображение	Аналити- ческие	————	Имита- ционные	————

Рис. 5.3.2. Основная классификация математических моделей

Согласно [51] **изоморфизм** – соответствие (отношение) между объектами, выражающее тождество их структуры (строения). Именно таким образом организовано большее число классических имитационных моделей. Названное свойство имитационных моделей проиллюстрировано рис. 5.3.3., содержащим пример из [17].

На рисунке обозначены:

- $S_1$  – система-оригинал;
- $S_2$  – изоморфное отображение оригинала;
- $S_3$  – гомоморфное отображение оригинала.

Имитационные модели являются наиболее общими математическими моделями. В силу этого иногда все модели называют имитационными [12]:

- ◆ аналитические модели, "имитирующие" только физические законы, на которых основано функционирование реальной системы, можно рассматривать как имитационные модели I уровня;

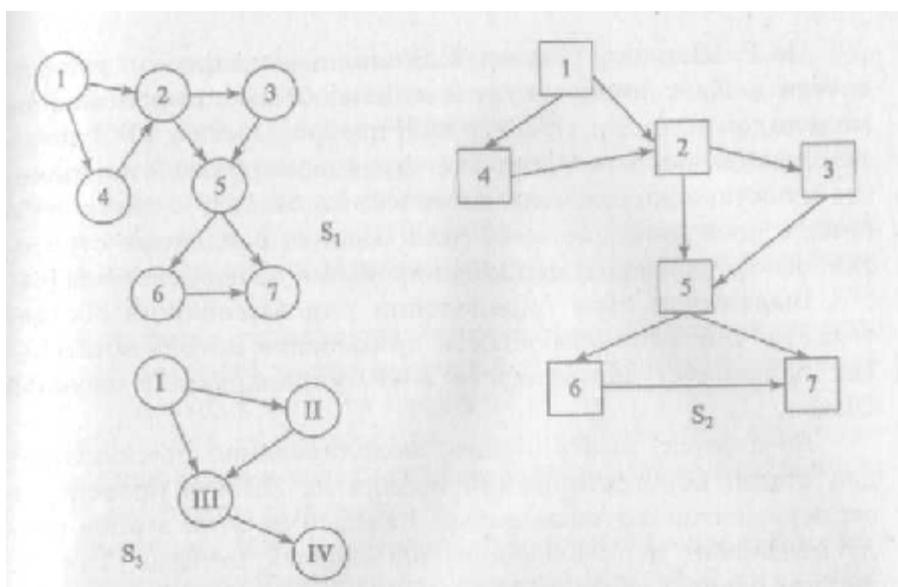


Рис. 5.3.3. Пример изоморфного и гомоморфного отображений

♦ статистические модели, в которых, кроме того, "имитируются" случайные факторы, можно называть имитационными моделями II уровня;

♦ собственно имитационные модели, в которых еще имитируется и функционирование системы во времени, называют имитационными моделями III уровня.

Классификацию математических моделей можно провести и по другим признакам [40].

### 5.3.2. Методологические основы применения метода имитационного моделирования

Выше было дано формальное определение имитационной модели с точки зрения свойств двух ее важнейших операторов: оператора моделирования исхода и оператора оценивания показателя эффективности. Приведем классическое вербальное определение имитационного моделирования и проведем его краткий анализ.

По Р. Шеннону (Robert E. Shannon— профессор университета в Хантсвилле, штат Алабама, США), **имитационное моделирование** есть процесс конструирования на ЭВМ модели сложной реальной системы, функционирующей во времени, и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить различные страте-1 гии, обеспечивающие функционирование данной системы [64].

Выделим в этом определении ряд важнейших обстоятельств, учитывая особенности применения метода в интересах поддержки деятельности ЛПР, управляющего сложной ЭИС.

Во-первых, имитационное моделирование предполагает два этапа: конструирование модели на ЭВМ и проведение экспериментов с этой моделью. Каждый из этих этапов предусматривает использование собственных методов. Так, на первом этапе весьма важно грамотно провести информационное обследование, разработку всех видов документации и их реализацию. Второй этап должен предполагать использование методов планирования эксперимента с учетом особенностей машинной имитации.

Во-вторых, в полном соответствии с системными принципами четко выделены две возможные цели имитационных экспериментов:

♦ либо понять поведение исследуемой системы (о которой по каким-либо причинам было "мало" информации)— потребность в этом часто возникает, например, при создании принципиально новых образцов (систем) продукции;

♦ либо оценить возможные стратегии (альтернативы) управления системой, что также очень характерно для решения широкого круга экономических прикладных задач, прежде всего управленческих (см. п. 1.3.4).

В-третьих, с помощью имитационного моделирования исследуют **сложные системы**. Понятие "сложность" является субъективным и по сути выражает отношение исследователя к объекту моделирования. Укажем пять признаков "сложности" системы, по которым можно судить о ее принадлежности к такому классу систем [5]:

♦ наличие большого количества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов;

- ◆ сложность функции (функций), выполняемой системой;
- ◆ возможность разбиения системы на подсистемы (декомпозиции);
- ◆ наличие управления (часто имеющего иерархическую структуру), разветвленной информационной сети и интенсивных потоков информации;
- ◆ наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных (неопределенных) факторов.

Очевидно, что некоторые приведенные признаки сами предполагают субъективные суждения. Вместе с тем становится понятным, почему значительное число ЭИС относят к сложным системам и, следовательно, применяют метод имитационного моделирования. Отметим, что последний признак определяет потребность развития методов моделирования случайных факторов [57], т. е. проведения так называемой стохастической имитации.

В-четвертых, методом имитационного моделирования исследуют системы, функционирующие во времени, что определяет необходимость создания и использования специальных методов (механизмов) управления системным временем.

Наконец, в-пятых, в определении прямо указывается на необходимость использования ЭВМ для реализации имитационных моделей, т. е. проведения машинного эксперимента (машинной имитации), причем в подавляющем большинстве случаев применяются цифровые машины.

Даже столь краткий анализ позволяет сформулировать вывод о целесообразности (а следовательно, и необходимости) использования метода имитационного моделирования для исследования сложных человеко-машинных (эргатических) систем экономического назначения и управления ими.

До настоящего момента особое внимание в толковании термина "имитационное моделирование системы" было уделено первому слову. Однако не следует упускать из вида, что создание любой (в том числе и имитационной) модели предполагает, что она будет отражать лишь наиболее существенные, с точки зрения конкретной решаемой задачи, свойства объекта оригинала. Английский аналог этого термина – *systems simulation* – при дословном переводе непосредственно указывает на необходимость воспроизводства (симуляции) лишь основных черт реального явления (ср. с термином "симуляция симптомов болезни" из медицинской практики). Важно отметить еще один аспект: создание любой (в том числе и имитационной) модели есть процесс творческий (не случайно Р. Шеннон назвал свою классическую книгу "Имитационное моделирование систем – искусство и наука"), и, вообще говоря, каждый автор имеет право на собственную версию модели реальной системы. Однако за достаточно длительное время применения метода накоплены определенный опыт и признанные разумными рекомендации, которыми целесообразно руководствоваться при организации имитационных экспериментов.

Укажем ряд основных достоинств и недостатков метода имитационного моделирования [40].

Основные достоинства:

- ◆ имитационная модель позволяет, в принципе, описать моделируемый процесс с большей адекватностью, чем другие;
- ◆ имитационная модель обладает известной гибкостью варьирования структуры, алгоритмов и параметров системы;
- ◆ применение ЭВМ существенно сокращает продолжительность испытаний по сравнению с натурным экспериментом (если он возможен), а также их стоимость.

Основные недостатки:

- ◆ решение, полученное на имитационной модели, всегда носит частный характер, так как оно соответствует фиксированным элементам структуры, алгоритмам поведения и значениям параметров системы;
- ◆ большие трудозатраты на создание модели и проведение экспериментов, а также обработку их результатов;
- ◆ если использование системы предполагает участие людей при проведении машинного эксперимента, на результаты может оказать влияние так называемый хауторнский эффект, заключающийся в том, что люди, зная (чувствуя), что за ними наблюдают, могут изменить свое обычное поведение.

Итак, само использование термина "имитационное моделирование" предполагает работу с такими математическими моделями, с помощью которых результат исследуемой операции нельзя заранее вычислить или предсказать, поэтому необходим эксперимент (имитация) на модели при заданных исходных данных. В свою очередь, сущность машинной имитации заключается в реализации

численного метода проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложной системы в течение заданного или формируемого периода времени [32].

При реализации имитационной модели, как правило, рассматриваются не все реально осуществляемые функциональные действия (ФД) системы, а только те из них, которые являются наиболее существенными для исследуемой операции. Кроме того, реальные ФД аппроксимируются упрощенными действиями ФД причем степень этих упрощений определяется уровнем детализации учитываемых в модели факторов. Названные обстоятельства порождают ошибки имитации процесса функционирования реальной системы, что, в свою очередь, обуславливает адекватность модели объекту-оригиналу и достоверность получаемых в ходе моделирования результатов.

Очевидно, что в реальной системе в различных ее компонентах могут одновременно (параллельно) производиться функциональные действия и, соответственно, наступать события. В большинстве же современных ЭВМ в каждый из моментов времени можно отрабатывать лишь один алгоритм какого-либо ФД. Возникает вопрос: каким образом учесть параллельность протекания процессов в реальной системе без потери существенной информации о ней?

Для обеспечения имитации наступления параллельных событий в реальной системе вводят специальную глобальную переменную  $t_0$ , которую называют модельным (системным) временем. Именно с помощью этой переменной организуется синхронизация наступления всех событий в модели ЭИС и выполнение алгоритмов функционирования ее компонент. Принцип такой организации моделирования называется **принципом квазипараллелизма** [32].

Таким образом, при реализации имитационных моделей используют три представления времени:

- ◆  $t_p$  – реальное время системы;
- ◆  $t_0$  – модельное (системное) время;
- ◆  $t_m$  – машинное время имитации.

#### *Структура типовой имитационной модели с календарем событий*

Составление расписания событий как способ организации квазипараллелизма получило широкое распространение прежде всего в силу простоты и наглядности реализации.

На рис. 5.3.4. представлена структура типовой имитационной модели с календарем событий [40].

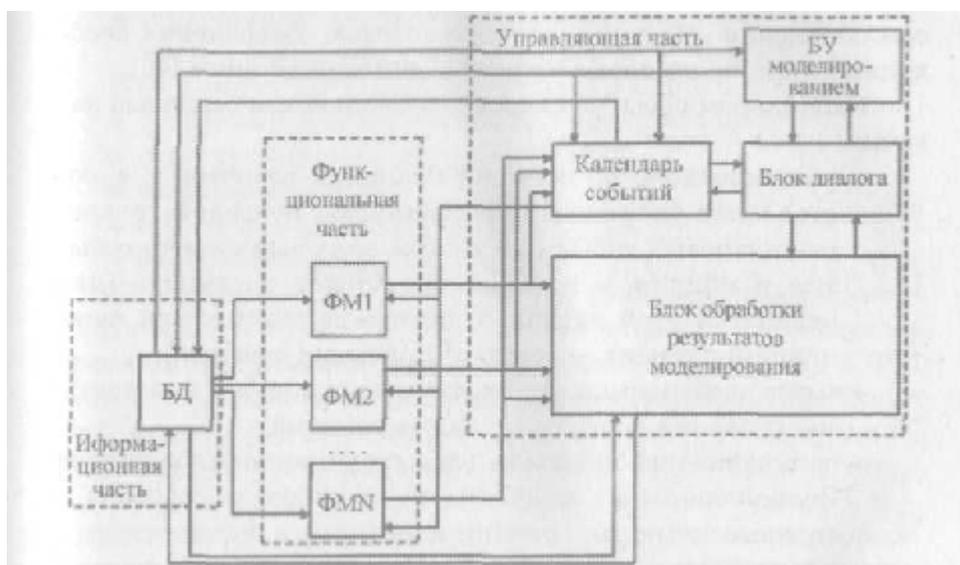
Такая имитационная модель состоит из трех частей:

- ◆ управляющей;
- ◆ функциональной, состоящей из функциональных модулей (ФМ);
- ◆ информационной, включающей базу (базы) данных (БД).

В свою очередь, управляющая часть содержит:

- ◆ блок управления (БУ) моделированием;
- ◆ блок диалога;
- ◆ блок обработки результатов моделирования;
- ◆ календарь событий.

Блок управления предназначен для реализации принятого плана имитационного эксперимента. В соответствии с назначением в его состав обычно включают управляющий модуль (УМ), определяющий основные временные установки – моменты начала, остановки, продолжения, окончания моделирования, а также моменты изменения режимов моделирования, и модуль реализации плана эксперимента, устанавливающий для каждого прогона модели необходимые значения (уровни) управляемых факторов.



**Рис. 5.3.4.** Структура типовой имитационной модели с календарем событий

Блок диалога предназначен для обеспечения комфортной работы пользователя с интерактивной моделью (в автоматических моделях этого блока нет). Отметим, что, кроме понятных процедур ввода-вывода информации в требуемых форматах различным потребителям, во многих ("больших") имитационных моделях блок диалога включает систему интерактивной многоуровневой помощи пользователю.

В блоке обработки результатов моделирования осуществляется обмен информацией с базой данных и реализуются процедуры расчета показателя эффективности (прежде всего за счет статистической обработки результатов моделируемой операции). Если отсутствует блок диалога, на блок обработки возлагаются функции выдачи результатов моделирования на внешние устройства.

Календарь событий является важнейшим элементом имитационной модели, предназначенным для управления процессом появления событий в системе с целью обеспечения необходимой причинно-следственной связи между ними [40].

Календарем событий решаются следующие основные задачи:

- ◆ ранжирование по времени плановых событий, т. е. составление упорядоченной временной последовательности плановых событий с учетом вида возможного события и модуля, в котором оно может наступить (для отработки этой задачи в календаре содержится важнейший элемент – каталог плановых событий);
- ◆ вызов необходимых функциональных модулей в моменты наступления соответствующих событий;
- ◆ получение информационных выходных сигналов от всех функциональных модулей, их хранение и передача в нужные моменты времени адресатам в соответствии с оператором сопряжения модели (эта задача решается с помощью специального программного средства – цепи сигналов и ее основного элемента – таблицы сигналов).

Функциональная часть имитационной модели состоит из функциональных модулей являющихся основными ее элементами. Именно в них описываются и реализуются все процессы в моделируемой системе. Обычно один ФМ описывает либо отдельный процесс в системе, либо ее отдельный элемент (подсистему) – в зависимости от выбранной схемы моделирования.

Каждый ФМ выполняет следующие основные функции [40]:

- ◆ формирование информационных выходных сигналов в соответствии с функциональным назначением;
- ◆ планирование событий в рамках выбранной схемы, т. е. определение видов и возможных моментов наступления всех связанных с данным модулем событий;
- ◆ изменение собственного состояния (внутренней информации ФМ, эндогенных переменных) в соответствии с наступающими событиями;
- ◆ обработка входных сигналов и изменение своего состояния в зависимости от их вида и содержания.

В ФМ могут поступать пять видов входных сигналов:

- ◆ стартовый (сигнал о начале моделирования);
- ◆ о наступлении планового события;

- ◆ информационный;
- ◆ о прерывании моделирования;
- ◆ об окончании моделирования.

Важнейшей задачей любого ФМ является планирование следующих событий, т. е. определение их видов и ожидаемых моментов наступления. Для выполнения этой функции в ФМ реализуется специальный оператор планирования. Для "больших" моделей остро стоит вопрос о "глубине планирования", т. е. о длительности интервала времени, на который прогнозируется наступление событий, поскольку для больших интервалов почти наверняка придется осуществлять повторное планирование после прихода очередного информационного сигнала и соответствующего изменения состояния ФМ.

База (базы) данных представляет собой совокупность специальным образом организованных (структурированных) данных о моделируемой системе (операции), а также программных средств работы с этими данными. Как правило, информация из БД выдается в другие части имитационной модели в автоматическом режиме (в этом смысле можно говорить, что потребителями информации БД являются пользователи-задачи). Наличие БД в имитационной модели не является обязательным и полностью определяется масштабами модели, объемами необходимой информации и требованиями по оперативности получения результатов моделирования и их достоверности. Если принято решение о включении БД в состав имитационной модели, проектирование БД не имеет каких-либо специфических особенностей и проводится по стандартной методике.

### 5.3.3. Основы организации имитационного моделирования

#### *Этапы имитационного моделирования*

Как уже отмечалось, имитационное моделирование применяют для исследования сложных систем. Естественно, что и имитационные модели оказываются достаточно сложными как с точки зрения заложенного в них математического аппарата, так и в плане машинной реализации. При этом сложность любой модели определяется двумя факторами:

- ◆ сложностью исследуемого объекта оригинала;
- ◆ точностью, предъявляемой к результатам расчетов.

Использование машинного эксперимента как средства решения сложных прикладных проблем, несмотря на присущую каждой конкретной задаче специфику, имеет ряд общих черт (этапов). На рис. 5.3.5 представлены этапы применения математической (имитационной) модели (по взглядам академика А. А. Самарского).

Каждому из показанных на рисунке этапов присущи собственные приемы, методы, технологии. В данном учебнике вопросы построения (разработки) математической модели, алгоритмизации и программирования (за исключением выбора языка) не рассматриваются. Отметим лишь, что все эти этапы носят ярко выраженный творческий характер и требуют от разработчика модели особой подготовки.

После того как имитационная модель реализована на ЭВМ, исследователь должен выполнить последовательно следующие этапы (их часто называют технологическими):

- ◆ испытание модели;

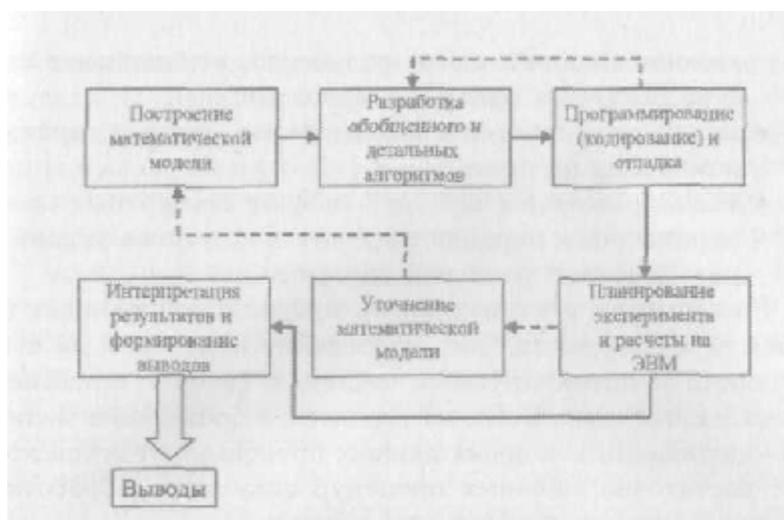


Рис. 5.3.5. Этапы машинного эксперимента

- ◆ исследование свойств модели;
- ◆ планирование имитационного эксперимента;
- ◆ эксплуатация модели (проведение расчетов).

Кратко охарактеризуем первые два, основываясь на подходе этапа И. В. Максимеев [32] (изложение методов математической теории планирования эксперимента, организации проведения модельных расчетов и обработки их результатов выходят за рамки настоящего учебника).

### *Испытание имитационной модели*

Испытание имитационной модели включает работы по четырем направлениям:

- ◆ задание исходной информации;
- ◆ верификацию имитационной модели;
- ◆ проверку адекватности модели;
- ◆ калибровку имитационной модели.

Процедура задания исходной информации полностью определяется типом моделируемой системы:

- ◆ если моделируется функционирующая (существующая) система, проводят измерение характеристик ее функционирования и затем используют эти данные в качестве исходных при моделировании;
- ◆ если моделируется проектируемая система, проводят измерения на прототипах;
- ◆ если прототипов нет, используют экспертные оценки параметров и переменных модели, формализующих характеристики реальной системы.

Каждому из этих вариантов присущи собственные особенности и сложности. Так, проведение измерений на существующих и проектируемых системах требует применения качественных измерительных средств, а проведение экспертного оценивания исходных данных представляет собой комплекс достаточно сложных процедур получения, обработки и интерпретации экспертной информации.

Верификация имитационной модели состоит в доказательстве утверждений соответствия алгоритма ее функционирования цели моделирования путем формальных и неформальных исследований реализованной программы модели.

Неформальные исследования представляют собой ряд процедур, входящих в автономную и комплексную отладку.

#### **Формальные методы включают:**

- ◆ использование специальных процессоров – "читателей" программ;
- ◆ замену стохастических элементов модели детерминированными;
- ◆ тест на так называемую непрерывность моделирования и др.

Количественную оценку адекватности модели объекту исследования проводят для случая, когда можно определить значения отклика системы в ходе натурных испытаний.

Наиболее распространены три способа проверки:

- ◆ по средним значениям откликов модели и системы;

- ◆ дисперсиям отклонений откликов;
- ◆ максимальному значению абсолютных отклонений откликов.

Если возможность измерения отклика реальной системы отсутствует, оценку адекватности модели проводят на основе субъективного суждения соответствующего должностного лица о возможности использования результатов, полученных с использованием этой модели, при выполнении им служебных обязанностей (особенно – при обосновании решений). По сути, в этом случае, как уже отмечалось в п. 1.3.4, неформальная процедура проверки адекватности модели направлена на повышение степени доверия ЛППР к результатам моделирования и желаниа пользоваться ими.

К **калибровке** имитационной модели приступают в случае, когда модель оказывается неадекватной реальной системе. За счет калибровки иногда удается уменьшить неточности описания отдельных подсистем (элементов) реальной системы и тем самым повысить достоверность получаемых модельных результатов.

В модели при калибровке возможны изменения трех типов:

- ◆ глобальные структурные изменения;
- ◆ локальные структурные изменения;
- ◆ изменение так называемых калибровочных параметров в результате реализации достаточно сложной итерационной процедуры, включающей многократное построение регрессионных зависимостей и статистическую оценку значимости улучшения модели на очередном шаге [32].

При необходимости проведения некоторых локальных и, особенно, глобальных структурных изменений приходится возвращаться к содержательному описанию моделируемой системы и искать дополнительную информацию о ней.

### *Исследование свойств имитационной модели*

После испытаний имитационной модели переходят к изучению ее свойств. При этом наиболее важны четыре процедуры:

- ◆ оценка погрешности имитации;
- ◆ определение длительности переходного режима в имитационной модели;
- ◆ оценка устойчивости результатов имитации;
- ◆ исследование чувствительности имитационной модели.?

Оценка погрешности имитации, связанной с использованием в модели генераторов псевдослучайных чисел (ПСЧ), проводится известными методами теории вероятностей и математической статистики. Важнейшим показателем качества любого генератора ПСЧ является период последовательности! ПСЧ (при требуемых статистических свойствах). В большинстве случаев о качестве генератора ПСЧ судят по оценкам математических ожиданий и дисперсий отклонений компонент функции отклика. Как уже отмечалось, для подавляющего числа практических задач стандартные (встроенные) генераторы дают вполне пригодные последовательности ПСЧ.

Определение длительности переходного режима и оценка устойчивости модели основываются на следующих соображениях. Обычно имитационные модели применяются для изучения системы в типичных для нее и повторяющихся условиях. В большинстве стохастических моделей требуется некоторое время для достижения моделью установившегося состояния.

Под статистическим равновесием или установившимся состоянием модели понимают такое состояние, в котором противодействующие влияния сбалансированы и компенсируют друг друга. Иными словами: модель находится в равновесии, если ее отклик не выходит за предельные значения.

Существуют три способа уменьшения влияния начального периода на динамику моделирования сложной системы:

- ◆ использование "длинных прогонов", позволяющих получать результаты после заведомого выхода модели на установившийся режим;
- ◆ исключение из рассмотрения начального периода прогона;
- ◆ выбор таких начальных условий, которые ближе всего к типичным.

Каждый из этих способов не свободен от недостатков: "длинные прогоны" приводят к большим затратам машинного времени; при исключении из рассмотрения начального периода теряется часть информации; выбор типичных начальных условий, обеспечивающих быструю сходимость, как правило, затруднен отсутствием достаточного объема исходных данных (особенно для принципиально новых систем).

Для отделения переходного режима от стационарного у исследователя должна быть возможность наблюдения за моментом входа контролируемого параметра в стационарный режим. Часто используют такой метод: строят графики изменения контролируемого параметра в модельном времени и на нем выявляют переходный режим.

Важная практическая рекомендация: чем ближе структура модели к структуре реальной системы и чем выше степень детализации учитываемых в модели факторов (т. е. чем в большей степени модель изоморфна объекту-оригиналу), тем шире область устойчивости (пригодности) результатов имитации.

Исследование чувствительности модели проводят по двум направлениям:

- ◆ установление диапазона изменения отклика модели при варьировании каждого параметра;
- ◆ проверка зависимости отклика модели от изменения параметров внешней среды.

В зависимости от диапазона изменения откликов  $Y$  при изменении каждой компоненты вектора параметров  $X$  определяется стратегия планирования экспериментов на модели. Если при значительной амплитуде изменения некоторой компоненты вектора параметров модели отклик меняется незначительно, то точность представления ее в модели не играет существенной роли.

Проверка зависимости отклика модели  $Y$  от изменений параметров внешней среды основана на расчете соответствующих частных производных и их анализе.

### *Языки моделирования*

Чтобы реализовать на ЭВМ модель сложной системы, нужен аппарат моделирования, который в принципе должен быть специализированным. Он должен предоставлять исследователю:

- ◆ удобные способы организации данных, обеспечивающие простое и эффективное моделирование;
- ◆ удобные средства формализации и воспроизведения динамических свойств моделируемой системы;
- ◆ возможность имитации стохастических систем, т. е. процедур генерации ПСЧ и вероятностного (статистического) анализа результатов моделирования;
- ◆ простые и удобные процедуры отладки и контроля программы;
- ◆ доступные процедуры восприятия и использования языка и др.

Вместе с тем существующие языки программирования общего назначения для достаточно широкого круга задач позволяют без значительных затрат ресурсов создавать весьма совершенные имитационные модели. Можно сказать, что они способны составить конкуренцию специализированным языкам моделирования.

Классические языки моделирования являются процедурно-ориентированными и обладают рядом специфических черт. Можно сказать, что основные языки моделирования разработаны как средство программного обеспечения имитационного подхода к изучению сложных систем.

Языки моделирования позволяют описывать моделируемые системы в терминах, разработанных на базе основных понятий имитации. С их помощью можно организовать процесс общения заказчика и разработчика модели. Различают языки моделирования непрерывных и дискретных процессов.

В настоящее время сложилась ситуация, когда не следует противопоставлять языки общего назначения (ЯОН) и языки имитационного моделирования (ЯИМ). На рис. 5.3.6. представлена классификация языков программирования по различным основаниям [64], которая может служить основой для формирования рационального подхода к выбору конкретного языка реализации имитационной модели исследуемой АИС, о чем будет подробнее сказано ниже.

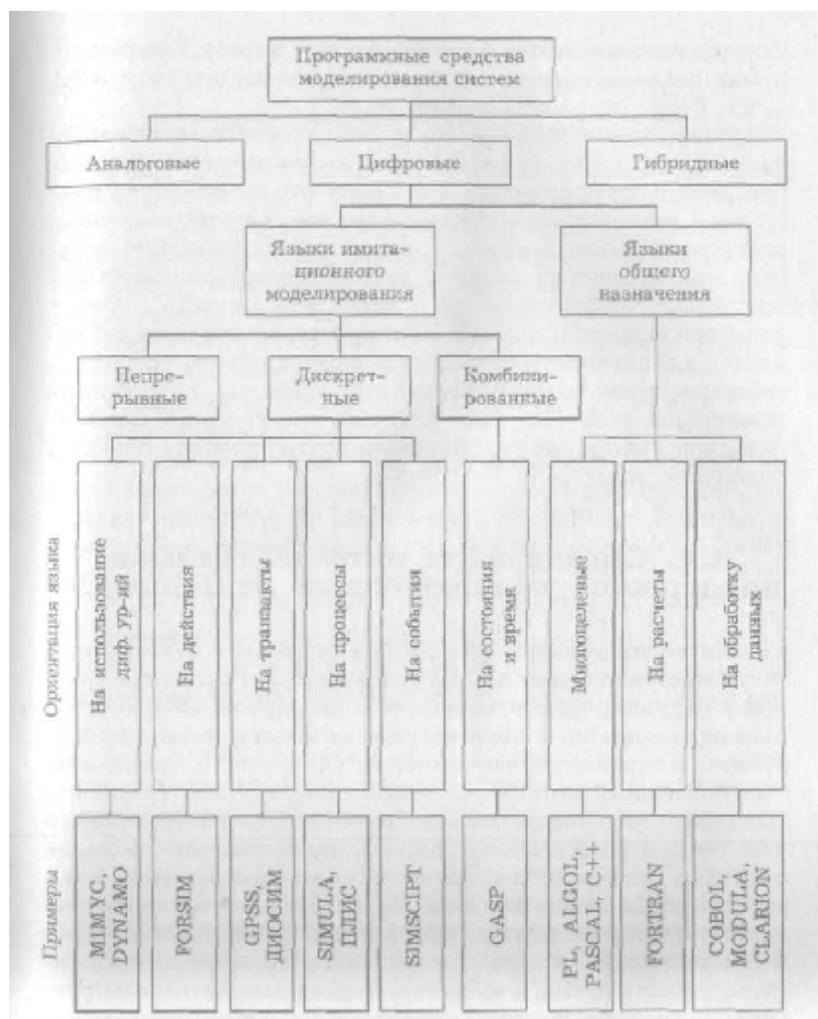


Рис. 5.3.6. Классификация программных средств моделирования систем

Важнейшими проблемами применения языков моделирования являются их эффективность, совместимость с другими программными средствами и возможность установки на имеющиеся технические средства, а также затраты различных ресурсов. Иными словами, при выборе программного средства моделирования следует руководствоваться известным критерием "эффективность – время – стоимость", причем зачастую важность каждого из этих частных показателей меняется в зависимости от существа задачи; объема располагаемых ресурсов; резерва (дефицита) времени; сложившихся условий и т. п. Вообще говоря, данная рекомендация справедлива для выбора весьма широкого круга сложных объектов различной природы.

## 5.4. Организация интеллектуальной поддержки управленческой деятельности

Интеллектуальная поддержка деятельности должностных лиц в настоящее время является основной и останется таковой в будущем. Организация такой поддержки ЛПР полностью определяется рациональным использованием методов, средств и технологий искусственного интеллекта. Сам термин "искусственный интеллект" относится к группе терминов и понятий, получивших весьма широкое распространение, в том числе и у неспециалистов. При этом большинство людей трактуют искусственный интеллект как сравнительно новое научно-техническое направление, с которым связывают надежды на резкое увеличение функциональных возможностей технических объектов, в частности, вычислительных систем, используемых в качестве средств автоматизации различных сфер профессиональной деятельности человека: управления, проектирования, производства, обучения, индустрии обслуживания и развлечений и т. п.

### 5.4.1. Методологические основы теории искусственного интеллекта

Следует отметить, что строгого (формального, научного) определения понятия "естественный интеллект", вообще говоря, не существует. Поэтому еще труднее определить понятие "искусственный интеллект". Для того чтобы решить эту задачу, необходимо уяснить значение таких терминов, как интеллект, психика, сознание, разум.

**Интеллект.** Различают формулировки данного понятия по нескольким направлениям [18]:

- ◆ философскую;
- ◆ биологическую;
- ◆ психологическую.

В философии под интеллектом понимают познание, понимание, рассудочную способность к абстрактно-аналитическому расчленению (Г. Гегель), способность к образованию понятий (Э. Кант).

В психологии под интеллектом понимают характеристику умственного развития индивидуума, определяющую его способность целенаправленно действовать, рационально мыслить и эффективно взаимодействовать с окружающим миром.

В биологии под интеллектом понимают способность адекватно реагировать (принимать решения) в ответ на изменение окружающей обстановки.

Важно отметить: интеллект – это свойство отдельного субъекта. В частности, интеллектом может обладать не только человек, но и любой объект, обладающий указанными выше качествами – способностью к образованию понятий, абстрактно-аналитическому мышлению, целенаправленному действию.

**Разум.** В отличие от интеллекта разум – категория сугубо человеческая, опирающаяся на сознание как высшую форму психологической деятельности. Принципиальным моментом в определении разума, так же как и сознания, является их общественный, социальный характер, поскольку и то, и другое понятия сформировались в результате совместной человеческой деятельности.

Часто используют совместно понятия рассудок и разум. Интересно, что в античной философии считалось, что если рассудок – способность рассуждения – познает все относительное, земное и конечное, то разум, сущность которого состоит в целеполагании, открывает абсолютное, божественное и бесконечное. В настоящее время с рассудком связывают способность строго оперировать понятиями, правильно классифицировать факты и явления; приводить знания в определенную систему. Опираясь на рассудок, разум выступает как творческая познавательная деятельность, раскрывающая сущность действительности. Посредством разума мышление синтезирует результаты познания, создает новые идеи, выходящие за пределы сложившихся систем знания [59].

**Сознание.** Это понятие также трактуется различными науками неоднозначно.

С точки зрения философии, сознание – свойство высокоорганизованной материи – мозга, выступающее как осознанное бытие, субъективный образ объективного мира, субъективная реальность.

При социологическом подходе сознание рассматривается прежде всего как отображение в духовной жизни людей интересов и представлений различных социальных групп, классов, наций, общества в целом.

В психологии сознание трактуется как особый, высший уровень организации психической жизни субъекта, выделяющего себя из окружающей действительности, отражающего эту действительность в форме психических образов, которые служат регуляторами целенаправленной деятельности [59]. Важнейшей функцией сознания является мысленное построение действий и предвидение их последствий, контроль и управление поведением личности, ее способность отдавать себе отчет в том, что происходит как в окружающем, так и в собственном духовном мире.

**Психика.** Психика – это свойство высокоорганизованной материи – мозга, являющееся особой формой отражения действительности и включающее такие понятия, как ощущение, восприятие, память, чувства, воля, мышление и др. Отметим, что мышление и память, которыми обычно характеризуют интеллект, входят в понятие психики составными частями.

В психике выделяют две компоненты: чувственную (ощущения, восприятие, эмоции) и рациональную, мыслительную (интеллект, мышление). Другие составляющие психики – память и волю – можно разделить на память чувств и память мыслей; волю чувств и волю мыслей (инстинкты и долг перед собой и обществом соответственно).

Например, можно помнить, как берется сложный интеграл (память мыслей), а можно помнить ощущение напряжения и усталости при изучении способа его взятия (память чувств), когда воля чувств

(инстинкт самосохранения, желание отдохнуть) боролись с волей мысли (сознанием необходимости изучения этого способа).

Перечисленные понятия обычно разделяют на две пары (см. рис. 5.4.1):

- ◆ психика и интеллект как ее составляющая;
- ◆ сознание и разум как его составляющая, причем интеллект и разум – рассудочные, мыслительные составляющие соответственно психики и сознания.

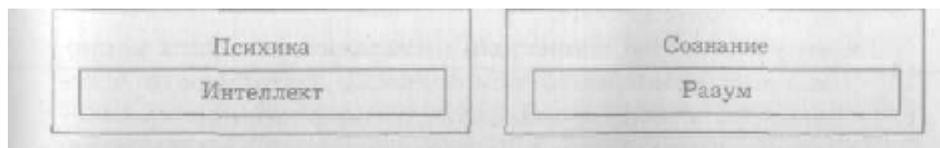


Рис. 5.4.1. Соотношение психики и интеллекта, сознания и разума

Основное отличие второй пары от первой состоит в том, что она образовалась в результате социальной, общественной деятельности людей, и поэтому социальная компонента – неотъемлемая и существенная черта сознания и разума (классическим примером может служить психика Маугли и психика "нормальных" детей).

Отсюда следует очень важный вывод: принципиально невозможно моделировать сознание и разум во всей полноте, так как для этого пришлось бы "моделировать не только человека", но и всю систему его социально-общественных отношений. В то же время моделировать интеллект как одну из компонент психики отдельных индивидуумов вполне возможно, хотя и очень сложно.

К этому выводу "примыкает" еще один: искусственный интеллект – это модель рациональной, мыслительной составляющей психики. Не моделируются эмоции, ощущения, воля, память чувств и т. п. Машинное сочинение стихов и музыки – это моделирование лишь логической компоненты психической деятельности, сопровождающей эти виды творчества (соблюдение рифмы, размера, законов композиции, гармонии и т. п.). Именно с этим связано неудовлетворительное для большинства людей качество машинных "сочинений".

Учитывая сказанное, можно заключить, что понятие "искусственный интеллект" объединяет три других [18]:

- ◆ **искусственный бессловесный интеллект** – модель компоненты психики живых существ, отражающая их способность принимать решения, изменять поведение и так далее на уровне инстинктов, не имеющих словесного выражения (самосохранение, размножение, приспособление и т. п.);

- ◆ **искусственный словесный интеллект** – модель рациональной компоненты психической деятельности человека без учета ее социального содержания;

- ◆ **искусственный разум** – искусственный словесный интеллект, дополненный социальной компонентой.

В дальнейшем, если не будет специальных оговорок, под искусственным интеллектом будем понимать искусственный словесный интеллект.

Приведенные определения основаны на теоретических рассуждениях и в силу этого носят достаточно общий характер.

Существуют по крайней мере три подхода к определению этого понятия, носящие гораздо большую практическую направленность (рис. 5.4.2).



Рис. 5.4.2. Подходы к определению понятия "искусственный интеллект"

Достаточно полным определением понятия "искусственный интеллект" первого типа является следующее [20]: искусственный интеллект – это область исследований, в рамках которых разрабатываются модели и методы решения задач, традиционно считавшихся интеллектуальными и не поддающимися формализации и автоматизации.

Применительно к данному определению является справедливым суждение, что интеллектуальной может считаться такая искусственно созданная система, для которой выполняется **тест Тьюринга**, состоящий в следующем: "Испытатель через посредника общается с невидимым для него собеседником – человеком или системой. Интеллектуальной может считаться та система, которую испытатель в процессе такого общения не может отличить от человека" [34] (рис. 5.4.3).

В качестве другого определения, достаточно точно отражающего характер второго подхода, может рассматриваться следующее: искусственный интеллект – это область исследований, в которой изучаются системы, строящие результирующий вывод для задач с неизвестным алгоритмом решения на основе неформализованной исходной информации, использующие технологии символьного программирования и средства вычислительной техники со специальной (не фон Неймановской) архитектурой [18, 34].



Рис. 5.4.3. Схема проведения теста Тьюринга

Наконец, наиболее цитируемым определением третьего типа является следующее: искусственный интеллект – это область знаний, которая находит применение при решении задач, связанных с обработкой информации на естественном языке, автоматизацией программирования, управлением роботами, машинным зрением, автоматическим доказательством теорем, разумными машинами извлечения информации и т. д. [34].

Можно рассмотреть и такое – в определенной степени обобщающее – определение: **искусственный интеллект** – научная дисциплина, задачей которой является разработка математических описаний функций человеческого (словесного) интеллекта с целью аппаратной, программной и технической реализации этих описаний средствами вычислительной техники [34].

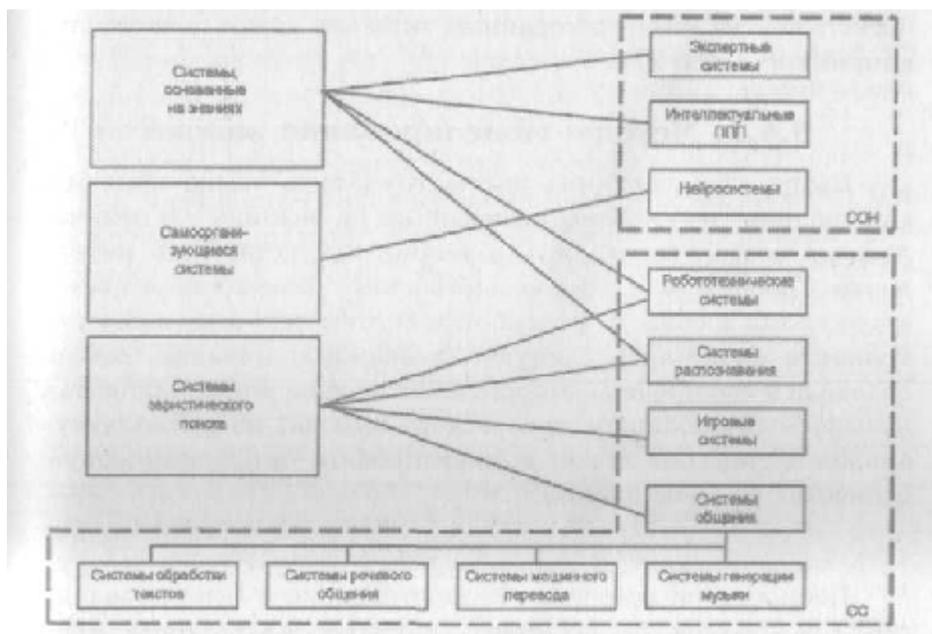
В заключение отметим, что в последние годы многие специалисты согласились, что дискуссия по вопросу об определении самого термина "искусственный интеллект" приобрела схоластический

характер, не дает конструктивных результатов теории и практике и может быть бесконечной. Поэтому вместо термина **искусственный интеллект** предлагается использовать другой – "новая информационная технология решения инженерных задач", что подчеркивает приоритетную роль поиска, анализа и синтеза информации в системах искусственного интеллекта.

### *Классификация систем искусственного интеллекта*

На рис. 5.4.4 представлена классификация систем искусственного интеллекта, полученная путем сопоставления и обобщения известных классификаций этих систем [20, 27, 34, 47, 55, 60, 61].

На рисунке обозначены: СОН – системы общего назначения; СС – специализированные системы.



**Рис. 5.4.4.** Классификация систем искусственного интеллекта

Наиболее широкое распространение на практике в настоящее время получили **системы искусственного интеллекта, основанные на знаниях**. Понятие "знания" для этих систем имеет принципиальное значение и будет более подробно рассмотрено в п. 5.4.2.

Наиболее последовательно идеи, на которых базируются системы искусственного интеллекта, основанные на знаниях, воплощены в экспертных системах, которые рассмотрены в п. 5.4.3.

В дальнейшем будем рассматривать именно системы основанные на знаниях, как получившие наибольшее практическое развитие и распространение в различных отраслях профессиональной деятельности, в том числе и в экономике, что обуславливает необходимость более подробного рассмотрения методов представления знаний в памяти ЭВМ. Информацию о самоорганизующихся системах и системах эвристического поиска заинтересованный читатель может почерпнуть, например, в [25, 57].

### **5.4.2. Методы моделирования знаний**

Выше уже частично рассматривались такие понятия, как "знания" и "системы, основанные на знаниях", и отмечалась их особая значимость в теории искусственного интеллекта. Сделаем еще одно весьма важное замечание: в настоящее время в области разработки систем искусственного интеллекта сложилась следующая аксиома: никакой, самый! сложный и изощренный алгоритм извлечения информации (так I называемый механизм логического вывода) из интеллектуальной системы не может компенсировать "информационную бедность" ее базы знаний.

#### *Знания и их свойства*

Несмотря на широкое распространение и использование понятия "знания" в различных научных

дисциплинах и на практике, строгого определения данного термина нет.

Довольно часто используют так называемый прагматический подход: говорят, что знания – это формализованная информация, на которую ссылаются и(или) которую используют в процессе логического вывода. Однако такое определение ограничено: оно фиксирует сознание на уже существующих методах представления о знаниях и, соответственно, механизмах вывода, не давая возможности представить себе другие ("новые").

Возможен и другой подход: попытаться на основе определения уже рассмотренного понятия "данные" (см. п. 5.4.1) выявить их свойства и особенности, сформировать дополнительные требования к ним и уже затем перейти к понятию "знания".

Напомним, что **данными** называют формализованную информацию, пригодную для последующей обработки, хранения и передачи средствами автоматизации профессиональной деятельности.

Какие же свойства "превращают" данные в знания? На рис. 5.4.5 представлены шесть основных свойств знаний (часть из них присуща и данным).

Кратко охарактеризуем эти свойства.

**1. Внутренняя интерпретация** (интерпретируемость). Это свойство предполагает, что в ЭВМ хранятся не только "собственно (сами) данные", но и "данные о данных", что позволяет содержательно их интерпретировать (см. рис. 5.4.6). Имея такую информацию, можно ответить на вопросы типа: "Где находится НПО "Энергия"?" или "Какие предприятия выпускают космическую технику?". При этом в первой строке таблицы на рис. 5.4.6 находятся "данные о данных" (метаданные), а в остальных – сами данные.

## 2. Наличие внутренней структуры связей.

Предполагается, что в качестве информационных единиц используются не отдельные данные, а их упорядоченные определенными отношениями (родовидовыми, причинно-следственными и др.) структуры (эти отношения называют классифицирующими). Пример: факультет – курс – учебная группа – студент).

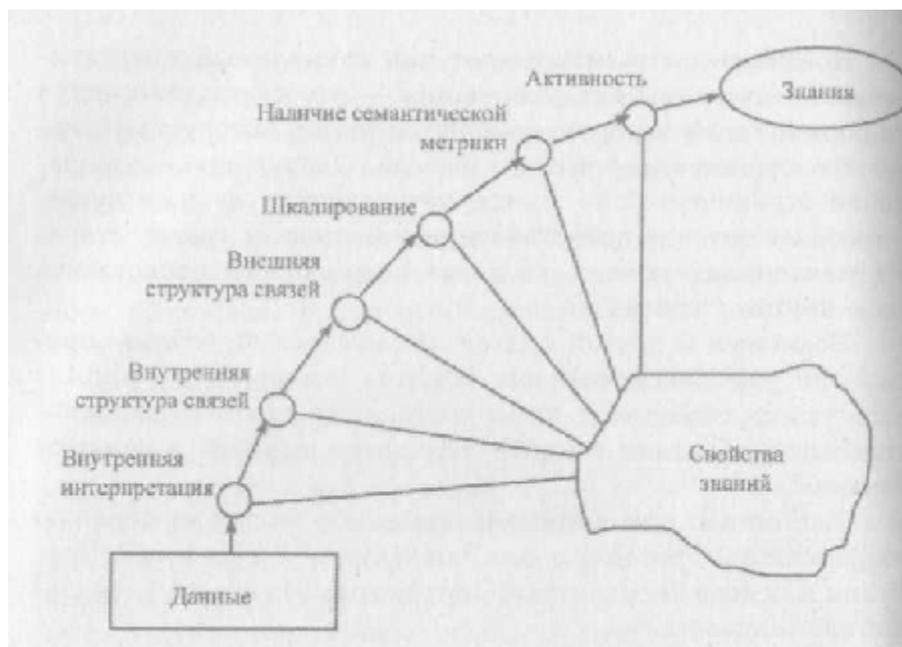


Рис. 5.4.5. Свойства знаний

Предприятие	Место нахождения	Что выпускает
Завод им. Хруничева	Москва	Космическую технику
НПО "Энергия"	Королев	Космическую технику
НПО "Комета"	Москва	Конструкторскую документацию

Рис. 5.4.6. Иллюстрация свойства внутренней интерпретации

## 3. Наличие внешней структуры связей.

Внутренняя структура связей позволяет описывать отдельный объект (понятие). Однако объекты

(понятия) способны находиться и в других отношениях (вступать в ситуативную связь). Пример: объекты "курс студентов Государственного университета управления" и "урожай овощей в совхозе "Зареченский" могут находиться в ситуативной связи "принимает участие в уборке".

#### 4. Возможность шкалирования.

Эта возможность предполагает введение соотношений между различными информационными единицами (т. е. их измерение в какой-либо шкале – порядковой, классификационной, метрической и т. п.) и упорядочение информационных единиц путем измерения интенсивности отношений и свойств.

Пример: "Студенты 543-й учебной группы сдали зимнюю сессию со средним баллом 4,35".

**5. Наличие семантической метрики.** Шкалирование позволяет соотнести информационные единицы, но прежде всего для понятий, имеющих "количественное" толкование (характеристики). На практике довольно часто встречаются понятия, к которым не применимы количественные шкалы, но существует потребность в установлении их близости (например, понятия "искусственный интеллект" и "искусственный разум"). Семантики классифицируются следующим образом:

- ◆ значение, т. е. объективное содержание;
- ◆ контекстуальный смысл, определяемый связями данного понятия с другими, соседствующими в данной ситуации;
- ◆ личностный смысл, т. е. объективное значение, отраженное через систему взглядов эксперта;
- ◆ прагматический смысл, определяемый текущим знанием о конкретной ситуации (например, фраза "информация получена" может иметь как негативную, так и позитивную оценку – в зависимости от того, нужно это было или нет) [18].

#### 6. Наличие активности.

Данное свойство принципиально отличает понятие "знания" от понятия "данные". Например, знания человека, как правило, активны, поскольку ему свойственна познавательная активность (обнаружение противоречий в знаниях становится побудительной причиной их преодоления и появления новых знаний, стимулом активности является неполнота знаний, что вызывает потребность их пополнения). В отличие от данных, знания позволяют выводить (получать) новые знания. Будучи активными, знания позволяют человеку решать не только типовые, но и принципиально новые, нетрадиционные задачи.

Кроме перечисленных, знаниям присущи такие свойства, как **омонимия** (слово "коса" может иметь три смысла, связанных с определениями: девичья; песчаная; острая) и синонимия (знания "преподаватель читает лекцию" и "обучаемые слушают лекцию" во многих случаях являются синонимами) и др.

### *Классификация методов представления знаний*

Для того чтобы манипулировать всевозможными знаниями из реального мира с помощью компьютера, необходимо осуществить их моделирование.

При проектировании модели представления знаний следует учесть два требования:

- ◆ однородность представления;
- ◆ простота понимания.

Выполнение этих требований позволяет упростить механизм логического вывода и процессы приобретения знаний и управления ими, однако, как правило, создателям интеллектуальной системы приходится идти на некоторый компромисс в стремлении обеспечить одинаковое понимание знаний и экспертами, и инженерами знаний, и пользователями.

Классификация методов моделирования знаний с точки зрения подхода к их представлению в ЭВМ показана на рис. 5.4.7.

Дадим краткую характеристику основных методов представления знаний с помощью моделей, основанных на эвристическом подходе (описание других моделей см. [4; 33]).

Представление знаний тройкой **объект–атрибут – значение** – один из первых методов моделирования знаний. Как правило, используется для представления фактических знаний в простейших системах.

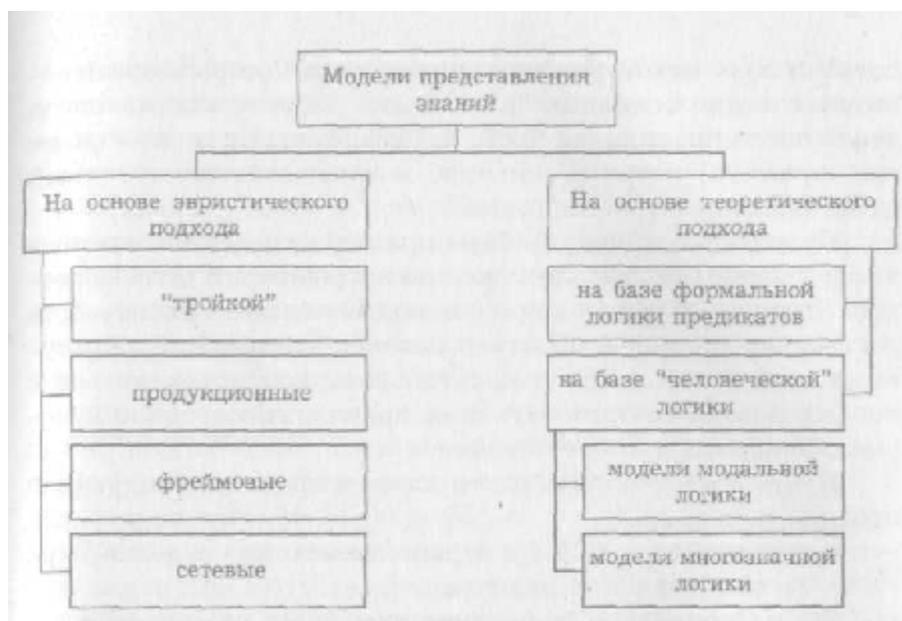


Рис. 5.4.7. Классификация моделей представления знаний Примеры:

**Примеры:**

Объект	Атрибут	Значение
Преподаватель	Ученое звание	Доцент
Дом	Цвет	Белый
Пациент	Температура	Нормальная

Очевидно, что для моделирования знаний даже об одном объекте (например, о "преподавателе" или "доме") из предметной области необходимо хранить значительное число "троек".

**Продукционная модель** (модель правил; модель продукции – от англ. *production* – изготовление, разработка). В настоящее время наиболее проработанная и распространенная модель представления знаний, особенно в экспертных системах.

Модель предусматривает разработку системы продукционных правил (правил продукции), имеющих вид:

ЕСЛИ  $A_1$  и  $A_2$  и ...  $A_n$ , ТО  $B_1$  или  $B_2$  или ... или  $B_m$ .

где  $A_i$  и  $B_i$  – некоторые высказывания, к которым применены логические операции "и" и "или". Если высказывание в левой части правила (ее часто называют антецедент – условие, причина) истинно, истинно и высказывание в правой части (консеквент – следствие).

Полнота базы знаний (базы правил) определяет возможности системы по удовлетворению потребностей пользователей. Логический вывод в продукционных системах основан на построении прямой и обратной цепочек заключений, образуемых в результате последовательного просмотра левых и правых частей соответствующих правил, вплоть до получения окончательного заключения.

Пусть в некоторой области памяти хранятся следующие правила (суждения):

- ♦ правило 1 – ЕСЛИ в стране происходит падение курса национальной валюты, ТО материальное положение населения ухудшается;
- ♦ правило 2 – ЕСЛИ объемы производства в стране падают, ТО курс национальной валюты снижается;
- ♦ правило 3 – ЕСЛИ материальное положение населения ухудшается, ТО уровень смертности в стране возрастает.

Если на вход системы поступит новый факт "В стране высокий уровень падения объемов производства", то из правил можно построить цепочку рассуждений и сформулировать два заключения:

факт 1 – правило 2 – правило 1 – заключение 1 – правило 3 – заключение 2, где заключение 1 (промежуточный вывод) – "Материальное положение населения ухудшается"; заключение 2 (окончательный вывод) – "В стране возрастает уровень смертности".

Отметим, что в современных экспертных системах в базе знаний могут храниться тысячи правил, а коммерческая стоимость одного невыводимого (нового, дополнительного) правила весьма высока.

Главными достоинствами продукционных систем являются простота пополнения и изъятия правил;

простота реализации механизма логического вывода и наглядность объяснений результатов работы системы.

Основной недостаток подобных систем – трудность обеспечения непротиворечивости правил при их большом числе, что требует создания специальных правил (так называемых метаправил) разрешения возникающих в ходе логического вывода противоречий. Кроме того, время формирования итогового заключения может быть достаточно большим.

**Фреймовая модель.** Сравнительно новая модель представления знаний. Само понятие "фрейм" (англ. *frame* – рама, рамка, скелет, сгусток, сруб и т. д.) было введено в 1975 г. Марком Мински (M. Minsky, США).

*Фрейм* – это минимальная структура информации, необходимая для представления знаний о стереотипных классах объектов, явлений, ситуаций, процессов и др. С помощью фреймов можно моделировать знания о самых разнообразных объектах интересующей исследователя предметной области – важно лишь, чтобы эти объекты составляли класс концептуальных (повторяющихся, стереотипных) объектов, процессов и т. п. Примерами стереотипных служебных ситуаций могут служить: совещание, собрание, сдача экзамена, защита курсовой работы и др. Примеры стереотипных бытовых ситуаций: отъезд в отпуск, встреча гостей, выбор телевизора, ремонт и др. Примеры стереотипных понятий: алгоритм, действие, методика и др. На рис. 5.4.8 представлен фрейм технологической операции "соединять" [18].

Данный фрейм описывает ситуацию: "Субъект  $X$  соединяет объект  $Y$  с объектом  $Z$  способом  $W$ ". На рисунке обозначены:

- ♦ вершины  $X, Y, Z, W$  – слоты (англ. *slot* – прорез, щель, пустота – составляющие фрейма);
- ♦ дуги – отношения;
- ♦  $D_x, D_y, D_z, D_w$  – так называемые шанции – области возможных значений соответствующих слотов.

Наполняя слоты конкретным содержанием, можно получить фрейм конкретной ситуации, например: "Радиомонтажник соединяет микросхему с конденсатором способом пайки". Заполнение слотов шанциями называют активизацией фрейма.

С помощью фреймов можно моделировать как процедурные, так и декларативные знания. На рис. 5.4.8 представлен пример представления процедурных знаний.

На рис. 5.4.9 приведен пример фрейма "технологическая операция", иллюстрирующий представление декларативных знаний для решения задачи проектирования технологического процесса.

Значения слотов могут содержать ссылки на так называемые присоединенные процедуры.

Фреймы позволяют использовать многие свойства знаний и достаточно широко употребляются. Их достоинства и недостатки схожи с достоинствами и недостатками семантических сетей, которые будут рассмотрены ниже.

**Модель семантической сети** (модель Куилиана). Семантическая сеть – это направленный граф с поименованными вершинами и дугами, причем узлы обозначают конкретные объекты, а дуги – отношения между ними [18]. Как следует из определения, данная модель представления знаний является более общей по отношению к фреймовой модели (иными словами, фреймовая модель – частный случай семантической сети). Семантическую сеть можно построить для любой предметной области и для самых разнообразных объектов и отношений.

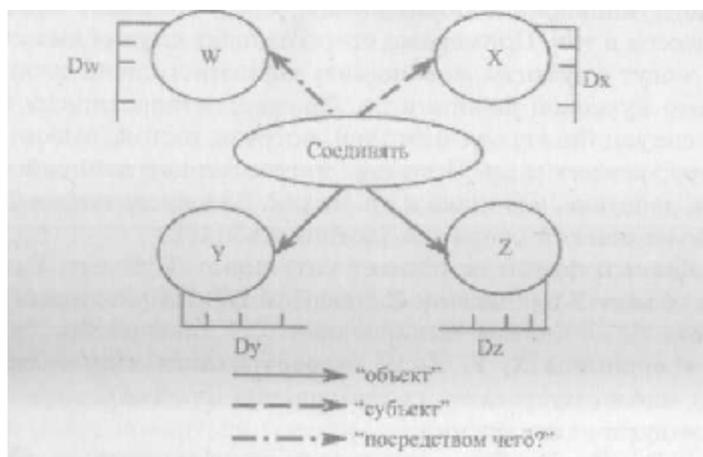


Рис. 5.4.8. Фрейм ситуации "соединять"

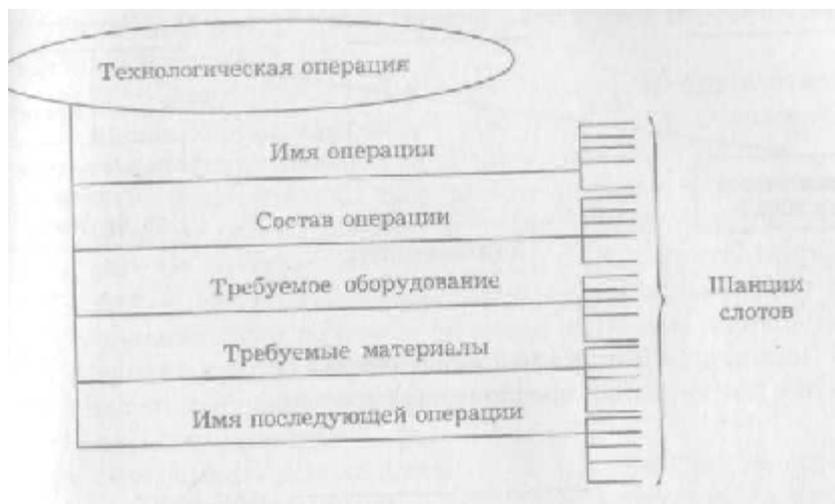


Рис. 5.4.9. Фрейм понятия "технологическая операция"

На рис. 5.4.10 представлена семантическая сеть для предложения (ситуации): "Студент Табуреткин добросовестно изучает новый план счетов перед сдачей экзамена по дисциплине "Бухгалтерский учет".

Рис. 5.4.11 содержит фрагмент семантической сети для понятия "автомобиль" (обозначения: IS-A – есть, является; HAS-PART – имеет часть). Из приведенных примеров понятно, почему многие специалисты по искусственному интеллекту считают фрейм частным случаем семантической сети со строго структурированными знаниями. Основное достоинство методов моделирования знаний с помощью семантических сетей и фреймов – универсальность, удобство представления как декларативных, так и процедуральных знаний. Имеют место и два недостатка:

- ◆ громоздкость, сложность построения и изменения;
- ◆ потребность в разнообразных процедурах обработки, связанная с разнообразием типов дуг и вершин.

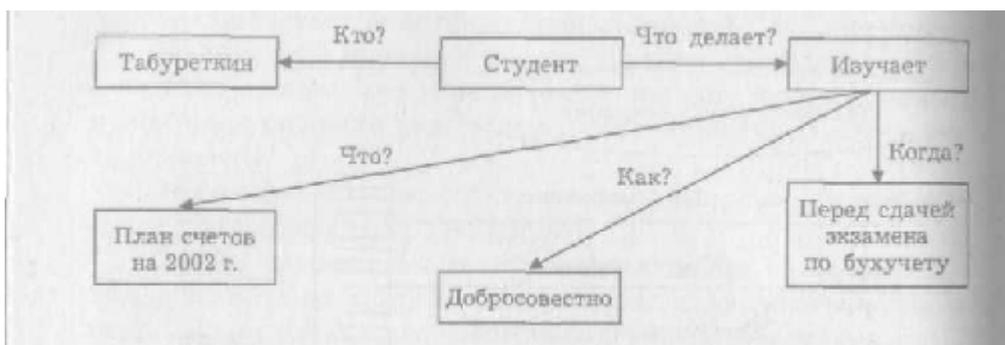


Рис. 5.4.10. Семантическая сеть для предложения (ситуации)



Рис. 5.4.11. Фрагмент семантической сети понятия "автомобиль"

### 5.4.3. Организационные основы разработки и применения экспертных систем

#### *Структура и назначение экспертных систем*

В настоящее время среди всех систем искусственного интеллекта (ИИ) наибольшее распространение (по некоторым оценкам до 90%) получили экспертные системы (ЭС) различных типов.

Огромный интерес к ЭС обусловлен тремя основными обстоятельствами [47]:

- ◆ ЭС ориентированы на решение широкого круга задач в ранее неформализуемых областях, которые считались малодоступными для использования ЭВМ;

- ◆ ЭС предназначены для решения задач в диалоговом режиме со специалистами (конечными пользователями), от которых не требуется знания программирования – это резко расширяет сферу использования вычислительной техники, которая в данном случае выступает как инструмент подкрепления (поддержки) памяти специалиста и усиления его способностей к логическому выводу;

- ◆ специалист, использующий ЭС для решения своих задач, может достигать, а иногда и превосходить по результатам возможности экспертов в данной области знаний, что позволяет резко повысить квалификацию рядовых специалистов за счет аккумуляции знаний в ЭС, в том числе знаний экспертов высшей квалификации.

Свое название ЭС получили по двум причинам:

- ◆ информацию (знания) для них поставляют эксперты;

- ◆ ЭС выдает решения, аналогичные тем, которые формулируют эксперты.

Понятие "эксперт" заслуживает отдельного обсуждения.

По Д. Уотермену, **эксперт** (англ. *domain expert* – знаток, специалист в области, сфере деятельности) – человек, который за годы обучения и практики научился чрезвычайно эффективно решать задачи, относящиеся к конкретной предметной области [56]. Главным в этом определении является требование к эксперту, которое предъявляется и к ЭС: эффективность решения конкретных задач из узкой предметной области.

В соответствии с определением П. Джонса [56] "эксперт – это человек, который благодаря обучению и опыту может делать то, что мы все, остальные люди, делать не умеем; эксперты работают не просто профессионально, но к тому же уверенно и эффективно. Эксперты обладают огромными познаниями и пользуются различными приемами и уловками для применения своих знаний к проблемам и заданиям; они также умеют быстро перевернуть массу несущественной информации, чтобы добраться до главного, и хорошо умеют распознавать в ситуациях, с которыми сталкиваются, примеры тех типовых проблем, с которыми они уже знакомы. В основе поведения экспертов лежит совокупность практически применимых знаний, которую мы будем называть компетентностью. Поэтому разумно предположить, что эксперты – это те люди, к которым надо обратиться, когда мы желаем проявить компетентность, делающую возможным такое поведение, как у них".

Отметим, что в обоих определениях подчеркиваются источники знаний экспертов – обучение и практика (опыт).

Таким образом, можно дать следующее определение: под ЭС понимается программная система, выполняющая действия, аналогичные тем, которые выполняет эксперт в некоторой прикладной предметной области, делая определенные заключения в ходе выдачи советов и консультаций.

Каково же назначение ЭС? В табл. 5.4.1 приведены основные области их применения (в порядке уменьшения числа ЭС, используемых в данной области) [47].

Структура типовой ЭС представлена на рис. 5.4.12.

На рисунке обозначены: СОЗ – система, основанная на знаниях; ЛП – лингвистический процессор; РП (БД) – рабочая память (база данных); БЗн – база знаний; МЛВ – механизм (машина) логического вывода; КПЗн – компонент приобретения знаний; КОБ – компонент объяснений.

*Таблица 5.4.1*

#### **Основные области применения ЭС**

№ п/п	Область применения ЭС
1	Проектирование экспертных систем
2	Медицинский диагноз и консультации по лечению
3	Консультации и оказание помощи пользователю по решению задач в различных предметных областях
4	Автоматическое программирование, проверка и анализ программного обеспечения
5	Проектирование сверхбольших интегральных схем. Обучение в различных предметных областях
6	Техническая диагностика и выработка рекомендаций по ремонту оборудования
7	Планирование в различных предметных областях. Анализ данных в различных предметных областях (в том числе и статистический). Интерпретация геологических данных и разработка рекомендаций по обнаружению полезных ископаемых
8	Интерпретация данных и планирование эксперимента в ходе научных исследований в области биологии. Решение задач, связанных с космическими исследованиями
9	Обеспечение научных исследований в химии, разработка рекомендаций по синтезу соединений
10	Управление проектированием, технологическими процессами и промышленным производством. Анализ и синтез электронных схем. Формирование математических понятий, преобразование математических выражений
11	Анализ рисков в политике и экономике

Дадим краткую характеристику структурных элементов ЭС.

СОЗ представляет собой программную систему, состоящую из трех элементов: БЗн, МЛВ и РП (БД).

БЗн – часть ЭС (СОЗ), предназначенная для генерации и поддержания динамической модели знаний о предметной области (в качестве возможных моделей знаний могут использоваться рассмотренные выше – в п. 5.4.2 – производственные, сетевые или фреймвые модели).

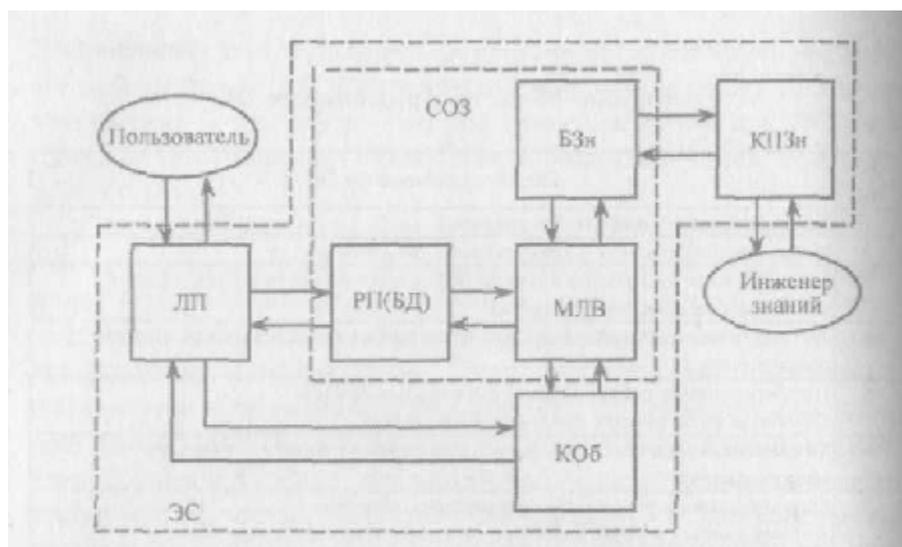


Рис. 5.4.12. Структура экспертной системы

МЛВ – часть ЭС (СОЗ), реализующая анализ поступающей в ЭС и имеющейся в ней информации и формирование (вывод) на ее основе новых заключений (суждений) в ответ на запрос к системе.

РП (БД) – часть ЭС (СОЗ), предназначенная для информационного обеспечения работы МЛВ, прежде всего в части хранения и обработки поступивших (новых) фактов (суждений) и промежуточных результатов логического вывода.

Лингвистический процессор предназначен для обеспечения комфортного интерфейса между конечным пользователем и ЭС. В нем реализуются процедуры морфологического, синтаксического и семантического контроля поступающих в систему запросов и приведение их к виду, "понятному" ЭВМ.

При выдаче ответной информации осуществляется обратная операция – заключение "переводится" на ограниченный естественный язык, понятный конечному пользователю. Отметим, что в первых ЭС ЛП отсутствовал, так как общение с машиной осуществлялось на (строго) формальном языке. В дальнейшем (особенно при переходе к ЭВМ пятого поколения) значимость ЛП в составе ЭС будет возрастать.

Компонент приобретения знаний предназначен для обеспечения работы инженера знаний по созданию и поддержанию модели знаний, адекватной реальной предметной области (генерации БЗн, ее тестирования, пополнения новыми знаниями, исключения неверных (ставших таковыми) знаний и т. п.).

Наличие КОБ, обеспечивающего по запросу пользователя выдачу информации о ходе и исходе логического вывода, принципиально отличает ЭС от всех других программных систем. Дело в том, что в большинстве случаев конечному пользователю недостаточно сообщить лишь конечное заключение ЭС, которое он должен (может) использовать в своей профессиональной деятельности. Гораздо большее доверие вызывает у него конечный вывод, подтвержденный понятными промежуточными рассуждениями. Кроме того, с помощью КОБ можно организовать процесс обучения конечных пользователей работе с ЭС. В обучающих ЭС КОБ играет еще более важную роль, как и в СППР.

Важным классом СОЗ является класс интеллектуальных пакетов прикладных программ (ППП). Структура такого пакета приведена на рис. 5.4.13.

Интеллектуальные ППП дают возможность конечному пользователю решать прикладные задачи по их описаниям и исходным данным без программирования – генерация ("сборка") программы "под задачу" осуществляется автоматически механизмом логического вывода. БЗн в интеллектуальном ППП может строиться по любому из известных эвристических методов (часто используются семантические сети и фреймы), лишь бы настраиваемая МЛВ программа была эффективна для решения поставленной задачи. Интеллектуальный ППП является яркой иллюстрацией тезиса о том, что в перспективе все формы поддержки решений (в частности – вычислительная) станут, в большей или меньшей степени, интеллектуальными.

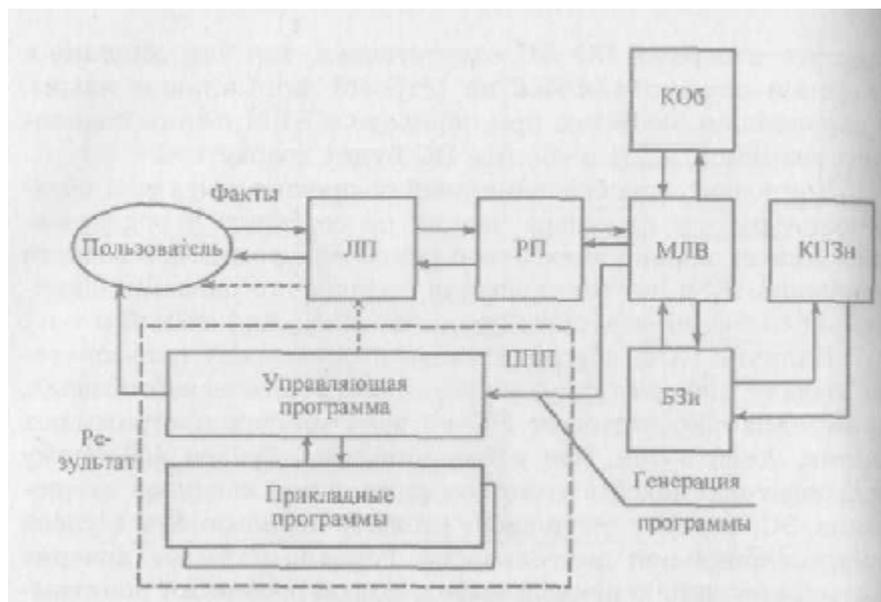


Рис. 5.4.13. Структура интеллектуального пакета прикладных программ

#### *Классификация, средства и этапы разработки экспертных систем*

Существует множество признаков, по которым можно (весьма условно) классифицировать ЭС [65]. По степени сложности различают поверхностные и глубинные ЭС, по степени связанности правил продукционные ЭС делят на связные и малосвязные, по типу предметной области выделяют статические, динамические ЭС и ЭС реального времени и т. п. Процесс создания ЭС занимает немало времени, поэтому определенный интерес представляет классификация ЭС по стадиям разработки, изображенная применительно к продукционным ЭС на рис. 5.4.14 (заметим, что аналогичные стадии в своем жизненном цикле имеют практически все достаточно сложные программные системы).

Масштабы разработки ЭС предопределили создание специальных инструментальных (аппаратных и

программных) средств, систематизированное представление о которых составляет содержание рис. 5.4.15.

Следует отметить, что первоначально разработка ЭС осуществлялась на традиционных алгоритмических языках программирования с реализацией на универсальных ЭВМ.

По стадиям разработки	База знаний содержит:
Демонстрационный прототип	10—200 правил;
Исследовательский прототип	200—500 правил;
Действующий прототип	500—1000 правил;
Промышленный образец	1000—1500 правил;
Коммерческий образец	1500—3000 правил.

Рис. 5.4.14. Классификация экспертных систем по стадиям разработки

В дальнейшем были созданы как специализированные аппаратные и программные средства, так и средства автоматизации программирования. Появились и оболочки ЭС, которые по замыслу авторов должны были существенно упростить (и удешевить) разработку систем. Однако в полной мере эти надежды не оправдались (а как показало дальнейшее развитие прикладных программных средств не только в области искусственного интеллекта, и не могли оправдаться). Это связано с принципиальной сложностью использования конкретной ЭС (даже весьма эффективной в своей предметной области) для решения совершенно других задач, а именно таким путем создавались первые оболочки ЭС. Еще более проблематичными представляются попытки создания так называемых универсальных оболочек, пригодных для применения "во всех" предметных областях.

При создании ЭС наибольшую трудность представляет разработка совершенной базы знаний, т. е. моделирование знаний экспертов о некоторой предметной области. Разработка любой модели – в том числе и модели знаний – представляет собой полностью неформализуемый процесс, содержащий элементы творчества и строго формальных действий.

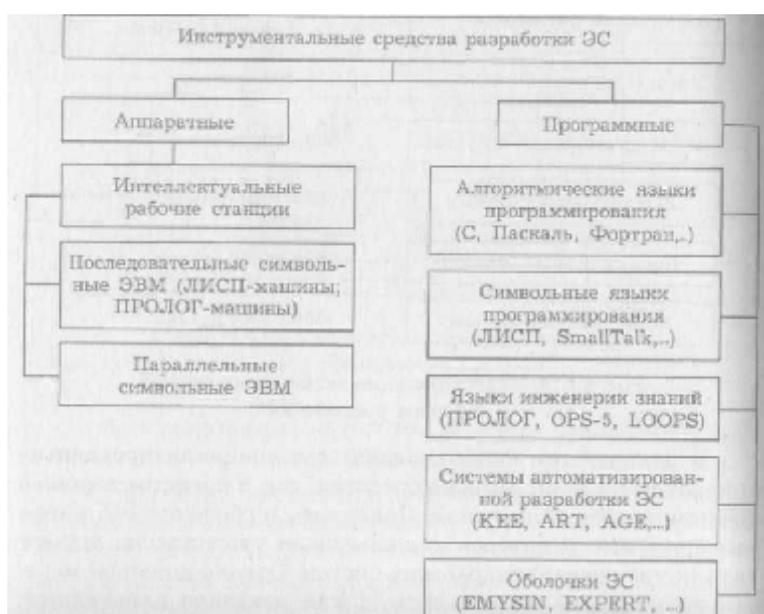


Рис. 5.4.15. Инструментальные средства разработки экспертных систем

Разработка ЭС включает несколько этапов [56], основное содержание которых применительно к производственным системам отражено на рис. 5.4.16.

Процедуры уточнения, перепроектирования и переформулирования не являются обязательными, характерны для разработки достаточно сложных ЭС и, как правило, предполагают проведение нескольких итераций. Отметим, что перечисленные этапы работ (идентификация – концептуализация – формализация – реализация – тестирование), как и стадии разработки, являются обязательными при создании любой программной системы.

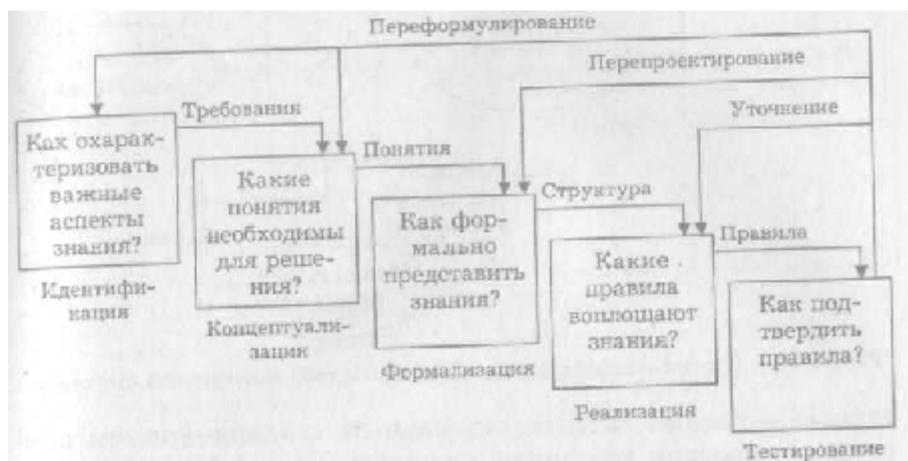


Рис. 5.4.16. Этапы разработки экспертной системы

Очевидно, что разработка ЭС является коллективным трудом, в котором принимают участие различные специалисты. Центральное место в схеме взаимодействия участников создания ЭС занимает инженер знаний (англ. *knowledge engineer*). Именно он организует все важнейшие работы и осуществляет их координацию. Ему принадлежит право выбора типовых или – при необходимости и наличии соответствующих ресурсов – заказа новых инструментальных средств разработки ЭС. Он работает с предметными экспертами, генерирует, тестирует, уточняет и пополняет базу знаний и т. д. Направления взаимодействия создателей ЭС (этот процесс иногда называют игрой [56]) представлены на рис. 5.4.17.

Как явствует из вышеизложенного, разработка ЭС – сложный, дорогостоящий и длительный процесс. Последнее обстоятельство иллюстрируется рис. 5.4.18, на котором приведены условные затраты времени на создание систем для решения проблем различной сложности [56].

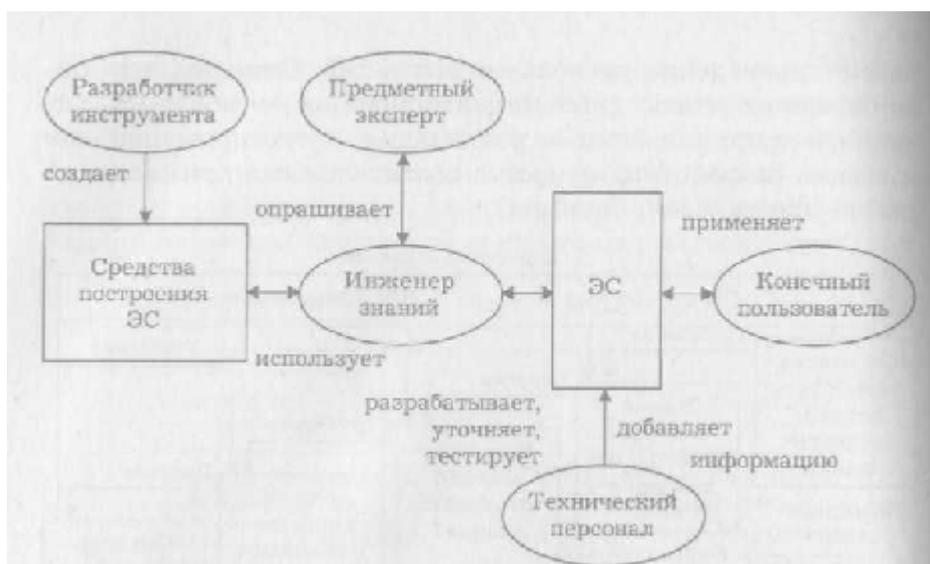


Рис. 5.4.17. Схема взаимодействия создателей экспертной системы

Существует ряд подходов к оценке того, когда же разработка ЭС является рациональной [43, 47, 56]. На наш взгляд, наиболее конструктивен подход Д. Уотермена, который основан на проверке возможности, оправданности и разумности построения системы.

При этом предлагается считать, что разработка ЭС возможна при совместном выполнении следующих основных условий:

- ♦ задача не требует общедоступных знаний;
- ♦ решение задачи требует только интеллектуальных действий;
- ♦ существуют подлинные (компетентные) эксперты;
- ♦ эксперты способны описать свои методы (приемы, уловки и т. п.) решения задачи;
- ♦ эксперты единодушны в своих решениях (или, по крайней мере, их мнения "хорошо" согласованы);
- ♦ задача понятна и "не слишком" трудна.

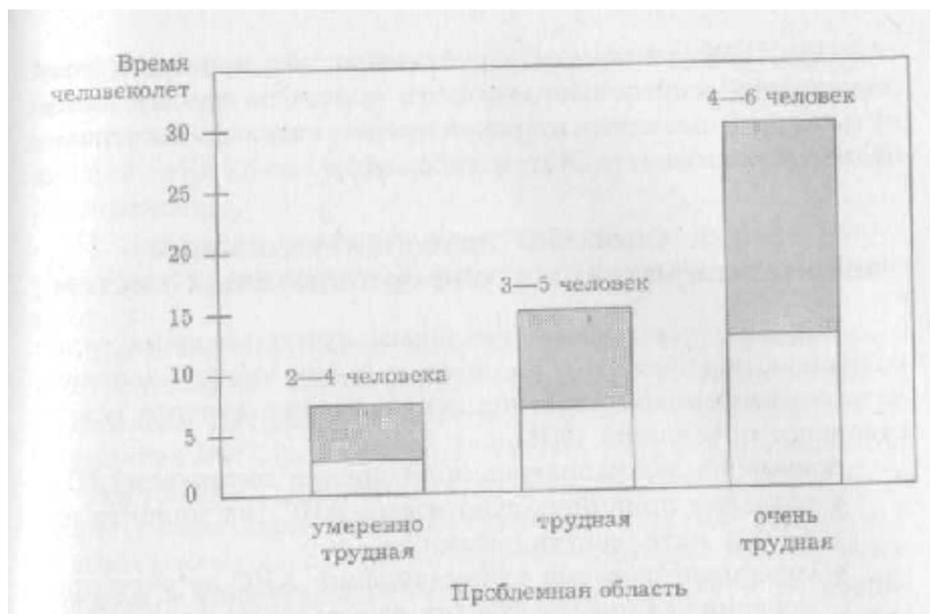


Рис. 5.4.18. Затраты времени на создание экспертной системы

Разработка ЭС оправдана, если выполняется хотя бы одно из следующих основных условий:

- ♦ получение решения задачи высокорентабельно;
- ♦ человеческий опыт решения задачи по различным причинам утрачивается;
- ♦ число экспертов в рассматриваемой предметной области мало;
- ♦ опыт решения задачи востребован во многих местах;
- ♦ опыт нужно применять во враждебных человеку условиях.

Наконец, разработка ЭС разумна, если совместно выполняются следующие основные условия:

- ♦ задача требует эвристических решений;
- ♦ задача требует оперирования символами;
- ♦ задача "не слишком" проста;
- ♦ задача представляет практический интерес;
- ♦ задача имеет размерность, допускающую реализацию.

При всей условности и субъективности проверки наличия перечисленных обстоятельств можно по-новому взглянуть на причины столь широкой представительности перечня областей применения ЭС (см. табл. 5.4.1).

#### 5.4.4. Способы интеллектуализации автоматизированных информационных систем

Как уже отмечалось, реальным путем решения задач совершенствования АИС различного (в том числе и экономического) назначения является использование методов искусственного интеллекта (ИИ).

Возможны два направления внедрения достижений ИИ:

- ♦ создание принципиально новых АИС (их принято называть интеллектуальными);
- ♦ совершенствование существующих АИС за счет применения технологий ИИ (их называют интеллектуализированными).

Под **интеллектуализацией АИС** понимают процесс разработки и программной реализации моделей и алгоритмов ИИ с целью применения опыта пользователей, формализации различных постановок практических задач, взаимодействия с ЭВМ на естественном языке и др.

Иными словами, интеллектуализация – процесс внедрения в АИС идей ИИ с целью повышения эффективности этих систем.

Известны два основных способа интеллектуализации АИС [18]:

- ♦ внешняя (универсальная и специализированная) интеллектуализация;
- ♦ внутренняя (локализованная и распределенная) интеллектуализация.

**Внешняя универсальная интеллектуализация** предусматривает подключение к традиционной АИС инструментальной системы искусственного интеллекта (ИСИИ), настроенной на соответствующую предметную область (принятие решений, проектирование, обучение и т. п.). В качестве ИСИИ используют уже существующие оболочки экспертных, обучающих, моделирующих, диалоговых и других систем. Исторически данный способ был первым и получил довольно широкое распространение.

Совершенно очевидны достоинства этого способа: высокая скорость разработки и сравнительно малые финансовые затраты.

**Внешняя специализированная интеллектуализация** осуществляется за счет разработки и использования специализированных программных систем (приставок), работающих на принципах ИИ. Как правило, основные усилия направляются на улучшение сервисных характеристик АИС, особенно в плане реализации интеллектуального диалога системы с пользователем на предметно-ориентированном языке, более близком к естественному, чем традиционные, т. е. на создание интеллектуального интерфейса. Способ весьма близок "по идеологии" с уже рассмотренным, поэтому их достоинства (с некоторыми коррективами) практически совпадают. На рис. 5.4.19 представлена графическая иллюстрация способов внешней интеллектуализации.

Способам внешней интеллектуализации присущ один, но существенный недостаток – они направлены на приспособление (в большей или меньшей мере) традиционных АИС к новым задачам и потому принципиально не могут полностью (наилучшим образом) обеспечить их решение.

Внутренняя интеллектуализация свободна от этого недостатка, поскольку осуществляется с помощью встроенных в АИС методов и алгоритмов ИИ. Данный способ предполагает глубинные изменения в самой идеологии построения той или иной системы и приводит к созданию полномасштабных интеллектуальных АИС – систем интеллектуальной поддержки принятия решений, интеллектуальных информационно-справочных систем (баз данных), интеллектуальных САПР, интеллектуальных обучающих систем и др.

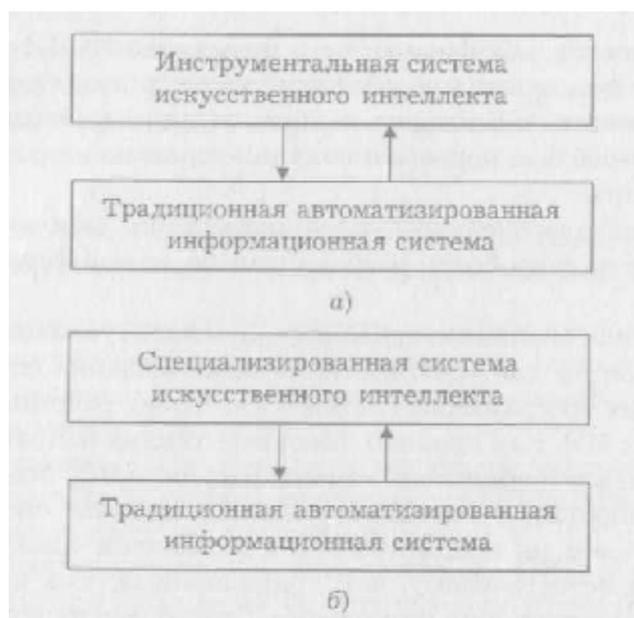


Рис. 5.4.19. Внешняя интеллектуализация: а) универсальная; б) специализированная

Различают **внутреннюю локализованную интеллектуализацию**, когда в разрабатываемой АИС наряду с традиционными можно выделить так называемые типовые интеллектуальные блоки (см. рис. 5.4.20), и **внутреннюю распределенную интеллектуализацию**, предусматривающую применение интеллектуальных вычислительных и логических процедур практически во всех блоках.

Понятно, что реализация способа внутренней интеллектуализации дорогостояща, она требует от

разработчиков исключительно высокой квалификации в различных предметных областях и длительного времени создания системы.

Важно отметить, что современные интеллектуальные системы выполняют не только основные (целевые) функции, но и все большее число дополнительных, ранее либо вообще не предусматриваемых, либо выполняемых другими системами. Так, например, практически все интеллектуальные АИС содержат подсистемы обучения работы с ними, интеллектуальной поддержки работы пользователя по основному назначению системы, интеллектуальной многоуровневой помощи, модификации базы знаний и т. п.

В заключение следует еще раз отметить, что на современном этапе развития общества магистральным путем автоматизации профессиональной (в том числе управленческой) деятельности является ее интеллектуализация, проводимая одним из рассмотренных способов. Следует ожидать, что в будущем каждая АИС станет в полном смысле средством интеллектуальной поддержки деятельности конкретного должностного лица, и без применения таких средств представить технологию разработки решений в любой сфере человеческой деятельности будет невозможно.

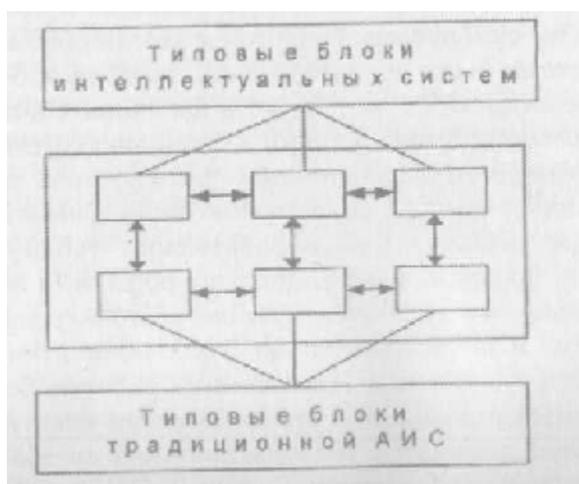


Рис. 5.4.20. Внутренняя локализованная интеллектуализация

## 5.5. Анализ зарубежного опыта применения современных информационных технологий при создании систем поддержки принятия решений

### 5.5.1. Этапы развития современных информационных технологий

Системы поддержки принятия решений ориентированы на руководство и поставляют важную для управления информацию. Системы интенсивно используют информационные технологии и обеспечивают быструю и эффективную обратную связь в процессах управления.

Как таковые СППР начали создаваться в 60-х гг. XX в. и работали на суперкомпьютерах тех лет (*mainframe*). Каждая такая система была исключительна, требовала больших трудовых и стоимостных затрат, но в конечном счете работала в многопользовательском режиме и была многофункциональной.

С появлением персональных компьютеров для консолидации данных начали повсеместно использоваться широкоформатные таблицы. Они обрабатывают табличные данные (например, проводят вычисления по формулам или вычисляют итоговые), но являются прежде всего *персональным* инструментом и не предназначены для коллективной работы, совершения сложных вычислений, обработки больших массивов данных, проведения аналитических исследований.

Наконец, появились *информационные системы руководства* (*Executive Information Systems*). Они выполняют определенный набор функций: представляют агрегированные данные в различных формах (таблицы, графики, карты), получают разнообразную отчетность, позволяют просматривать результаты в режиме реального времени. Системы работают по технологии клиент-сервер и могут быть очень быстро реализованы практически без написания кода. Системы ограничены в функциональности и не решают более трудные задачи, связанные, например, с составлением сложных запросов или обнаружением новых зависимостей в данных [68].

Современным триумфом в области поддержки принятия решений являются системы делового

интеллекта (*Business Intelligence Systems*). Появление систем такого рода связано с последними достижениями научно-технической мысли, когда стало возможным быстро создавать промышленные аналитические системы корпоративного масштаба с расчетом на неограниченное наращивание ресурсов и функциональности. Системы завоевывают мир, и в начале третьего тысячелетия до 30% всех применяемых автоматизированных систем будут СППР.

Информационная структура *крупной организации*, как правило, разнородна и включает в себя богатый набор оборудования и сетей, операционных систем и протоколов взаимодействия, распределенных прикладных систем и локальных задач, старых и новых технологий.

**Новый корпоративный ресурс – "данные"**. *Прикладные системы* создаются соответственно требованиям той или иной области человеческой деятельности. Они должны работать с понятиями конкретной предметной области, иметь специальные для предметной области свойства и функциональность, поддерживать конкретные деловые процессы и помогать решать конкретные деловые задачи. Каждая подобная система "настроена" для работы только в определенной прикладной области и часто только для решения какой-либо частной деловой задачи в этой области (например, бухучет для страховой компании).

В процессе эксплуатации прикладная система накапливает данные о деловой области, для которой она была спроектирована. Эти данные вводятся в систему конечными пользователями и, в зависимости от применяемой технологии, хранятся в том или ином электронном формате (файлах реляционных или нереляционных баз данных или в таблицах, текстовых файлах и др.). С течением времени объем данных растет, формируются временные ряды данных. Так возникает новый ресурс – "данные", появление которого целиком обязано внедрению информационных технологий. Это ресурс, корпоративного уровня. Он особенно ценен тем, что отражает текущее состояние работ многих направлений, находится в стадии постоянного накопления, непосредственно годен для дальнейшей обработки и, в принципе, бесконечно тиражируем и возобновляем. Чем разнообразнее данные, создаваемые в организации, тем более полную картину ее деятельности представляют, тем на большее число вопросов они потенциально могут ответить.

Новый ресурс открывает новые возможности использования старых инвестиций. Теперь ценность прикладной системы уже не ограничена тем, что она позволяет ускорить ввод и передачу информации, оптимизировать деловые процессы, поддержать новую технологию работы. Система спонсор может предложить людям некоторую *дополнительную* возможность, которая могла изначально не планироваться, а предоставлять на основе накопленных данных информацию о состоянии дел в предметной области и качестве работы персонала. Другими словами, в то время как персонал оперативно вводит данные, они могут быть использованы в том же оперативном режиме для поддержки принятия решений, в частности для предоставления отчетности и проведения аналитических исследований.

**Особенности информационной среды на корпоративном уровне.** В крупной организации разные виды деятельности имеют разную информационную поддержку. Персонал организации может одновременно работать с разными прикладными системами и настольными программами, а отдельные! структурные подразделения могут иметь несколько прикладных систем или быть охваченными одной системой или вообще не иметь масштабной автоматизации своей работы.

Данные в разных подразделениях могут дублировать друг друга, храниться в разных форматах, данные могут дополнять друг друга в какой-то прикладной области и при этом одновременно быть недоступными специалистам и т. п. В результате корпорация (например, при составлении отчетов, получении ответов на сложные запросы и др.) постоянно сталкивается с невозможностью в полной мере использования этого ресурса.

В результате обычной картиной является следующее:

- ◆ корпоративные данные рассредоточены по разным местам ("острова информации");
- ◆ данные об одном и том же предметном *объекте* (например, об организациях или о персональных данных) могут иметь разное представление в разных структурных подразделениях и не соответствовать друг другу;
- ◆ генерация отчетов производится в разных местах, для каждой прикладной системы независимо от другой, строго по predetermined шаблонам;
- ◆ затруднено быстрое получение информации по нестандартному запросу, особенно при работе нескольких подразделений;
- ◆ получение интегральной и аналитической отчетности о деятельности всей организации

представляет собой нетривиальную задачу;

♦ трудноосуществим процесс сбора информации о деятельности организации в режиме реального времени.

Как следствие, критичная для дела информация, пока еще скрытая в распределенных по организации данных, не достигает управленческого штата, и последний сталкивается с серьезными проблемами по своевременной консолидации всего многообразия отчетов из всех подразделений.

**Прикладные системы нового класса.** Объективное развитие ситуации приводит к тому, что высший управленческий состав становится заинтересованным в переработке массы разнообразных данных в информацию, корректно освещающую состояние дел в организации с разных точек зрения, и в ее оперативном получении "в нужном месте в нужное время" [69].

Инструментом достижения этих целей являются высокоспециализированные автоматизированные системы, спроектированные исключительно для работы с данными и для получения из них информации для *поддержки принятия решений*. Системы имеют прикладной характер, но отличаются от транзакционных прикладных тем, что предназначены для работы в среде уже накопленных данных и в этом смысле они "вторичны".

Автоматизированные системы, специально созданные для получения реальных выгод от накопленных другими системами данных и умеющие перерабатывать их в ценную для руководства информацию, получили название систем поддержки принятия решений (*Decision Support Systems – DSS*). На рис. 5.5.1 представлена технология функционирования таких систем.

На вход системы с определенной периодичностью "закачивают" новые данные организации. Система отбирает их представительную часть, создает производные данные, сохраняет в собственной базе (технология *Data Warehouse*) и, проводя то или иное агрегирование, производит значимую информацию (технология *корпоративной отчетности*, технология "*гиперкубов*" *OLAP*). Последняя в виде отчетов, графиков, навигации по многомерным базам данных поставляется лицам, участвующим в процессах принятия решений.

Над содержанием базы может совершаться иной тип обработки – обнаружение новой информации (технология *Data Mining*). Это имеет смысл при наличии большого объема данных (и/или очень разнородных данных) и удовлетворяет нуждам специальной категории пользователей – аналитикам-исследователям. В этом случае система способна в накопленных данных находить новые знания о деятельности организации, о внешнем по отношению к ней мире, о конкурентах и о всем остальном, что отражают данные базы. При этом используется специальный инструментарий, высокоинтеллектуальный и требующий очень искусной настройки. Получаемые здесь результаты также являются ценной информацией для лиц, ответственных за стратегические решения.

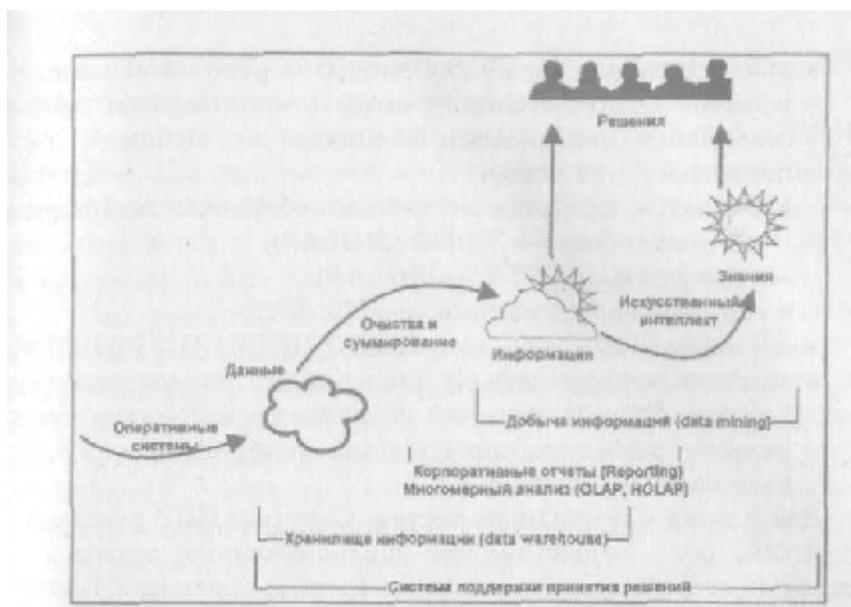


Рис. 5.5.1. Технологии в системах поддержки принятия решений

Обработка данных, конечно, может быть произвольной, в зависимости от задач, решаемых системой. Например, в ситуационных центрах велика доля компьютерного моделирования определенных явлений

(физических, социально-экономических и др.), работы с геоинформационными представлениями и т. д.

Итак, системы поддержки принятия решений используют следующие *современные информационные технологии*:

- ◆ механизм прямого доступа к данным, хранящимся в любом месте в любом формате;
- ◆ механизм составления отчетов по данным, берущимся из фазных корпоративных источников;
- ◆ оптимизацию работы с огромным количеством данных (объемом до десятков терабайтов);
- ◆ построение хранилищ данных *Data Warehouse* (согласно терминологии IBM, хранилищ информации) и специализированных хранилищ данных – витрин данных *Data Mart*;
- ◆ аналитическую обработку данных в режиме реального времени *OLAP*, ассоциируемую с многомерным представлением информации (в обиходе – "кубами", "гиперкубами") на основе:
  - форматов, являющихся частной собственностью фирм-изготовителей – *MDDDB (MOLAP)*;
  - реляционных СУБД – *ROLAP*;
  - гибридного исполнения – *HOLAP*;
- ◆ доставку информации по ИНТЕРНЕТУ/ИНТРАНЕТУ;
- ◆ так называемую добычу информации или разработку данных, *Data Mining*, что позволяет в автоматическом режиме выявлять скрытые закономерности в огромных массивах данных.

**Два класса прикладных систем.** Системы ППР выполняют особую роль – поставляют уполномоченным лицам *ин-иц тегральную информацию* о деятельности организации. В этом они по сути отличаются от систем, автоматизирующих какой-то определенный вид ее деятельности. Если последние решают *оперативные* деловые задачи и технически исполнены в *транзакционной среде*, то СППР имеют аналитическую ориентацию, способствуют решению стратегических задач и должны надежно обрабатывать очень большие массивы данных. Оперативные системы создают данные, стратегические! системы очищают и согласуют эти данные, интенсивно с ними работают и получают ценную информацию. Пользователи оперативных систем – специалисты в конкретной области, а стратегических систем – высший круг управляющих и аналитические службы.

**Отношение СППР к другим автоматизированным системам (АС).** В общей информационной структуре организации СППР занимают высшее иерархическое положение, так как используют массивы данных из уже существующих прикладных задач и систем (рис. 5.5.2). Существует мнение, что по этой причине внедрять СППР имеет смысл только в случае развитой вычислительной инфраструктуры организации, когда уже сложились устойчивые процессы накопления электронных данных, а их разнообразие достаточно для описания и последующего анализа деловой области.

Но можно посмотреть на этот вопрос с другой стороны. Системы ППР используют другие системы. Внедрение СППР не требует *обязательных* изменений в существующую среду автоматизации и не накладывает *обязательных* требований к внедряемым или планируемым к внедрению системам.

Внедрение СППР позволяет объединить накопленные в "островах" данные и работать с ними в своих целях. При этом перевооружение (и интеграция) существующих систем может идти на местах своим путем и по своему плану. В "островах" (отделах, департаментах, предприятиях и т. д.) могут выбираться лучшие на рынке транзакционные системы, внедряться и поддерживаться. Система ППР, стоящая над этим, просто начнет брать данные из нового источника.

В этом отношении внедрение системы ППР и ее использование может начаться в любой момент развития информационной среды. По мере появления новых источников данных (внутренних и внешних) СППР расширяет свои возможности (см. рис. 5.5.2.). Здесь хранилище данных является *центральным*, что является классическим вариантом архитектуры. Наличие единого места хранения всех данных организации дает гарантию, что процесс дальнейшей обработки данных может строго контролироваться и в конечном счете все пользователи СППР будут работать с *одной версией* данных. Хранилище развязывает ППР от оперативной прикладной части информационной системы организации. Обработка данных в ППР осуществляется аналитиками; результирующая информация в конечном счете поставляется руководству [70].

**Интеграционные качества систем ППР.** Использование технологии *Data Warehouse* в ППР особенно эффективно, когда организация одновременно работает с разными моделями и форматами данных, разными автоматизированными системами, может быть, разработанными разными фирмами. Примером может служить (рис. 5.5.3.) информационная среда, состоящая из разных прикладных систем и программных пакетов от разных производителей и, скажем, клубной платежной системы на основе магнитных карт и, дополнительно, автоматизированной системы делопроизводства [57, 70].

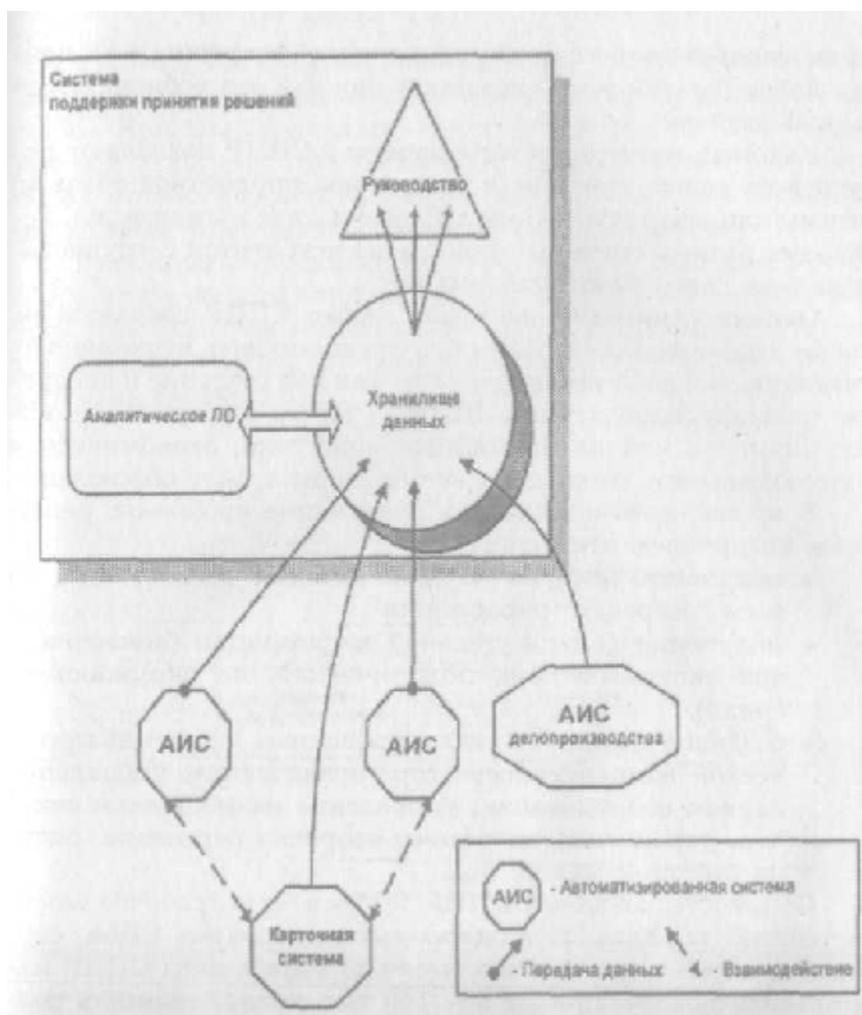


Рис. 5.5.2. Место СППР в информационной системе организации

Рис. 5.5.3. Интеграция прикладных систем на основе ППР

Непосредственная интеграция таких систем в режиме реального времени вряд ли возможна, но они могут быть проинтегрированы на верхнем – аналитическом уровне. Как результат, персонал работает с привычными интерфейсами, а руководство владеет всей управляющей информацией, причем более богатой и многогранной, так как она собирается из разных систем.

Наконец, интегрирующие качества СППР позволяют покупать на рынке лучшую (в конкретной предметной области автоматизированную систему. В результате организация, используя разные системы, никогда не встретится с труднодоступными "островами информации".

**Оценки стоимости системы.** Любая СППР создается на основе требований дела и должна предоставлять информацию, имеющую для дела *реальную цену*. Так как создание и внедрение полнофункциональной СППР – всегда значительные инвестиции, то, исходя из мировой практики, экономическая целесообразность этого шага всегда должна быть обоснована.

В целом, можно выделить следующие проблемы, решаемые внедрением этих систем:

- ◆ получение доступа ко всем данным организации, ко всем "островам информации";
- ◆ получение содержательной информации (коммерческой, экономической, политической, по окружающей среде);
- ◆ создание новых специализированных систем аналитической направленности (прогнозирование, управление парком оборудования, управление размещением отходов, управление вопросами здоровья персонала, оценки рисков и многое др.).

Стоимость создания СППР высока: одно рабочее место составляет порядка нескольких тысяч долларов США, серверная часть – от десятков тысяч долларов, цена СППР малого масштаба – порядка 60–100 тыс. долл., стоимость полнофункциональной системы корпорации может достигать миллионов долларов США.

Обзор компании *META Group* показал, что крупная организация, внедряя у себя *Data Warehouse* в

полном объеме, в среднем тратит 1,8 млн долл. США на оборудование и 1,4 млн долл. на соответствующее программное обеспечение. Неудивительно, что это позволяют себе делать в основном компании, входящие в "список 1000" журнала "Fortune".

Система ППР интенсивно работает с данными, которые постоянно создают различные оперативные прикладные системы. Хранилище данных – основа СППР. Оно накапливает как все исходные транзакционные данные, так и результаты их статистической и аналитической обработки. Хранилище данных управляется по концепции метаданных.

Результаты функционирования СППР, включая отчеты и графики, передаются пользователям – исследователям аналитикам и руководящему составу. Общая структура системы ППР может быть представлена подсистемами, отображенными на рис. 5.5.4.

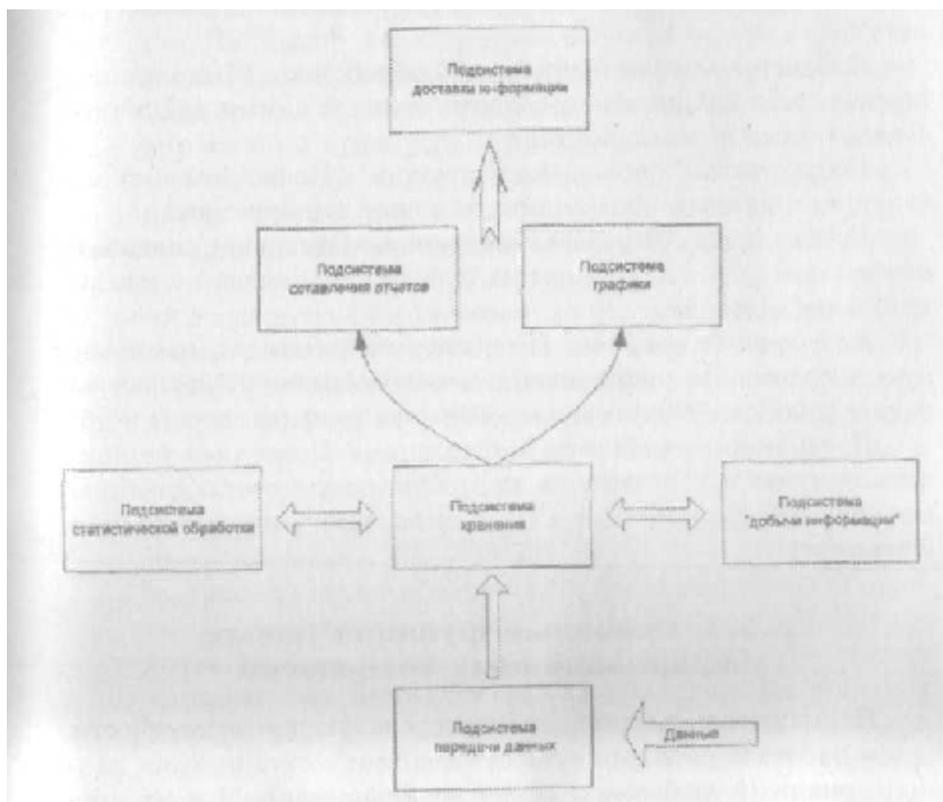


Рис. 5.5.4. Типичная структура СППР

*Подсистема хранения.* Осуществляет надежное хранение "очищенных" временных рядов транзакционных данных, их производных и результатов их интеллектуальной обработки. Управляется на основе концепции метаданных. Структура хранения данных логически предметно-ориентирована, не отрицает избыточности данных и организована для наиболее эффективного проведения интенсивных вычислений, а также поддерживает коллективный доступ пользователей к данным.

*Подсистема передачи данных.* Позволяет настроить хранилище информации на получение данных любого формата из любого источника, при этом возможно планирование процесса "подкачки", а также переформатирование данных "на лету".

*Подсистема статистической обработки.* Позволяет совершать над большими массивами данных самые различные статистические исследования.

*Подсистема "добычи информации".* Позволяет в существующих данных обнаруживать новые зависимости.

*Подсистема составления отчетов.* Позволяет создавать отчеты самых разных форм на основе накопленной в хранилище информации.

*Подсистема графики.* Позволяет представлять накопленную в хранилище информацию в разнообразной графической форме (графики, гистограммы, объемная графика, карты и др.).

*Подсистема доставки информации.* Позволяет передавать полученные отчеты (и их графическую составляющую) на места пользователей СППР (например, по протоколам Интернет).

## 5.5.2. Основные функции новых информационных технологий

Пользователи системы получают следующие возможности:

- ◆ работать со всеми существующими в организации данными (в любом из "островов информации") и их временными рядами;
- ◆ отбирать только достоверные и имеющие смысл данные;
- ◆ трансформировать существующие данные в новые, более тесно связанные по смыслу с целями дела;
- ◆ совершать самую разную статистическую обработку больших массивов данных. Это традиционная обработка баз данных. Она подразумевает изначальное знание пользователем структуры базы и конкретных отношений ее таблиц между собой. Представляет собой "ручной" подход к анализу данных (иначе – "от пользователя", "сверху вниз"). Подход непрактичен в случае большого количества данных или их большой сложности. Например, если имеется таблица со 100 атрибутами и заранее непонятно, какие из них существенны, то даже для несложной задачи надо рассмотреть 100х99 комбинаций атрибутов (если выделены 3 независимых класса, то уже надо просмотреть 100х99х98 комбинаций и т. д.);
- ◆ совершать аналитическую обработку в режиме реального времени (*OLAP*). Инструментарий *OLAP* позволяет проводить *многомерный анализ* данных, основан на очень сложных таблицах многомерных баз данных (*MDDDB*). Осуществляет одно действие – агрегирует данные (суммирует) по разным категориям (например, время, продукты, представительства, менеджеры и т. п.). Результаты агрегаций хранятся в *MDDDB*, и их можно просматривать на разных уровнях детализации (процесс "сверления" – *Drilling*);
- ◆ совершать поиск и обнаружение новой информации (процессы "разработки данных" – *Data Mining*). Это обработка данных, когда с ними взаимодействует только алгоритм. Представляет *самоорганизующийся* подход к анализу (иначе – "от данных", "снизу вверх"). Подход позволяет в автоматизированном режиме проверять большое количество гипотез и вариантов сегментирования баз данных и, как результат, обнаруживать в наборах данных новые отношения, новые структуры и области взаимного влияния. Методы *Data Mining* берут свое начало от трех направлений науки об искусственном интеллекте: нейронные сети, машинное обучение и генетические алгоритмы;
- ◆ составлять самые разные отчеты;
- ◆ получать графическую интерпретацию результатов;
- ◆ передавать результаты выбранным лицам, используя Интернет.

**Дедуктивная и индуктивная техники обработки данных.** Системы управления реляционными базами данных (СУРБД) способны отвечать на вопросы типа: "Сколько продано продукции в каждом регионе для каждого из шести последних лет?", но ни одна из них не сможет обработать следующий вопрос (и дать ответ): "Каковы характеристики клиентов, покупающих данный продукт?" [68].

Первый вопрос относится к дедуктивной технике распознавания взаимосвязей, когда результат логически следует из информации базы (например, если известны отношения между работниками и отделами, с одной стороны, и между отделами и менеджерами, с другой стороны, то можно найти отношение между работниками и менеджерами; или экспертные системы).

Второй вопрос относится к индуктивной технике, когда результат получается обобщением информации базы (например, если информация о служащих включает отделы и менеджеров, то верно обобщающее утверждение, что каждый отдел имеет менеджера). Обобщения являются знаниями. Во втором случае база данных просматривается на предмет "регуляторов", т. е. комбинаций определенных факторов, влияющих на выходную величину. Обнаружение регуляторов позволяет, в свою очередь, сформулировать правила, по которым можно предсказать величину одного фактора на основании других факторов. Таким образом работают, например, нейронные сети.

Наиболее важное отличие между дедукцией и индукцией в обработке данных заключается в том, что результаты первого имеют отношение к корректным утверждениям о реальном мире, в то время как результаты второго часто требуют сложной обработки и в конечном счете не обязательно верно отражают процессы реального мира.

Важнейшим преимуществом индукции является обнаружение имеющих ценность правил и регуляторов, которые явно не видны в базе.

Новое поколение инструментов по "разработке данных" включает нейронные сети, генетические алгоритмы и символьные классификаторы. Они используются при обработке очень больших массивов (вплоть до десятков Тб) и позволяют открывать в накопленных в организации "сырых" данных новые правила ведения дел.

**Символьная классификация.** Этот метод "добычи данных" использует алгоритмы машинного обучения (например, CART, CHAID, ID3, C4.5, C5.0). Все они тем или иным способом по заданной выходной величине сегментируют данные в статистически значимые кластеры или в наборы весов. Например, если задана выходная величина с двумя значениями: "покупатель" и "не покупатель", то по данным о клиентах автоматически определяется круг людей, способных или не способных купить новую услугу. Некоторые из инструментов генерируют деревья решений, создающих еще один способ расщепления данных по классам. Наконец, классификация, проводимая по правилам "Если/Тогда", позволяет выявить важные в каком-то определенном смысле ряды данных.

**Нейронные сети.** Нейронные сети используют алгоритмы, спроектированные для симуляции работы человеческого мозга. Перед своим применением они должны пройти процесс обучения на существующих примерах. Этот метод очень чувствителен к первоначальным установкам (например, выбор топографии сети или скоростей обучения) и работает только с численными данными.

**Сравнение методов.** Оба упомянутых выше вида технологий (нейросети и символьная классификация) автоматически обнаруживают в данных структуры и кластеры, сегментируют данные в значимые группы и классы. По сути разные, они работают по индуктивной теории (т. е. обучаются на примерах), классифицируют независимые переменные на основе их отношений к зависимым переменным или к желаемому выходу.

Специфика нейросети состоит в необходимости проведения очень тщательной настройки ее многочисленных параметров (числа узлов, критериев останова, скорости обучения, коэффициентов импульса и скрытых весовых соотношений), что требует большого числа экспериментов, тестов и высокого искусства пользователя-аналитика. Другое ограничение нейросетей – это их работа только с числами и бинарными данными, причем данные должны быть масштабированы или нормализованы. Явным достоинством техники является возможность достижения высочайшей точности анализа (особенно в сочетании с другими методами, например с использованием генетических алгоритмов).

Символьные классификаторы, например C4.5 или C5.0 (пришедшие из области машинного обучения и статистических алгоритмов *CHAID – CHI-squared Automatic Interaction Detection* и *CART – Classification and Regression Tree*), особенно успешно применяются для понимания структур данных. Например, они могут дать следующий ответ на запрос о том, кто из клиентов будет покупать новую услугу: "Если контакт клиента = 2 или 3 и последние покупки = 0,1 или 2, Тогда клиент купит в 74,5% случаев".

Исследования показали, что не существует единственного лучшего метода классификации или предсказания. Точность того или иного конкретного инструмента или алгоритма очень сильно зависит от анализируемой структуры данных. Символьные классификаторы по точности превосходят нейросети в случае работы над асимметричными, непараметризованными наборами данных и с базами данных, содержащими большое число категориальных полей (например, поле *Женат* со значениями "да/нет", *Офис* – "Аренда, Собственность", *Код* – "8765-112", *Уровень покупательной способности* – "Высокий, Средний, Низкий", *Номер по каталогу* – "45a23K").

**Использование.** Исследования компании *META Group* показали, что большие корпорации используют *Data Mining* для стратегического планирования, для увеличения своей доли на рынке и для повышения конкурентоспособности.

Если вначале процессы "добычи информации" использовались в финансовом и торговом секторах, то теперь это наблюдается во всех сферах человеческой деятельности. Например, корпорации используют интеллект "добычи информации" для разработки своих стратегий развития, минимизации рисков и предотвращения пустых денежных трат, улучшения взаимодействия с поставщиками и потребителями и др.

Инструментарий "добычи информации" часто продается в "коробочном" варианте, скажем, для применения на персональном компьютере в среде *MS Windows*. Это может быть отдельный продукт, предоставляющий только, скажем, нейронную сеть или сочетание нескольких методологий.

Стоимость большинства современных инструментов высшего ряда колеблется в пределах от 20 тыс.

долл. США до 700 тыс. долл.

Пользователями системы являются управляющие, менеджеры, аналитики, исследователи, т. е. те, для кого своевременное поступление информации – критичный фактор успеха. Существенной стороной данного предмета является постоянная изменчивость запрашиваемой информации: разным подразделениям и сотрудникам нужна разная информация; сама информация с течением времени меняется; наконец, получение ответа приводит к необходимости запрашивать новую информацию и в больших объемах.

Система ППР получает на вход огромное разнообразие данных, полностью открыта к применению любых моделей работы с данными, использует самый разный статистический и агрегирующий математический аппарат. Такие системы в принципе поддерживают очень большую степень свободы в выборе алгоритмов обработки данных и методов вычисления информации. С другой стороны, нельзя забывать, что результат работы системы как итог точных математических вычислений может никак не соотноситься с реальностью. Можно потратить очень много ресурсов, технически грамотно реализовать систему и при этом не добиться какого-либо эффекта. Иначе, на существующих данных можно получить богатейший спектр информации, которая может быть просто не нужна для реального ведения дел.

Именно поэтому самым существенным моментом в создании СППР является стадия разработки требований к системе, постановка задачи. По некоторым характерным признакам уже на этой стадии можно судить, будет ли проект успешным или он будет провален.

На определение требований к системе выделяется до 30– 50% времени всего проекта разработки системы. Опять же существенно, чтобы требования к системе формировались *деловой* сферой, высшим управляющим составом на уровне директората, но никогда – техническим составом, пусть даже высшими техническими управляющими. Наконец, очень важно, чтобы каждое деловое требование сопровождалось точным определением, как измерять это требование, например: экономический эффект от информации, отвечающей требованию, или характеристики производительности. В дальнейшем группа разработчиков системы на каждой стадии проекта будет сверять свои действия с утвержденными требованиями к системе.

Процесс определения требований к СППР должен учитывать следующие основные положения:

- ◆ в беседах с высшим управленческим составом выяснить цели организации и приоритеты;
- ◆ параллельно изучить все данные, доступные из существующих прикладных систем, и установить количественные меры, которые способны отобразить, продвигается ли организация к своим целям. Эти меры должны вычисляться из существующих данных или их производных, причем особый интерес имеет мониторинг изменения этих ключевых для дела величин во времени;
- ◆ преодолевать сопротивление менеджеров организации, заручившись сильной поддержкой высшего руководства, а также вовлекая менеджеров в определение количественных мер, характеризующих предметную область и деятельность организации;
- ◆ исчерпывающе и точно документировать входные данные и алгоритмы вычисления этих мер.

В дальнейшем система проектируется таким образом, чтобы надежно поставлять количественные меры и обеспечивать быстрое время отклика на запрос.

Процесс создания ППР носит *итеративный характер*, заключающийся в том, что вся разработка делится на циклы (итерации). Каждый цикл уделяет внимание вполне определенному набору требований и на выходе поставляет новую версию системы, дополнительно генерирующую новую информацию. Каждый цикл (каждая итерация) активизируется для решения *наиболее острых* на данное время проблем организации.

Для СППР в высшей степени характерно, что в случае успеха итерации проекта пользователи системы, удовлетворенные достигнутыми результатами, готовы формулировать новые требования к получению новой информации. Мир информации бесконечен, и проект может продолжаться непрерывно. Количество итераций разработки СППР в принципе ничем не ограничено. В этом контексте справедливо наблюдение: "если пользователь не просит внести изменения, значит, не нужна и вся система".

Каждая итерация проекта проходит все стандартные стадии, включая предпроектные исследования, анализ осуществимости, формулирование требований к системе, техническое проектирование системы, ее реализацию и внедрение.

Следует отметить следующие коренные отличия в разработке СППР от разработки транзакционных прикладных систем:

♦ на стадии выяснения требований к системе не рекомендуется брать интервью у многих пользователей. Чем больше пользователей будет опрошено, тем больше специфической информации будет требоваться от системы, и масштаб разработки начнет существенно увеличиваться. Конечно, эти требования должны быть учтены, но за какое-то длительное время. В первую очередь надо реализовывать только требования с точно определяемыми выгодами для дела в масштабах корпорации;

♦ на аналитической стадии разработки ни в коем случае не стоит проводить детального анализа деловых процессов. В то время как это необходимо для проектов, например по реинжинирингу, подобный анализ ничем не помогает в создании СППР. Более того, такой подход, погружая разработчиков в построение диаграмм потоков данных, потоков работ, диаграмм активности и других, уводит их от прямых вопросов доставки информации. Поставка информации не обязательно связана с деловыми процессами, в которых эта информация используется. Вместо того чтобы заниматься моделированием процессов, разработчики должны фокусироваться на данных и создавать модели данных и алгоритмы их обработки;

♦ создание СППР – неограниченно длящийся процесс. В случае транзакционных прикладных систем в какой-то момент требования к системе фиксируются, создается версия, внедряется, а потом поддерживается. В случае СППР требования к системе постоянно меняются, система постоянно меняется, и в привычном смысле трудно выделить стабильную стадию поддержки как таковую.

Выбор архитектуры СППР зависит от того, какие из основных технологических процессов будут включены.

Обычно выделяют следующие основные процессы СППР:

Процесс *E (Extract)* – извлечение данных из источников данных (далее – первичные данные). (Процесс является обязательным для всех видов СППР.)

Процесс *T (Transform)* – трансформация первичных данных перед тем, как над ними совершен анализ. Если этот процесс не выполняется на отдельном шаге, то он обязательно совершится во время анализа. Примером этого процесса является "очистка" данных. (Процесс рассматривается как опция.)

Процесс *A (Aggregate)* – агрегация первичных данных перед тем, как над ними совершен анализ. Если этот процесс не выполняется на отдельном шаге, то он обязательно совершится во время анализа. (Процесс рассматривается как опция.)

Процесс *L (Load)* – перемещение и загрузка первичных данных в другое место хранения, часто организованного в виде "звезды" ROLAP. Если этого не происходит, то анализ совершается непосредственно над источником данных. (Процесс рассматривается как опция.)

Процесс *C (build Cube)* – построение "гиперкубов" MDDDB/ MOLAP из данных, расположенных в новом месте хранения (если задействован процесс *L*), или напрямую из источника данных (реже). (Процесс рассматривается как опция.)

Процесс *Z (analyze)* – анализирование данных, будет ли это специальный запрос, статистический отчет, оперативный отчет, многомерное представление или любой другой аналитический метод. Собственно, именно этот процесс является главным для пользователей, ради него и создается система.

То или иное сочетание процессов позволяет на верхнем уровне описать конкретную реализацию ППР.

Например, сочетание *EZ* описывает системы поддержки решения прошлого, когда анализ происходил непосредственно над первичными данными; а сочетание процессов *ETL-Z* – хранилище данных в простейшей архитектуре, когда используется инструментарий для извлечения первичных данных с последующей их трансформацией и загрузкой результата в специальное место хранения. В последнем примере трансформация подразумевает конверсию кодов в понимаемые пользователем символьные описания, вычисление стандартных формул, вычисление новых колонок, денормализацию данных в схемы, которые не требуют частого применения операций типа *join*.

Более сложный пример описывается сочетанием *ETL-TC-Z*. Эта архитектура хорошо подходит для случая большого числа "гиперкубов", которые требуют одну и ту же сложную трансформацию первичных данных. Тогда эту трансформацию имеет смысл совершать при загрузке первичных данных в новое место хранения, а не во время создания "гиперкуба".

Модель *EL-TAL-Z* представляет случай, когда агрегация совершается тем же инструментарием, который производит извлечение первичных данных и их трансформацию. При этом агрегация совершается во время построения одной витрины данных или более. Многие современные многомерные базы данных включают в себя встроенные возможности агрегации. Для таких баз данных

применима более простая модель *ETAC-Z*.

Приведем некоторые вопросы, возникающие при выборе архитектуры СППР:

1. Лучше включать процесс трансформации Т. В противном случае анализ будет совершаться над первичными данными, хранящимися в транзакционных источниках данных, или над их копиями. В этом случае пользователям надо знать структуру хранения данных и особенности сложных запросов, т. е. технические тонкости, что на практике неприемлемо.

2. Лучше переносить данные из транзакционных источников данных в какое то иное место хранения (в хранилище данных, в витрины, просто в место хранения).

3. Если над первичными данными для получения разной информации надо совершать одинаковую трансформацию, то лучше объединить процессы извлечения и трансформации. Правда, в этом случае извлечение данных может стать более длительным процессом.

4. Если одновременно используются реляционная и многомерная базы данных, то имеет смысл создать единое место хранения и на его основе создавать "гиперкубы".

5. Где производится агрегация? Совершается ли она инструментарием по извлечению данных и их трансформации или инструментарием по построению "гиперкубов"? Если верен первый случай, то агрегация совершается во время трансформации?

Ответы на подобные и другие вопросы позволяют выбрать инструментарий для реализации архитектуры СППР.

**Некоторые особенности выбора аналитического программного обеспечения.** Аналитическое программное обеспечение применяется для извлечения из накопленных данных информации. Системы аналитической направленности представляют собой вершину интеллектуального подхода к автоматизированным системам. Современное аналитическое обеспечение поднялось до уровня промышленного продукта, способного обрабатывать в высокопроизводительной вычислительной среде огромные объемы данных.

Применение аналитики позволяет лучше понимать действия конкурентов, предугадывать направление их стратегического развития и тактические приемы, выявлять новые знания о деле, вырабатывать более точные планы, получать предсказания, обретать более быструю обратную связь в управлении, более эффективно распределять собственные ресурсы и многое другое.

Точность аналитических расчетов и полнота поставляемой информации напрямую зависят от качества подготовки ("чистоты") данных.

**Программное обеспечение для OLAP.** Можно выделить две категории программного обеспечения для OLAP: серверы и клиенты.

В случае выбора серверного программного обеспечения особенно важны следующие соображения.

**Архитектура.** В этом отношении не рекомендуют попадать в зависимость от "религиозных войн" по поводу того, что лучше: реляционный OLAP или многомерный OLAP. Всегда выбирают вариант, лучше разрешающий конкретные проблемы. Например, реляционный подход может быть лучшим решением для анализа продаж, связанного с обработкой терабайтов данных. С другой стороны, многомерный подход очень хорош для решения класса задач, требующих интенсивной аналитической обработки, например при анализе доходности. Также необходимо учитывать, кто будет администрировать систему и кто будет ее использовать. Наконец, чем больше информации можно хранить в метамодели сервера, тем меньше потребуются программирования.

**Вычисления.** Являются основой любого сервера. Здесь надо учитывать такие факторы, как способность быстро проводить вычисления над большим объемом данных; вычисления должны быть центрированы на данных, а не на коде (в противном случае изменения в вычислениях потребуют постоянного обращения к разработчикам); вычисления должны храниться в метамодели сервера; обратить внимание на то, какие функции более важны – алгебраические (обычно в финансовых приложениях) или статистические (маркетинговые приложения); способность сервера автоматически определять порядок вычислений (например, он должен "понимать", что некоторые вычисления нельзя проводить налету).

**Иерархии.** Сервер должен поддерживать множественные иерархии вдоль одного и того же измерения. Например, финансовая система может одновременно использовать иерархию организации, как это видно с точки зрения управления и распределения ответственности, и иерархию организации, показывающую, где компания платит налоги. Иерархии, которые поддерживают множественные структуры, очень важны. Например, существуют стандартные линии продуктов, классы продуктов, группы продуктов. С другой стороны, продукты могут иметь разные цвета и размеры. Не все серверы

поддерживают такие возможности. В финансовой области очень полезны иерархии с неоднородной глубиной. Например, отчеты по счетам могут не требовать столько уровней иерархии по оборотам, как для иерархии по затратам.

**Время.** Практически всегда является одним из измерений. Имеет свойство однородности. Поэтому сервер должен поддерживать богатый ряд предопределенных функций, связанных с временными вычислениями (например, вычисление среднего, конечного баланса, за текущий и предыдущий периоды, за тот же период, но в прошлом году и т. п.).

**Модели.** Сервер должен поддерживать возможности вычислений с применением алгебраических функций (модели). Модели разделяются по классам: измерительные, размерности и на основе ячеек. Примером размерной модели может служить вычисление различия в долларах или процентах между реальными и бюджетными показателями. Обычно реляционные серверы хорошо поддерживают этот вид моделей. Многомерные серверы хорошо поддерживают модели размерности. Такие модели иногда называют финансовыми и могут вычислять в том же измерении по алгебраическим формулам величины в новом измерении из величин из других измерений. Такие модели используются для вычисления финансовых отношений и могут применяться для сложных предсказаний наличности. Обычная таблица представляет модель, основанную на ячейках.

**Администрирование.** Важно, чтобы выполнение многих рутинных операций (например, еженедельное выполнение скриптов) было автоматизировано.

Клиенты OLAP могут быть рассмотрены со многих позиций. Они должны поддерживать просмотр "гиперкубов", позволять проведение разнообразной навигации, использовать Интернет (и уметь работать с динамическим HTML), проводить локальные вычисления, поддерживать различное представление данных и др.

**Программное обеспечение по "разработке данных" – Data Mining.** Алгоритмы программного обеспечения "разработки данных" пришли из области искусственного интеллекта (нейронные сети, машинное обучение, генетические алгоритмы).

Программное обеспечение разработки данных отличается от OLAP способом обработки данных. Если инструмент OLAP имеет дело с вычислением агрегатов, то разработка данных ориентирована на поиск отношений между данными, их взаимозависимостей и взаимных влияний, на нахождение устойчивых структур, скрытых в данных, и условиях перехода таких структур друг в друга. Если OLAP может сказать, каковы продажи в регионе *A*, то разработка данных позволит увидеть, что влияет на продажи в этом регионе.

Инструментарий *Data Mining* (взгляд *Software AG* и *META Group*) должен помогать определенной категории пользователей – исследователям-аналитикам, которые обычно точно не знают, что ищут, но внимательно изучают структуры и тренды.

На нижнем уровне это процесс "просеивания" очень больших массивов, просматривающий миллионы возможных структурных комбинаций данных и находящий существенные взаимосвязи, которые на первый взгляд кажутся совершенно случайными.

Процесс "добычи информации" использует инструменты, умеющие классифицировать большие объемы данных и находящие, согласно выбранным целям, структурные внутренние связи. Наиболее часто применяют следующие классифицирующие модели: деревья решений, деревья опций, нейросети, таблицы решений, классификаторы очевидности.

"Разработка данных" – это процесс, он не может быть сведен к простому применению определенной статистики. Поэтому использование различного "коробочного" инструментария хотя и позволяет получать отдельные результаты (например, создать дерево решений или обучить нейронные сети), но дает только частичное решение проблем бизнеса. Настоящее *интегрированное* решение должно охватывать все стадии процесса "разработки":

- 1) отбор данных и их модификация;
- 2) анализ и моделирование;
- 3) оценка результатов;
- 4) избирательное распространение полученной деловой информации.

Открытые таким образом структуры могут пролить новый свет на деловые проблемы и способствовать более удачному процессу принятия решений.

Более подробное описание методологий разработки данных, их классификации, их преимуществ и недостатков требует отдельного рассмотрения.

### 5.5.3. Принципы распределенного построения СППР

Систему ППР нередко называют информационной фабрикой, компоненты которой изображены на рис. 5.5.5.

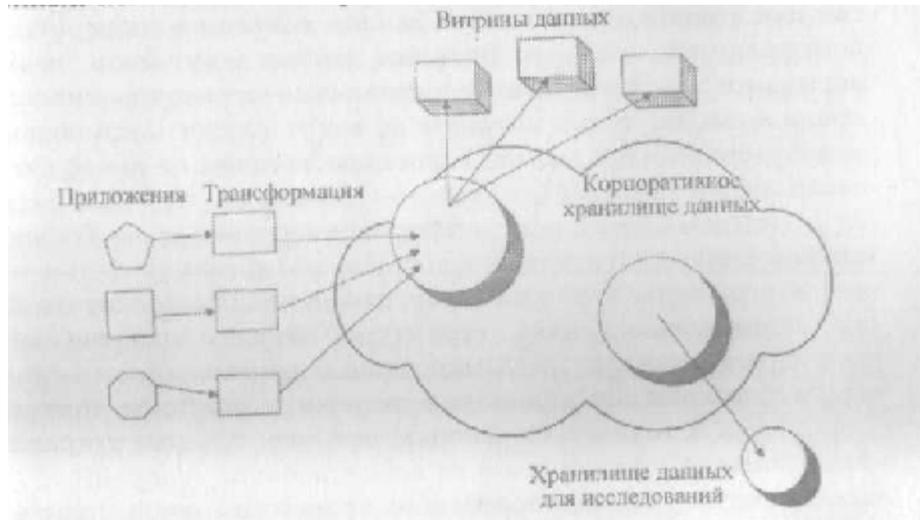


Рис. 5.5.5. Типичная архитектура "информационной фабрики"

Собственно концепция "фабрика" выросла из концепции хранилищ данных (*Data Warehouse*). Данные берутся из существующих в организации прикладных систем операционного характера, по дороге они трансформируются и попадают в хранилище данных, откуда передаются в специализированные хранилища данных (*Data Mart*), сейчас называемых "витрины данных". На рисунке выделено полнофункциональное хранилище данных специально для аналитических исследований, изображены архитектурное позиционирование хранилища данных и витрины данных. Витрины данных напрямую "запитуваются" данными из хранилища.

**Позиционирование хранилища данных и витрины данных.** Хранилище данных служит корпоративным нуждам, в то время как витрины данных служат требованиям департаментов (подразделений корпорации). Например, могут быть витрины по финансам, маркетингу, работе с клиентами, с человеческими ресурсами, ведению проектов, инженерным дисциплинам и др. (в соответствии с функциональностью подразделений).

На рис. 5.5.5 изображены "зависимые" витрины данных, так как в них закладываются данные только из корпоративного хранилища данных. Витрины данных могут быть "независимыми" – построенные независимо от корпоративного хранилища. Но такие витрины не могут служить компонентом "фабрики информации": они недостаточны по самой сути своей архитектуры [67, 71].

В общем, хранилища информации существенно больше витрин данных, так как:

- ♦ структура корпоративного хранилища содержит очень детальные данные; структуры витрины содержат агрегированные и суммированные данные;
- ♦ база данных хранилища содержит огромное количество исторических данных; витрины содержат ограниченную историю;
- ♦ структуры корпоративного хранилища очень просты; структуры витрины существенно более сложные;
- ♦ структуры корпоративного хранилища спроектированы для неизвестного использования в будущем; структуры витрин спроектированы для специальных, известных требований.

Другими словами, структура витрин задается требованиями, а структура хранилища – данными.

Различны и типы пользователей этих двух основных компонентов любой системы поддержки принятия решений. Основатель концепции и технологии хранилищ данных, Билл Инмон (*Bill Inmon*), выделяет два типа пользователей:

- ♦ "фермеры" – пользователи, которые используют хранилище информации на регулярной, предсказуемой основе. "Фермеры" знают, что им надо еще до составления запроса, и они обычно находят то, что им нужно. Обычно подобных пользователей очень много;
- ♦ "исследователи" – пользователи, которые постоянно о чем-то думают и что-то ищут. Они очень непредсказуемы. Они могут полгода ничего не запрашивать, а потом в один день дать шесть

сложнейших запросов. "Исследователи" выискивают такие взаимосвязи в данных, о которых еще никто не думал. Часто они ничего не находят, но время от времени они совершают существенное открытие с далеко идущими последствиями.

Многочисленные пользователи витрин – "фермеры"; пользователи хранилищ – немногочисленные "исследователи". Для первых пользователей притягательны витрины, которые и строятся по заранее определенным требованиям. Именно "фермеры" задают требования к структуре и функциональности витрин. С другой стороны, "исследователи" никогда не могут заранее определить, что им нужно от данных конкретно. Поэтому им нужна многосторонность, которую они находят только в корпоративном хранилище.

Наконец, корпоративное хранилище информации снабжает данными не только витрины, но и хранилища данных (которые собирают данные из разных источников для вполне конкретных целей анализа), например, по управлению проектами, проведению анализа с помощью техник "разработки данных" и др.

**Построение среды СППР хранилища данных/витрины данных.** Архитектура СППР может быть построена по-разному. Классический путь состоит в том, чтобы построить сначала хранилище, а потом витрины данных (согласно порядку цифр на рис. 5.5.6.).

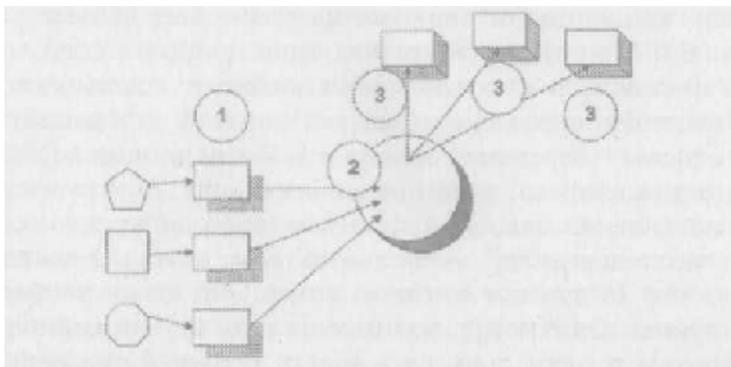


Рис. 5.5.6. Классический порядок построения среды СППР

Вначале строятся интегрирующие и трансформирующие программы; затем – данные из существующих приложений загружаются в хранилище, а потом строятся витрины.

Важным аспектом такого подхода является итеративное построение хранилища: сначала строится одна часть, потом другая и т. д. Хранилище никогда не строится "сразу все" "раз и навсегда". В свою очередь, витрины строятся очень быстро после того, как появились необходимые данные в хранилище.

В переходный период создания ППР, в тот небольшой промежуток времени, когда уже есть версия хранилища, но ни одна витрина еще не создана, ни один из пользователей-"фермеров" ни в коем случае не должен обращаться напрямую к хранилищу. Только после того, как хранилище получит много данных (как по объему, так и по разнообразию), пользователи найдут в своих витринах действительно полезное.

**Передача данных из хранилища в витрины.** Во время передачи данных из хранилища в витрины данные подвергаются процессу обработки, который может включать в себя:

- ◆ выборку данных из хранилища;
- ◆ агрегацию разнесенных данных в одну структуру, обычно в структуру типа "звезда" или "снежинка";
- ◆ реструктуризацию данных в целях удовлетворения требований пользователей витрин (например, реструктуризацию данных в многомерный формат);
- ◆ создание и введение других переменных;
- ◆ суммирование детальных данных;
- ◆ соединение данных во время поступления их в витрину;
- ◆ грануляцию данных для удобства работы пользователей и многое др.

**Создание иерархических СППР.** Классический вариант построения СППР открывает неограниченные возможности по наращиваемости системы и ее функциональности *на основе единой надежной архитектуры*.

Например, пусть естественным образом создается очень большая витрина данных общего плана. Тогда можно думать о зависимой от этой витрины более малой витрине – "подвитрине" (рис. 5.5.7).



Рис. 5.5.7. Иерархичное построение СППР

На практике витрины могут быть созданы раньше хранилища данных, но (обязательно) логическая структура хранения данных в таких витринах должна полностью отвечать зависимому от хранилища положению витрины.

#### Фирмы-производители инструментария для создания систем ППР

Перечень фирм, производящих инструментарий для создания систем ППР и (или) их отдельных компонентов, очень велик. В Интернете существует множество сайтов, посвященных теме классификации подобных фирм и их продуктов (например, <http://pwp.starnetinc.com>).

Остановимся в демонстрационных целях на одном из показательных рейтингов высокотехнологичных компаний – списке 12 наиболее влиятельных компаний в области информационных технологий, ежегодно выбираемых редакцией журнала "Intelligent Enterprise Magazine" (США). В начале 2000 г. журнал представил очередной рейтинг 12. Критерием отбора "золотой дюжины" служила способность продуктов и технологий этих фирм интеллектуально обрабатывать в Интернете в режиме, близком к реальному времени, большие массивы данных (за основу было взято одно из магистральных направлений развития современных информационных технологий – управление отношениями с клиентами, CRM – Customer Relationship Management).

В список 12 наиболее влиятельных компаний вошли (по алфавиту): *Business Objects, EMC, Epiphany, 12 Technologies, IBM, Microsoft, Oracle, Persistence Software, SAP, SAS Institute, Siebel Systems, Sun Microsystems* [69].

#### 5.5.4. Примеры программных средств, используемых для поддержки принятия решений

##### Программный инструментарий компании SAS Institute Inc. – THE SAS SYSTEM

Продукт *SAS /Warehouse Administrator* позволяет реализовать хранилища данных и на верхнем уровне:

- ◆ полностью проинтегрирован со всеми компонентами *The SAS System*;
- ◆ полностью открыт для работы с любым аналитическим программным обеспечением других фирм;
- ◆ обеспечивает *единую точку контроля* над всеми процессами хранилища: управление доступом к любому источнику данных, расположенному на любой платформе; управление хранением согласно концепции мета-базы; управление доступом к хранилищу (во время "разработки данных", статистической и аналитической обработки, составления отчетов, быстрой разработки приложений);
- ◆ позволяет поддерживать единую версию данных для любых категорий корпоративных пользователей.

Продукт имеет следующие характеристики:

- ◆ полностью независим от платформы;
- ◆ поддерживает все пять видов обработки по модели клиент/сервер;
- ◆ использует web-технологии, что позволяет работать с хранилищем по корпоративным сетям Интернет;
- ◆ позволяет извлекать данные из более чем 50 различных источников, предоставляет мощный язык для "очистки" данных и их трансформации;

- ◆ хранилище организовано при помощи метаданных;
- ◆ методология *быстрой разработки хранилища данных* позволяет получить первую версию уже через 3 месяца;
- ◆ полная автоматизация ежедневных процедур управления хранилищем;
- ◆ поддержка планирования процессов функционирования хранилища, даны интерфейсы к планировщикам других фирм;
- ◆ предоставляется инструментарий "разработки" хранилища;
- ◆ поддержка построения распределенных хранилищ данных (со множественной иерархией) и локализованных частных хранилищ (*Data Marts*).

Функциональность другого продукта SAS Institute – *Enterprise Miner* – не ограничена простым набором отдельных техник "разработки данных", а организует *весь процесс*, использует разные модели, позволяет сравнивать результаты и строить любые последовательные и параллельные комбинации сложных аналитических расчетов.

Процесс "разработки данных" организован в рамках методологии *SEMMA*, по которой выделяются следующие стадии стандартного проекта по "разработке данных": *отбор, обнаружение и модификация, моделирование и оценка* [70].

**Стадия отбора.** Так как приложения по "разработке данных" обычно связаны с интенсивной обработкой больших массивов данных, то на первой стадии проекта тем или иным образом выделяются представительные выборки данных, с которыми будут иметь дело. Источником данных может служить уже созданное хранилище данных или любой другой источник данных.

**Стадия обнаружения и модификации.** Работа по "разработке данных" – динамичный итеративный процесс, на любом этапе которого может потребоваться дальнейшая модификация данных и их исследование. На этой стадии работы возможно:

- ◆ исследовать данные *ассоциативно* (идентификация элементов данных, одновременно встречающихся в определенном контексте, – техника анализа рыночной корзины) или *последовательно* (в дополнение к предыдущему учитывает и временные соотношения между элементами). Пример первого метода: "Если элемент *A* является частью события, то элемент *B* также является частью этого события в течение *X* процентов времени". Пример второго метода: "Из всех клиентов, купивших новый компьютер, 25% купят лазерный принтер в следующем месяце";
- ◆ исследовать большие объемы данных *графически*;
- ◆ сегментировать базы данных посредством *кластеризации*;
- ◆ на основе разных методов *исправлять записи*, содержащие потерянные данные (по любой причине – от ошибки ввода до системных ошибок);
- ◆ *модифицировать* атрибуты переменных;
- ◆ применять *фильтрацию* для исключения наблюдений по какому-либо признаку;
- ◆ создавать *группы* по какому-либо признаку для получения отдельного анализа по каждому значению группирующей переменной (переменных);
- ◆ *интерактивно* работать с данными и результатами, используя связанные между собой окна;
- ◆ создавать из существующих новые переменные, более подходящие для работы конкретных моделей;
- ◆ *уменьшать* число переменных на входе процесса "добычи данных" (особенно важно, когда на вход моделей потенциально могут быть поданы сотни переменных).

**Стадия моделирования.** Используется в основном следующий статистический инструментарий:

1) на основе деревьев решений. Модель лучше других работает с пропавшими данными. Кроме того, она автоматически ранжирует входные данные, согласно важности их вклада в дерево, что может быть использовано при отборе переменных для последовательного моделирования;

2) на основе нейронных сетей. Этот вид моделирования особенно полезен для обработки очень больших массивов данных (гигабайты и десятки гигабайт), когда:

- ◆ трудно произвести параметризацию;
- ◆ взаимосвязь данных плохо понимаема и требует для своего раскрытия применения потенциально многих моделей;
- ◆ данные "расплывчаты", а стабильные соотношения глубоко скрыты;
- ◆ данные обладают существенно нелинейным поведением;
- ◆ необходим итеративный процесс работы над данными для вскрытия паттернов;
- ◆ надо давать предсказания в поведении сложного явления. Точность предсказания существенно

зависит от качества подготовки данных (их определения и структуры) и от умения проектировать нейронные сети. Обычный тип приложений нейронных сетей – анализ кредитных рисков, сегментация рынка, предсказания продаж;

3) на основе регрессионного моделирования и др.

Конечная стадия методологии – **стадия оценки**. На этом этапе предоставляются средства сравнения моделей и их предсказаний по общему критериям ожидаемой и реальной выгоды всего проекта. На выходе всего процесса "разработки данных" генерируется набор данных, не обязательно относящийся к целевому объекту.

*SAS Enterprise Miner* полностью проинтегрирован с остальными компонентами системы *The SAS System*, включая *SAS /Warehouse Administrator*, решение SAS Institute для аналитической обработки в режиме реального времени (*OLAP*) и компонент *SAS/IntrNet*, позволяющий распределять приложения по интранету и *World Wide Web*.

### *Программный инструментарий компании Oracle*

Продукт *Oracle Warehouse Builder (OWB)* вместе с РСУБД *Oracle8i* является средой для проектирования и развертывания хранилищ данных, витрин данных и приложений по деловому интеллекту в среде Интернет. В сочетании со стандартом общей модели хранилища (*Common Warehouse Model, CWM*) компании *Oracle* продукт предоставляет среду интеграции всех компонентов хранилища *Oracle*.

*OWB* состоит из следующих основных функциональных компонентов:

- ◆ репозитория (*Repository*), в котором хранится вся работа, произведенная пользователями;
- ◆ графического интерфейса пользователя, включающего графические редакторы и различные визарды. Интерфейс написан полностью на Java;
- ◆ генератора кодов, позволяющих развернуть хранилище данных; также написан полностью на Java;
- ◆ интеграторов, т. е. компонентов, позволяющих извлекать данные из разных источников данных;
- ◆ исполняемой части хранилища, которая устанавливается в схеме хранилища. Эта исполняемая часть является основой аудита, определения ошибок и их коррекции. Например, загрузка хранилища данных может быть перезапущена на основании информации, хранимой в таблицах исполняемой части.

Модель *CWM* вместе с соответствующим инструментарием и репозиторием решает проблему интеграции метаданных в большой организации. Это позволяет управлять корпоративными метаданными вне зависимости от используемых в организации систем управления метаданными (и, может быть, созданных разными фирмами).

Продукт *OWB* на верхнем уровне имеет следующие свойства:

- ◆ графический интерфейс пользователя, облегчающий быстрый и эффективный дизайн и развертывание хранилища данных;
- ◆ импорт внешних метаданных в свой репозиторий;
- ◆ поддержку проектирования схемы хранилища данных на основе как трех форм нормализации, так и на основе звезды. Дополнительно возможен импорт уже существующего проекта из инструментария *Oracle Design*;
- ◆ поддержку отображения (*mapping*) как на уровне таблицы – таблица, так и на уровне колонка – колонка. Существуют возможности различных вариантов трансформации данных;
- ◆ тесную интеграцию с РСУБД *Oracle8i*;
- ◆ автоматическую генерацию кодов;
- ◆ интеграцию с другими системами делового интеллекта через открытый стандарт *OWB*;
- ◆ поддержку доступа к данным в гетерогенных источниках данных;
- ◆ поддержку качества данных, позволяющего автоматически создавать высококачественные консолидированные профили заказчиков и соответствующие деловые данные, позволяющие впоследствии применять приложения по управлению отношениями с заказчиками.

Продукт *Oracle Darwin* предназначен для "разработки данных" и позволяет:

- ◆ получать по сети доступ к данным разных источников;
- ◆ использовать широкий набор трансформационных функций для подготовки данных к анализу (например, выборки образцов для анализа, генерация новых полей, работа с недостающими данными, соединение данных, замена величин; расщепление наборов данных на составляющие для тренировки, тестирования и оценки и многие другие);

♦ строить модели на основе разных алгоритмов, например C&RT, классификационные и регрессионные деревья (известные также как деревья решений), нейронные сети, техники ближайших соседей k-го порядка, кластерные техники. Различные модели могут выполняться в параллельном режиме, чтобы обрабатывать очень большие объемы данных (до терабайт).

Продукт *Oracle Darwin* очень тесно проинтегрирован с РСУБД *Oracle*. Функции по "разработке данных" встроены в базу данных, все манипуляции с данными происходят в базе данных.

### *Аналитические информационные системы Business Objects*

Аналитические информационные системы, построенные с помощью инструментария компании *Business Objects*, предназначены для создания самых сложных консолидирующих управленческих и аналитических отчетов на основе накопленных в организации распределенных разнородных данных.

Инструментарий компании *Business Objects* позволяет придать аналитическим системам широкий спектр функциональности:

♦ системного плана (доступ к базам данных разных производителей, управление политикой доступа пользователей к данным и информации, тесная интеграция с Интернетом, средства интеграции с другими аналитическими системами);

♦ прикладного плана (единый репозиторий разработки, построение отчетов по данным из разных источников, многомерный анализ агрегатов OLAP, поиск закономерностей в данных, автоматическая дистрибуция результирующей информации по расписанию и (или) событию).

Инструментарий *Business Objects* очень удобен в использовании.

Основной продукт компании – система *Business Objects*.

### *Краткое описание возможностей Business Objects*

Система *Business Objects* интегрирует на своей основе средства формирования запросов к данным из разных источников, средства исполнения запросов, средства просмотра данных с возможностями детализации и обобщения по иерархиям измерений, построения полноценных отчетов (как экранных, так и печатных).

**Технология "семантического слоя".** Система *Business Objects* использует технологию "семантического слоя" для организации доступа конечного пользователя к данным, которые могут располагаться в любом месте по сети и в любом формате баз данных. По этой технологии конечные пользователи формулируют запросы к базам данных, используя привычные термины своей предметной области. Этот подход пронизывает все продукты *Business Objects*.

Разработчик аналитической системы создает каталог терминов конечного пользователя (Universe) и определяет для каждого термина метод получения данных из того или иного источника данных. Он же задает исходные иерархии измерений (для многомерного анализа) и исходные форматы отображения объектов в отчетах.

Система работает следующим образом. Пользователь составляет запрос к источнику данных на языке предметной области, используя разработанные каталоги терминов. Система *Business Objects* автоматически преобразует этот запрос в скрипт SQL, оптимизируя количество и состав операторов SELECT, и производит выборку данных в локальный файл отчета. В процессе дальнейшей работы выборка может обновляться, пополняться или редуцироваться по желанию пользователя. Данные из выборок отображаются в отчете в виде таблиц, перекрестных таблиц, графиков или отдельных ячеек.

Одни и те же данные могут иметь несколько, в том числе и различных, отображений в зависимости от требований к документу. Пользователь может определять производные значения в виде контекстно-зависимых или "жестких" переменных и использовать их наравне с основными данными в локальных операциях сортировки, фильтрации, агрегирования, ранжирования и других операциях, наиболее часто используемых при составлении отчетов.

Применение технологии "семантического слоя" позволяет скрывать от конечного пользователя всю кропотливую работу по идентификации источника данных, извлечению данных из определенной структуры базы данных, обработки результатов запроса "на лету". Конечный пользователь работает непосредственно только с понятиями своей предметной области. Уровень подготовки пользователя, создающего отчеты в системе *Business Objects*, соответствует среднему уровню пользователя Excel.

Продукты компании *Business Objects* позволяют объединять информацию, полученную из различных

источников данных, в рамках одного документа, отчета, таблицы. Для этого пользователю достаточно определить несколько запросов и, может быть, указать, по каким полям полученные выборки связаны между собой, задавая тем самым логическую структуру данных отчета. Например, пользователи могут создать отчет, в котором будет произведено сравнение действительных расходов, полученных из данных РСУБД, и планируемых расходов, полученных из данных сервера OLAP.

**Пользователи Business Objects.** При работе с данными в *Business Objects* присутствует четкое разделение обязанностей.

Программисты описывают логические модели данных (и в отличие от традиционного пути не создают выборки "про запас", не пишут специальных приложений для каждого конкретного типа отчета).

Конечные пользователи, неявно используя эти модели и всю полноту описания в каталогах Universe, задают на понятном для себя естественном языке необходимую в данный момент информацию и получают ее. При этом информация может быть представлена и в многомерном виде, пригодном для непосредственного проведения аналитических операций и составления отчета.

Источником данных могут быть любые базы данных, доступные либо через ODBC32, либо напрямую (Oracle, Informix, MS SQL Server, DB2, Teradata). При прямом доступе используются особенности диалекта SQL конкретной RDBMS. Для получения информации из серверов OLAP, не использующих SQL (Oracle Express, MS SQL Server OLAP Services, IBM DB2 OLAP Server, Informix MetaCube), каталоги терминов Universe импортируются из них напрямую.

Инструментом создания Семантического слоя является продукт *designer*. В линейке продуктов компании *Business Objects* есть два основных модуля: *Business Objects* – для работы в локальной сети и *Webintelligence*, – аналогичный продукту *Business Objects*, но предназначенный для использования в сетях интернет/интранет/экстранет. *Webintelligence* использует технологии Java или ActiveX и разработан в распределенной компонентной архитектуре. Пользователи *Webintelligence* могут получать доступ к информации, находящейся вне их корпоративной базы данных на любом сайте в Интернете, следуя гиперссылкам.

**Средства анализа информации.** В продукты *Business Objects* и *Webintelligence* включен модуль проведения аналитической оперативной обработки данных (OLAP). Модуль позволяет непосредственно в отчете осуществлять операции детализации и обобщения данных, делать срезы информации, работать с перекрестными таблицами. Особенностью *Business Objects* является гибкость системы иерархий измерений, по которым пользователь может выполнять операции детализации и обобщения (Drill down/Drill up). Пользователь в любой момент может редактировать иерархии или вводить свои собственные.

Для выявления закономерностей в данных компания *Business Objects* предлагает модуль *BusinessMiner*, позволяющий в автоматическом режиме находить полезную информацию, скрытую в данных. Продукт *BusinessMiner* раскрывает закономерности, скрытые в данных, затем отображает их для простоты анализа в форме дерева решений. При помощи *BusinessMiner* пользователи могут отвечать на вопросы типа: "Что если...?"

Модуль *Set Analyzer* расширяет функциональность *Business Objects* и *WebIntelligence*, добавляя возможности более мощного анализа очень больших баз данных и ускоряя процесс создания запросов. Модуль использует основанный на множествах анализ, позволяющий создавать очень сложные выборки. *Set Analyzer* интегрирован с *Business Objects* и *WebIntelligence* на уровне метаданных, кроме этого он может быть интегрирован с другими приложениями, например картографическими.

Программный продукт *Business Query for STATISTICA* объединяет технологию построения запросов *Business Objects* с мощными средствами статистического анализа и уникальными графическими и аналитическими возможностями пакета *STATISTICA*. *Business Query for STATISTICA* обеспечивает пользователям, работающим с информацией из корпоративных баз данных, дополнительную возможность использовать весь спектр аналитических методов ее обработки при помощи *STATISTICA*. Запрошенные данные будут появляться в виде таблиц системы *STATISTICA*, где можно будет проводить их дальнейшее статистическое исследование.

**Распределение и рассылка информации.** *Broadcast Agent* является интегрированным корпоративным сервером отчетов и распространения этих отчетов. Продукт позволяет публиковать, распространять по push-каналам и транслировать группам пользователей предварительно созданные или готовые отчеты, основанные на корпоративных данных, через Интернет, репозиторий *Business Objects* и большой набор выводных устройств. *Broadcast Agent* использует ту же самую распределенную

компонентную архитектуру, что и *Webintelligence*.

*Broadcast Agent* поддерживает такие технологии информационного широкого вещания, как электронная почта, web-страницы, факсы, телефония и персональные цифровые помощники (*personal digital assistants*). Наконец, продукт использует технологии бурстинга (*bursting* – взрыв) отчетов, когда пользователь, создавая для себя отчет, одновременно посылает отдельным пользователям-получателям только ту информацию, к которой последние имеют право доступа.

Пользователи могут использовать *Broadcast Agent*, чтобы автоматически выполнять рассылку отчетов в определенное время (например, каждый второй понедельник месяца) или по какому-либо предопределенному условию (обновление хранилища данных).

**Безопасный доступ и хранение информации.** Система *Business Objects* функционирует в режиме объединения рабочих мест в систему с централизованным администрированием прав пользователей, общими репозиториями Universe и документов. Этот режим обеспечивается работой через единый репозиторий и организуется следующим образом.

При помощи модуля *Supervisor* создается база данных, которая может быть открыта на любом корпоративном SQL-сервере, доступном со всех рабочих мест. База будет содержать несколько доменов. Домен Universe позволяет производить дистрибуцию наборов бизнес-терминов от разработчиков к пользователям. Если пользователь создал по какому-то Universe документ, а потом разработчик или администратор изменили этот Universe в домене, то с этого момента запросы будут проходить по обновленной схеме. Домен документов является местом централизованного хранения и дистрибуции разработанных отчетов между пользователями системы. Через этот домен пользователь может отправить документ на обработку заданий (обновление отчета, печать, экспорт отчета на Web, рассылка по списку и выполнение скриптов) по расписанию или наступлению предопределенного события с помощью *Broadcast Agent*.

Домен безопасности хранит информацию о правах пользователей системы. Начиная с момента подключения рабочего места к домену безопасности, вход в систему будет происходить через процедуру аутентификации пользователя. Документы и термины Universe, созданные в этом режиме, становятся недоступными пользователям при отключении их от домена или при отсутствии разрешения администратора на работу в режиме *off-line*.

Администратор может определять время работы пользователя, его права по доступу к данным и функциональным возможностям системы. При назначении прав доступа к данным администратор может ограничить конкретного пользователя как по доступу к отдельным объектам Universe, так и по значениям данных. При назначении прав доступа к функциональности системы администратор может как назначить пользователю вид управления приложением, так и запретить ему выполнение отдельных операций (вплоть до копирования в Clipboard). Все операции администрирования могут производиться с одного рабочего места администратора *Supervisor*.

Практика показывает, что одновременно в системе могут работать более 10 000 пользователей.

Можно сказать, что уровень западных информационных технологий в области систем ППР кардинально изменился. Сейчас уже реально быстро создавать промышленные высокопроизводительные и высоконадежные аналитически-информационные системы корпоративного уровня. Ширится их применение. Например, в Великобритании в ближайшие несколько лет в среднем 50% крупных государственных и коммерческих организаций выразили желание применить эти технологии.

Существенным фактором абсолютного спроса на системы ППР является накопление в организациях больших объемов электронных данных, которые становятся объектом рассмотрения как таковые и, как оказалось, несут в себе важную, но еще не обнаруженную деловую информацию.

Архитектура систем ППР позволяет создавать распределенное хранение данных (назовем его "центр хранения" распределенную обработку данных (центр обработки, центр исследования) и распределенное потребление полученной информации. Поддерживается иерархическое построение центров обработки и хранения данных, когда одни центры могут быть полностью зависимыми от других. Центры обработки данных являются высокоспециализированными и оперируют только теми данными, которые передаются им из центров хранения. Более детальная (и в этом отношении узкая) обработка может совершаться в местах, зависимых от центров обработки. Свободная работа с данными организуется в специальных центрах исследования.

В России, очевидно, уже накоплено достаточное количество и разнообразие электронных данных, чтобы всерьез думать о начале их эффективного применения. Необходимыми условиями инвестиций в

работы являются: четко поставленная реальная задача с обязательно точно определенным выходом и хорошо просчитываемым эффектом. Только в этом случае эта дорогая деятельность докажет свою необходимость.

Для развертывания этого направления необходимы: денежные ресурсы, небольшое число технических профессионалов (системы ППР не требуют для своего создания больших коллективов разработчиков), профессионалы-эксперты предметной области и постоянное внимание к проекту высших руководителей организации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня трудно представить, что когда-то научные методы обоснования решений были экзотикой. В круг интересов ТПР сегодня входят различные области экономики, политики, социологии, управления. Активно используемый на практике аппарат теории принятия решений насчитывает сотни процедур, многие из которых являются составной частью современных пакетов прикладных программ для ЭВМ.

К сожалению, проблемы возникают чаще, чем успевает развиваться аппарат для их решения. Сегодня весьма актуальными, жизненно важными становятся вопросы, о возникновении которых мы даже не могли предположить несколько лет назад. Прежде всего это проблемы экологические, межнациональные, проблемы обеспечения безопасности государства в многополярном мире. Отличительной особенностью этих новых проблем является слабая понятийная насыщенность, предельно низкая структурированность, высокая степень неопределенности последствий, а также невозможность прямого приложения традиционных для вчерашнего, а отчасти и сегодняшнего дня, методов к содержательному анализу новых проблем разработки решений. Важной теоретической проблемой сегодняшнего дня становится даже не углубление методологической базы, а многоаспектная задача "адаптации" к конкретным проблемным ситуациям для конкретных категорий ЛПР. Прежде всего нужно искать новые подходы и средства для экспликации и измерения таких важных составляющих результата любой операции, как его "эффект", "время" и "затраты", с их материальными, экономическими, экологическими, социальными, политическими, моральными и другими релевантными атрибутами. Особую значимость приобретают вопросы разработки аппарата обоснования решений при комплексном действии неопределенных факторов, особенно с учетом динамики развития рассматриваемых событий и связанных с ними рисков. При этом, в силу сложности математического аппарата обоснования, попытка обучить каждое ЛПР всем тонкостям ТПР оказывается бесперспективной. Следовательно, одной из основных проблем становится адаптация аппарата к "среднеподготовленному" пользователю и создание на базе современных и перспективных средств ЭВТ и связи специализированных систем поддержки принятия решений, о которых шла речь в учебнике. Более того, без разработки и применения таких систем уже в ближайшем будущем научное обоснование решений не представляется возможным.

Авторы надеются, что учебник будет способствовать решению этой (одной из важнейших) проблемы информатизации общества.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антикризисное управление / Под ред. Э. М. Короткова. М.: Инфра-М, 2000.
2. Берка К. Измерения: понятие, теория, проблемы / Пер. с чеш.; Под ред. Б. В. Бирюкова. М.: Прогресс, 1987.
3. Боумен У. Графическое представление информации / Пер. с англ. М.: Мир, 1971.
4. Братко И. Программирование на языке ПРОЛОГ для искусственного интеллекта/ Пер. с англ. М.: МИР, 1990.
5. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1968.
6. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1980.
7. Виссема Х. Менеджмент в подразделениях фирмы / Пер. с англ. М.: Инфра-М., 1996.
8. Воробьев С. Н., Егоров Е. С., Борисов Э. В. Метод и алгоритм моделирования процесса принятия решения оператором при контроле сложных систем // Электронное моделирование. 1992. № 1.
9. Воробьев С. Я., Варфоломеев В. И. Принятие управленческих решений. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2001.
10. Воровкин А. В., Микитенко И. И., Охотников Г. И. Компьютерные сети на основе FTN-технологий. М.: Дело РВСН, 2001.

11. Глушаков С. В., Ломотько Д. В. Базы данных: Учеб. курс. М.: ООО "Издательство АСТ", 2001.
12. Горстко А. Д. К вопросу о содержании понятия "имитационное моделирование": Имитационное моделирование экономических систем. М.: Наука, 1978.
13. ГОСТ 19.101-77, 19.002-80, 19.003-80. Виды программ и программных документов. Схемы алгоритмов и программ. Правила выполнения. Обозначения условные графические. М: Изд-во стандартов, 1984.
14. ГОСТ 24.003-84, 24.101-80, 24.103-84, 24.104-85, 24.101-85, 24.205-80, 24.301-80, 24.302-80, 24.303-80, 24.304-82, 34.003-90, 34.602-89. АСУ. Основные положения. Термины и определения. Общие требования. Техническое задание на АСУ. Условные обозначения. М.: Изд-во стандартов, 1988.
15. Гумилев Л. Н. От Руси до России / Сост. и общ. ред. А. И. Курчи. М.: "Институт ДИ-ДИК", 1997.
16. Деловой визит. 1993. № 22, 23.
17. Инновационный менеджмент: Справочное пособие. СПб.: Наука, 1997.
18. Интеллектуальные САПР технологических процессов в радиоэлектронике / Алиев А. С, Волков Л. С, Ильин В. И. и др.; Под ред. В. И. Ильина. М.: Радио и связь, 1991.
19. Иоффе А. Ф. Персональные ЭВМ в организационном управлении. М.: Наука, 1988.
20. Искусственный интеллект. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы / Под ред. Э. В. Попова. М.: Радио и связь, 1990.
21. Исследование операций. В 2 т. Т. 1. Методологические основы и математические методы / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. Пер. с англ. М.: Мир, 1981.
22. Кипи Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения/ Пер. с англ. Под ред. И. Ф. Шахнова. М.: Радио и связь, 1981.
23. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений/ Пер. с польск. Под ред. Б. В. Бирюкова. М.: Прогресс, 1979.
24. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств/ Пер. с франц. М.: Радио и связь, 1982.
25. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия. Телеком, 2001.
26. Лескин А. А., Мальцев В. Н. Системы поддержки управленческих и проектных решений, Л.: Машиностроение, 1990.
27. Лейз А., Грибомон П., Луи Ж. и др. Логический подход к искусственному интеллекту: от классической логики к логическому программированию / Пер. с франц. М.: Мир, 1990.
28. Лэнд П. Э. Менеджмент – искусство управлять / Пер. с англ. М.: Инфра-М, 1995.
29. Льюис Р., Райфа Х. Игры и решения/ Пер. с англ. Под ред. Д. Б. Юдина. М.: Иностран. лит., 1961.
30. Массальский В. И. Скобелев: Исторический портрет. М.: Андреевский флаг, 1998.
31. Математические методы в современной буржуазной социологии: Сб. статей. М.: Прогресс, 1966.
32. Максимей И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ. М.: Радио и связь, 1988.
33. Малпас Дж. Реляционный язык. Пролог и его применение / Пер. с англ. Под ред. В. Н. Соболева. М.: Наука, 1990.
34. Менеджмент /Под ред. М. М. Максимцова, М. А. Комарова. М.: ЮНИТИ, 2002.
35. Мешанин Ю. М. Что такое "разложить по пальцам" // ЭКО. 1991. № 3(201). С. 165–175.
36. Мир управления проектами/ Под ред. Х. Решке, Х. Шелле; Пер. с англ. М.: АЛАНС, 1993.
37. Мишич П. Как проводить деловые беседы / Пер. с серб.-хорв.; Общ. ред. и предисл. В. М. Шепеля. М.: Экономика, 1983.
38. Нагао М., Катаяма Т., Уэмура С. Структуры и базы данных/Пер. с япон. М.: Мир, 1986.
39. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. 1988.
40. Нарткотт Д. Принятие инвестиционных решений / Пер. с англ. М.: Банки и биржи; ЮНИТИ, 1997.
41. Нанс Б. Компьютерные сети / Пер. с англ. М.: БИНОМ, 1995.
42. Науман Э. Принять решение– но как? / Пер. с нем. М.: Мир, 1987.
43. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему / Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1991.
44. Ожегов С. И. Словарь русского языка: 70 000 слов/Под ред. Н. Ю. Шведовой. 22-е изд. М.: Русский язык, 1990.
45. Оуэн Г. Теория игр / Пер. с англ. М.: Мир, 1971.
46. Першиков В. И., Савинков В. М. Толковый словарь по информатике. М.: Финансы и статистика, 1991.

47. *Поспелов Г. С.* Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. М.: Наука, 1988.
48. *Райгородский Д. Я.* Психология масс: Хрестоматия. Самара: Изд. Дом "БАХРАН", 1998.
49. *Робертс Ф.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, 1986.
50. Словарь по кибернетике: Св. 2000 ст. / Под ред. *В. С. Михалевича*. 2-е изд. Киев: Гл. ред. УСЭ им. М. П. Бажана, 1989.
51. Советский энциклопедический словарь / Под ред. *А. М. Прохорова*. М.: Советская энциклопедия, 1980.
52. *Старобинский Э. Е.* Как управлять персоналом? М.: Интел-Синтез, 1995.
53. *Танаев В. С., Гордон В. С., Шафранский Я. М.* Теория расписаний. Одностадийные системы. М.: Наука, 1984.
54. *Таха Л.* Введение в исследование операций. В 2 кн. / Пер. с англ. М.: Мир, 1985.
55. Толковый словарь по искусственному интеллекту. М.: Радио и связь, 1992.
56. *Уотермен Д.* Руководство по экспертным системам / Пер. с англ. М.: Мир, 1989.
57. *Уткин В. Б., Балдин К. В.* Современные информационные системы и технологии в экономике. М.: ЮНИТИ, 2003.
58. *Файоль А., Эмерсон Г., Тейлор Ф.* и др. Управление – это наука и искусство. М.: Республика, 1998.
59. Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983.
60. *Хант Э.* Искусственный интеллект. М.: Мир, 1978.
61. *Химмельблау Д.* Анализ процессов статистическими методами. М.: Мир, 1989.
62. *Циткритзис Д., Лоховски Ф.* Модели данных / Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1985.
63. *Четвериков В. Н., Ревунков Г. И., Самохвалов Э. Н.* Базы и банки данных. М.: Высшая школа, 1987.
64. *Шеннон Р.* Имитационное моделирование систем искусство и наука. М.: Мир, 1978.
65. Экспертные системы. Принципы работы и примеры / Пер. с англ. *А. Брукинг, П. Джонс, Ф. Кокс и др.* / Под ред. *Р. Форсайта*. М.: Радио и связь, 1987.
66. Электроника, компьютеры, связь // MegaPlus. 1999. № 5.
67. Executive Information Systems, Inc. White Paper No. Three, March 27, 1997. Data Warehouses and Marts: A Dynamic View, by Joseph M. Firestone, Ph.D.
68. Evaluating OLAP Software by Dan Bulos ([http:// www.datawarehouse.com](http://www.datawarehouse.com)).
69. DM Direct, Volume 1, Issue 17, April 1999, Six Letters of Decision Support Architectures by Michael Fine.
70. Data Marts and Data Warehouse: Information Architecture for the Millenium by W. H. Inmon.
71. Intelligent Interprise Magazine, January 1, 2000, V. 3, № 1, The Dozen: The 12 Most Influential Companies in IT.

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	8
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ РЕШЕНИЙ .....	8
1.1. Организация разработки решений руководителем на основе системного анализа складывающейся обстановки .....	15
1.1.1. Порядок работы руководителя при разработке решений и при управлении.....	16
повседневной деятельностью персонала .....	16
1.1.2. Основные понятия и определения теории принятия решений .....	19
1.1.3. Факторы, определяющие эффективность решений .....	23
1.1.4. Концепции, принципы и парадигмы разработки решений .....	26
1.1.5. Модель проблемной ситуации.....	30
1.2. Процесс разработки решений в сложных ситуациях .....	35
1.2.1. Содержание процесса обоснования решений .....	36
1.2.2. Критерии принятия решений и их шкалы .....	38
1.2.3. Содержание процесса принятия решений .....	43
1.2.4. Общая характеристика проблемы коммуникации в процессе разработки решений в сложных ситуациях .....	45
1.2.5. Содержание процесса контроля .....	47
1.3. Постановки и основные методы решения базовых задач .....	48
обоснования решений .....	48

1.3.1. Задача измерения .....	49
1.3.2. Задача получения информации для анализа условий и выявления "механизма ситуации" .....	52
1.3.3. Задача формирования исходного множества альтернатив .....	56
1.3.4. Задача оценки альтернатив .....	59
1.3.5. Задача моделирования предпочтений. Основные модели предпочтений .....	63
<b>2. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОПРЕДЕЛЕННОСТИ</b> .....	<b>67</b>
2.1. Постановка задачи обоснования решений в условиях определенности .....	67
2.2. Технологии решения задач по скалярному критерию .....	70
2.3. Эффективные альтернативы и технологии их отыскания без учета относительной важности частных критериев .....	76
2.4. Технологии отыскания эффективных решений с учетом относительной важности критериев .....	82
2.5. Технология реализации базовых методов решения многокритериальных задач .....	86
<b>3. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ</b> .....	<b>94</b>
3.1. Составляющие и источники рисков в управлении .....	97
3.2. Технологии принятия решений в условиях стохастического риска .....	100
3.3. Технологии принятия решений в условиях поведенческого риска .....	107
3.3.1. Технология предварительного анализа проблемной ситуации с использованием теории матричных игр .....	108
3.3.2. Методы обоснования решений с использованием биматричных бескоалиционных и биматричных кооперативных игр .....	112
3.3.3. Технология анализа игр N лиц и методы группового выбора .....	118
3.3.4. Технология ведения деловых бесед .....	121
3.4. Методы и технологии принятия решений в условиях "природной" неопределенности .....	131
3.4.1. Классические методы решения "игр с природой" .....	132
3.4.2. Технологии принятия решений с учетом нескольких характеристик системы предпочтений ЛПП .....	134
<b>4. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b> .....	<b>140</b>
4.1. Автоматизированные информационные системы в экономике .....	140
4.1.1. Основные понятия и определения .....	140
4.1.2. Классификация автоматизированных информационных систем .....	142
4.2. Информационное обследование профессиональной деятельности .....	146
4.2.1. Объекты автоматизации в системе управления организацией .....	147
4.2.2. Характеристика подходов к автоматизации управленческой деятельности .....	149
4.2.3. Порядок проведения информационного обследования управленческой деятельности .....	150
4.3. Технология создания и применения специального (прикладного) программного обеспечения .....	152
4.3.1. Содержание работ на этапах создания информационных, расчетных задач и их комплексов .....	152
4.3.2. Порядок внедрения информационных, расчетных задач и их комплексов .....	154
4.3.3. Порядок использования информационных, расчетных задач и их комплексов в практике работы аппарата управления .....	156
<b>5. ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ</b> .....	<b>157</b>
5.1. Методологические основы автоматизации поддержки принятия решений .....	157
5.1.1. Концепция автоматизации поддержки принятия управленческих решений .....	157
5.1.2. Типы управленческих решений и формы их поддержки .....	159
5.1.3. Классификация систем поддержки принятия решений .....	163
5.2. Организация информационной поддержки управленческой деятельности .....	165
5.2.1. Структура и основные задачи автоматизированных информационно-справочных систем .....	165
5.2.2. Технология проектирования базы данных .....	167
5.2.3. Современные компьютерные сети .....	173
5.3. Организация вычислительной поддержки управленческой деятельности .....	177
5.3.1. Методы моделирования экономических информационных систем .....	177
5.3.2. Методологические основы применения метода имитационного моделирования .....	180
5.3.3. Основы организации имитационного моделирования .....	184
5.4. Организация интеллектуальной поддержки управленческой деятельности .....	188
5.4.1. Методологические основы теории искусственного интеллекта .....	188
5.4.2. Методы моделирования знаний .....	192
5.4.3. Организационные основы разработки и применения экспертных систем .....	198
5.5. Анализ зарубежного опыта применения современных информационных технологий при создании систем поддержки принятия решений .....	205
5.5.1. Этапы развития современных информационных технологий .....	205
5.5.2. Основные функции новых информационных технологий .....	211
5.5.3. Принципы распределенного построения СППР .....	217
5.5.4. Примеры программных средств, используемых для поддержки принятия решения .....	219

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	225
ЛИТЕРАТУРА .....	225