

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Толерантность, права человека и предотвращение конфликтов, социальная
интеграция людей с ограниченными возможностями»

Факультет политологии и социологии
Кафедра социальной работы

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ**

Курс лекций

Составитель: Кислов Алексей Геннадьевич,
к.ф.н., доцент, кафедра онтологии и теории познания, УрГУ

Екатеринбург
2007

СОДЕРЖАНИЕ:

Программа дисциплины **Ошибка! Закладка не определена.**

Раздел 1. Системы и их свойства.....	3
Тема 1.1 Определение системы	3
Тема 1.2 Динамические модели систем	16
Тема 1.3 Классификации систем	23
Раздел 2. Основы теории принятия решений.....	33
Тема 2.1 Принятие решения в структуре человеческой деятельности.....	33
Тема 2.2 Принятие решения как функция управления.....	44
Тема 2.3 Методы и модели принятия решений.....	56
Тема 2.4 Количественные методы принятия решений.....	84
Тема 2.5 Многокритериальные задачи принятия решений	92

Раздел 1. Системы и их свойства

Тема 1.1 Определение системы

Понятие «**система**» относится к числу тех, для которых трудно дать абсолютно корректное определение. Стоит вспомнить сложности с определением других теоретических понятий, таких как «множество», «конструкция» и т.д. Иногда удобнее считать «системность» некой регулятивной идеей, а не теоретическим понятием. Для начала знакомства гуманитариев с основами системного анализа стоит воспользоваться и интуитивным представлением, которое имеется практически у каждого человека. Гораздо важнее строгости определения разобраться на данном этапе изучения, какие процессы определяют системное поведение, какие характеристики систем наиболее важны, и какой математический или иной аппарат нужен для ее адекватного анализа.

Начнем с того, что слово «**система**» происходит от древнегреческого слова *συστήμα* (*systema*), которое имело значение – *составленное из частей целое*. Философское видение организованности, упорядоченности и целостности объектов бытия и феноменов познания сохранилось с античных времен до наших дней, переживая резонные периоды своих кризисов и последующих возрождений, по мере того как человечество осваивало новые виды и формы целостных объединений различных объектов и явлений.

Именно **организованность, взаимосвязанность и целостность** рассматривают в качестве основных свойств систем многочисленные определения, встречающиеся в современной науке. Например:

Система – это организованная совокупность взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность.

Кроме того, в определениях ли, в дальнейших ли разъяснениях, обсуждаются:

- **эмерджентные** свойства систем: *в результате организации системы возникают новые свойства целого, отсутствующие у отдельных частей;*
- **динамический** аспект систем: *«общее определение системы состоит в том, что система есть идущий процесс»* (С.Л. Оптнер);
- **функциональное** значение систем: *«система есть средство, с помощью которого выполняется процесс решения проблем»* (С.Л. Оптнер), другими словами: *«система есть средство достижения цели».*

* * *

Теперь ключевые объекты и характеристики систем рассмотрим более подробно:

Функционирование системы:

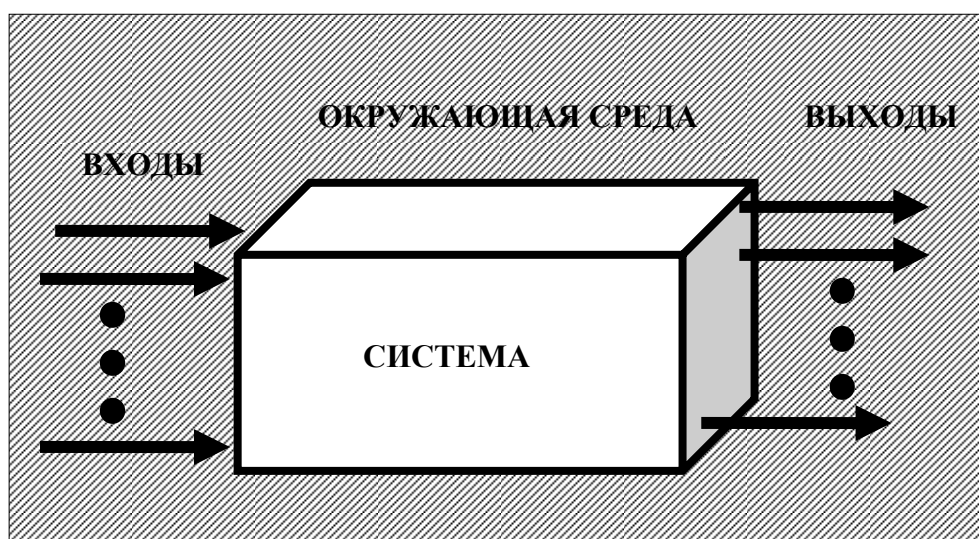
О каждой системе можно сказать, что она существует в конкретной **окружающей среде** и обуславливается ею. Первое условие окружающей среды есть граница, внутри которой действует система. Специалист по анализу систем не может проводить неограниченные исследования, необходимые для того, чтобы понять все условия, влияющие на действие системы. Понятие **границы** предписывает предел, внутри которого объекты, свойства и их связи можно адекватно объяснить и обеспечить управление ими. Системы и их границы могут быть определены просто, если их объекты по своей природе являются абсолютными или конечными, в противном случае вопрос о границе системы является нетривиальным.

Запланированные заранее изменения в окружающей среде можно рассматривать как результат функционирования системы, как цель ее поведения. **Поведение (динамика, процесс) системы** – это временная последовательность ее реакций, т.е. ответных действий на внешние воздействия.

Система связана с окружающей средой и с помощью этих связей на нее воздействует. Изобразим связи в виде стрелок (Рис. 1.):

- **входами** будем называть те связи, которые направлены извне, от среды в систему, т.е. способы воздействия на нее;
- **выходами** будем называть те связи, которые направлены вовне, от системы в среду, т.е. способы воздействия системы на окружающую среду.

Рис.1.



В результате получилась модель системы по типу «черного ящика», когда отсутствуют сведения о внутреннем содержании рассматриваемой системы, а задаются только входные и выходные связи системы со средой. Несмотря на внешнюю простоту, такой тип моделей играет важную роль в системном анализе.

Продемонстрируем возможности функционального уровня моделирования систем на примере формального анализа феномена *ответного действия*, т.е. явления («выхода»), которое следует со стороны S за другим явлением («входом»), следующим со стороны S' и вызываемое последним. Таким образом, рассматривается взаимодействие равнозначных систем, причем S' может рассматриваться как системный фрагмент окружающей среды, или

как окружающая среда в целом как система. Но нам важен здесь, на функциональном уровне рассмотрения, лишь факт ответа S на воздействие S' – содержательная сторона, характер, суть ответа и внутренний (внутрисистемный) механизм реакции нас не интересует.

Возникает необходимость создать язык, который мог бы описывать взаимодействие любых систем в одних и тех же терминах, что позволило бы применять этот язык для моделирования ответного действия систем, для описания их поведения, например, в ходе эксперимента, или в других, более сложных ситуациях решения поведенческих задач.

Дадим общую схему такого системного языка – *«наиболее общего языка, который может быть пригоден для описания взаимодействия таких различных по сложности систем, как системы обладающие психикой и мир прочих макротел, в том числе равных им по сложности»* (В.Н. Дружинин).

Записать взаимодействие двух систем можно в форме условного высказывания «если S' воздействует ..., то S отвечает ...» – в этом случае взаимодействие определено однозначно. В случае множественности описаний типа «если $A(S')$, то либо $B(S)$, либо $C(S)$, либо $D(S)$...» – возникает необходимость введения дополнительных посылок для однозначности описания. Это позволяет не рассматривать сложный вероятностный подход, т.е. высказывания типа: «если $A(S')$, то $PB(S) = 0,3$, $PC(S) = 0,6$, $PD(S) = 0,1$ », а определить тематическую посылку – учитывая дополнительные условия, ответное действие можно описать с заданным уровнем точности в ассерторической логике (если эмпирические данные имеют статистический характер).

Мы уже определили некоторые понятия: S' – как перводействующую систему, S – как отвечающую систему. Пусть $S' \cap S = \emptyset$ – для избегания усложнения исключаем возможность воздействия системы на саму себя. Определим MS – как метасистему (или $S' \cup S$).

Рассмотрим простейший случай взаимодействия систем, при котором существуют только два типа отношений: R и $\sim R$ – воздействие и его отрицание

(активность и пассивность). $\sim R$ – может быть интерпретировано как отсутствие воздействия вообще, отсутствие воздействия данного типа, требуемого воздействия. Причём $\sim R$ нельзя рассматривать как отсутствие взаимодействия – это отсутствие именно воздействия со стороны одной из систем. Так, если отсутствие воздействия со стороны S' ведёт к воздействию S на S' , т.е. $\sim(S'RS) \supset (SRS')$, то это ответное действие можно в определенных содержательных ситуациях рассматривать как «упреждающий удар». При воздействии S' на S , но при отсутствии обратного воздействия, т.е. $(S'RS) \supset \sim(SRS')$, мы говорим об ответном действии как об отсутствии воздействия. Отношения R и $\sim R$ – асимметричны, антирефлексивны, атранзитивны. Для удобства записи в схемах обозначим: R как \longrightarrow , а $\sim R$ как $\longrightarrow|$.

При рассмотрении ответного действия определяющим элементом становится S – отвечающая система. Её состояние, ведущее к ответному действию, либо к R , либо к $\sim R$, назовём макросостоянием или типом S и постулируем систему правил для каждого типа, в зависимости от воздействия со стороны S' – перводействующей системы.

	$(S' \longrightarrow S) \supset (S \longrightarrow S')$	
Активный тип – S(A) :	$(S' \longrightarrow S) \supset (S \longrightarrow S')$	(I)
	$(S' \longrightarrow S) \supset (S \longrightarrow S')$	
Пассивный тип – S(P) :	$(S' \longrightarrow S) \supset (S \longrightarrow S')$	(II)
	$(S' \longrightarrow S) \supset (S \longrightarrow S')$	
Реактивный тип – S(R) :	$(S' \longrightarrow S) \supset (S \longrightarrow S')$	(III)
	$(S' \longrightarrow S) \supset (S \longrightarrow S')$	
Негативно-реактивный тип – S(NR) :	$(S' \longrightarrow S) \supset (S \longrightarrow S')$	(IV)

Других типов, макросостояний S по отношению к S' – нет.

Отметим, что S' также имеет четыре макросостояния, аналогичных рассмотренным, и может в определённых случаях рассматриваться как отвечающая система, т.е. S и S' – меняются местами. Определив типы S и S' при взаимодействии, т.е. определив их координационные отношения, перейдём к отношениям субординации. Выявим типы самих взаимодействий, которые реализуются при различных сочетаниях внутри MS – метасистемы, используя только систему правил, приведённую выше.

Табл. 1.

		S			
		A	P	R	NR
S'	A	(S'RS) (SRS')	(S'RS) ~(SRS')	(S'RS) (SRS')	(S'RS) ~(SRS')
	P	~(S'RS) (SRS')	~(S'RS) ~(SRS')	~(S'RS) ~(SRS')	~(S'RS) (SRS')
	R	(S'RS) (SRS')	~(S'RS) ~(SRS')	$\frac{\sim(S'RS)}{\sim(SRS')}$ ~(S'RS) ~(SRS')	в статике не существует
	NR	~(S'RS) (SRS')	(S'RS) ~(SRS')	в статике не существует	$\frac{\sim(S'RS)}{(SRS')}$ (S'RS) ~(SRS')

Каждая ячейка здесь – это MS, т.е. метасистема.

В MS – где хоть одна компонента является А или Р – реализуется только один тип взаимодействия. В MS – где компоненты только R или только NR – допускаются два типа взаимодействия. Для однозначного определения поведения таких MS необходимо использовать понятия: ME – метасреда, что-то внешнее (вне системы), или SE – субсреда, что-то внутреннее (внутри системы), что заставляет её воздействовать на другую систему. Эти понятия решают проблему формализации причины взаимодействия S и S'. В случае воздействия ME или SE на S'(R), она воздействует на S(R), и наоборот: $\sim(MERS'(R)) \rightarrow \sim(S'(R)RS(R)) \rightarrow \sim(S(R)RS'(R))$. Обратное справедливо для метасистемы с NR компонентами.

Наиболее интересны случаи сочетания R и NR компонентов в одной MS. Эта MS в статике является несовместимой, т.к. совместное выполнение правила реактивности для одной компоненты и негативной реактивности для другой невозможно. Допустим: S(NR); S'(R). При $(MERS'(R)) \rightarrow (S'(R)RS(NR)) \rightarrow \sim(S(NR)RS'(R))$ по аксиоме IV. Но т.к. $\sim(S(NR)RS'(R))$, то по аксиоме III для S'(R) справедливо $\sim(S'(R)RS(NR))$. Это противоречит аксиоме IV для S(NR). Аналогичное противоречие и при $\sim R$.

Чтобы данная MS существовала, введём параметр T (время) и постулируем, что воздействие (равно и $\sim R$) S'RS и SRS' не совместимы в один момент времени, а приходятся на разные ΔT последовательно. В этом случае MS ведёт себя периодически:

$$ME(SE) \longrightarrow S'(R) \longrightarrow S(NR) \dashrightarrow S'(R) \dashrightarrow S(NR) \longrightarrow S'(R) \longrightarrow \dots$$

$$ME(SE) \dashrightarrow S'(R) \dashrightarrow S(NR) \longrightarrow S'(R) \longrightarrow S(NR) \dashrightarrow S'(R) \dashrightarrow \dots \quad (V)$$

$$ME(SE) \longrightarrow S'(NR) \dashrightarrow S(R) \dashrightarrow S'(NR) \longrightarrow S(R) \longrightarrow S'(NR) \dashrightarrow \dots$$

$$ME(SE) \xrightarrow{R} S'(NR) \xrightarrow{R} S(R) \xrightarrow{R} S'(NR) \xrightarrow{R} S(R) \xrightarrow{R} S'(NR) \xrightarrow{R} \dots \quad (VI)$$

Аксиомы V, VI – для рассмотрения ответного действия в MS с R и NR компонентами в динамике.

В целом, в MS, при наличии R и $\sim R$ возможны следующие типы взаимодействий:

- 1) взаимоактивные состояния;
- 2) воздействие одной системы на другую;
- 3) взаимопассивные состояния;
- 4) циклический процесс.

Таковы типы взаимодействия в MS, ее макросостояния (не путать с макросостояниями S). Но мы видим, что сходные по типу взаимодействия метасистемы могут различаться по компонентному составу. Возникает задача распознавания состава MS, если известен тип взаимодействия, реализующийся в ней. Для этого применяют к компонентам MS как минимум две операции (при R и $\sim R$), а именно:

- превращение одной из них в активную, путём введения дополнительного воздействия;
- превращение этой же компоненты в пассивную, путём изоляции от воздействия.

Например, в случае взаимоактивного типа $(S'RS) \supset (SRS')$ компонентный состав MS может быть различным: $S'(A) - S(A)$, $S'(A) - S(R)$, $S'(R) - S(A)$, $S'(R) - S(R)$. Соответственно – различны результаты изменения взаимодействия в MS при последовательном применении операторов к её компонентам. Зная эти результаты можно на основе сопоставления данных с эталоном определить состав MS.

Приведённый логико-системный подход позволяет обосновать то, что для получения заданного ответного действия необходимо и достаточно

организовать MS для его реализации, а, зная тип взаимодействия систем в MS, можно определить макросостояния, т.е. типы самих систем.

Следует помнить, что любая модель отлична от оригинала. Модель – лишь приближение к изучаемому оригиналу с большой степенью упрощения и огрубления. Переносимые в процессе работы с моделью результаты на оригинал, нужно всегда учитывать все допущения, имеющиеся в модели, что конечно ограничивает сферу её применимости. Чем большая отвлечённость от содержания, тем не шире, а уже сфера переноса результатов на оригинал без недопустимых искажений.

Предложенная выше системная модель включает в себя сильные идеализации, поэтому сама не имеет конкретного практического значения. Но это попытка создания основы, базы для построения более конкретных и сложных моделей поведения, где идеализации, допущения – меньше, а сфера применимости – больше, значит и больше их практическая значимость.

Состав системы:

При анализе системы рассматривается ее состав, т.е. перечень ее элементов и подсистем, образующих данную систему, с указанием отношений «часть – целое».

Элементы системы – условно неделимые части системы, обладающие определенными свойствами.

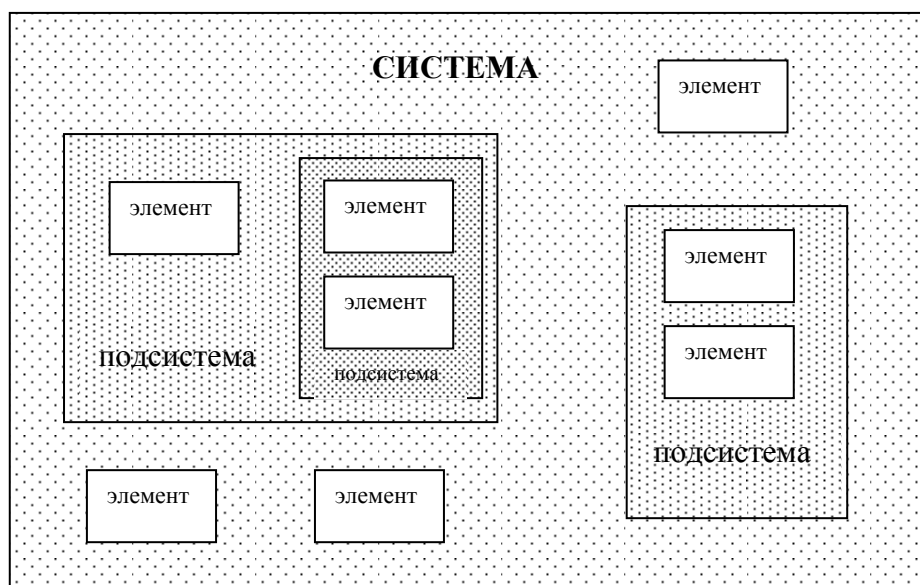
Подсистемы – это части системы, сами рассматривающиеся как системы, обладающие определенной автономностью, но в то же время зависимые от основной системы.

Отдельный элемент, впрочем, также можно рассматривать и как систему, например, человека в медицинских исследованиях необходимо рассматривать как *систему*, а для анализа социологических опросов, оправданно как *элемент социальной системы*. Или, другой пример, планета Земля есть *элемент солнечной системы*, состоящей из Солнца и девяти планет, но если мы изучаем

собственно Землю, то она уже будет *системой*, а, например, ее атмосфера – *элемент (или подсистема) этой системы*.

Иерархия системы – это разделение ее на различные уровни; высший соответствует всей системе, а низший образован ее элементами; промежуточные же уровни состоят из подсистем. Все системы построены по иерархическому принципу, согласно которому каждый уровень организации, обладая известной автономией, подчинен более высокому уровню.

Рис.2.



Структура системы:

Имеет место множество структурных связей и взаимодействий подсистем и элементов в системе, обеспечивающих ее целостность, сохранение системных свойств и функций, при различных внутренних и внешних изменениях.

Гомеостазис системы – это устойчивое состояние структуры в условиях внутренних и внешних воздействий.

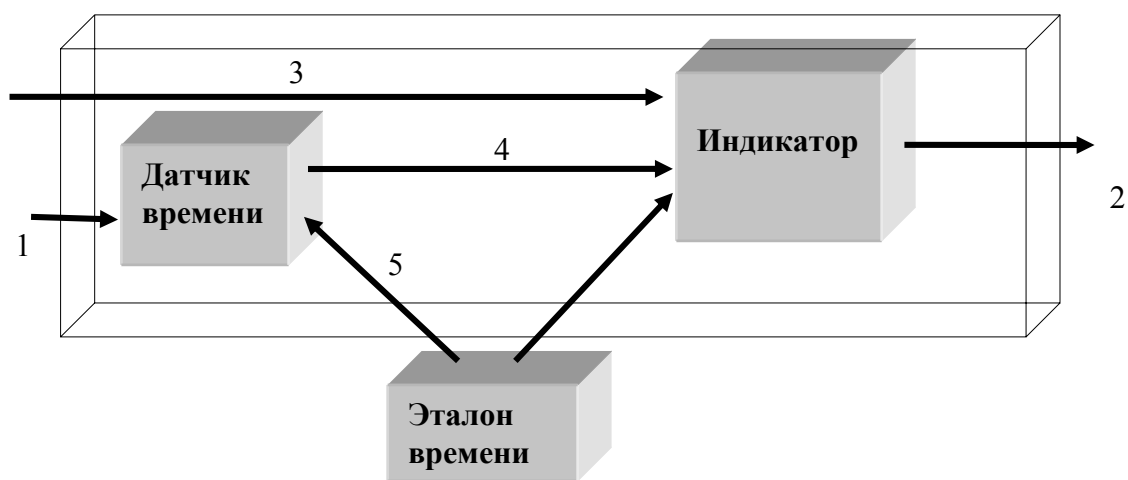
Впрочем, структура отражает не просто связи и взаимодействия в системе, она трансформирует свойства и функции отдельных элементов и подсистем в новые, эмерджентные свойства и функции системы.

Самый традиционный пример следующий, свойства молекулы воды, образованной из двух атомов водорода и одного атома кислорода, отличаются от свойств этих химических элементов. В данном примере вода – это *система*, а атомы водорода и кислорода – *элементы системы*.

* * *

Учитывая функционирование, состав и структуру системы, ей сопоставляют **структурную схему** (конструкцию системы), где указываются все элементы системы, все их группировки в подсистемы, все связи между элементами и подсистемами внутри системы и связи определенных элементов и подсистем с окружающей средой (входы и выходы). В демонстративных целях приведем нарочито простой пример структурной схемы (Рис. 3.):

Рис. 3.

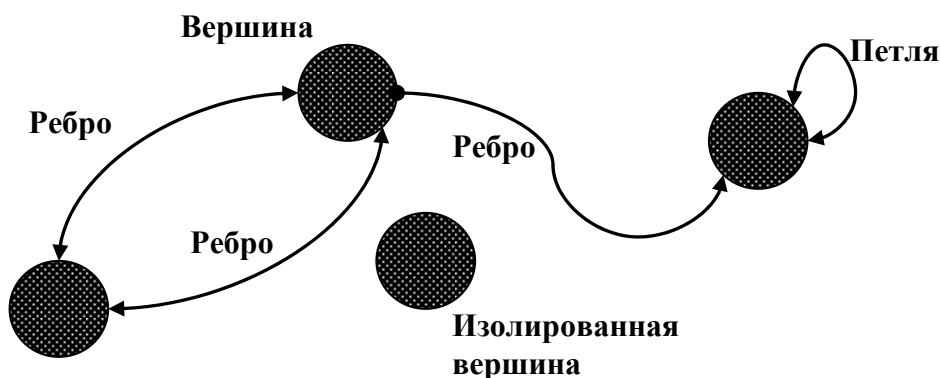


Пример структурной схемы часов:

1. Поступление энергии извне;
2. Показания часов;
3. Регулировка индикатора;
4. Связь датчика и индикатора предполагает однозначное соответствие;
5. Связь эталона и датчика допускает приблизительное соответствие;
6. Связь эталона и индикатора предполагает периодическое сравнение и устранение расхождения.

Все структурные схемы имеют нечто общее, что и позволяет рассматривать их как особый теоретический объект математических исследований. Для этого пришлось абстрагироваться от содержательной стороны структурных схем, оставив в рассматриваемой модели только общее для каждой схемы. В результате получилась схема, в которой обозначается только наличие элементов и многообразие связей между ними. Такая схема называется *графом*. Следовательно, граф (например, Рис. 4.) состоит из обозначений элементов произвольной природы, называемых *вершинами*, и обозначений связей между ними, называемых *ребрами* (иногда *дугами*):

Рис. 4.



Часто бывает необходимо отразить несимметричность некоторых связей, в таких случаях ребро снабжают стрелкой. Если направления связей не обозначаются, то граф называется *неориентированным*, при наличии стрелок – *ориентированным* (полностью или частично). Пара вершин может быть соединена любым количеством ребер; вершина может быть соединена сама с собой, тогда ребро называют *петлей*; вершина может быть не соединена ни с одной другой вершиной, тогда ее называют *изолированной*. Если в графе требуется отразить другие различия между элементами и связями, то либо индексируют вершины или ребра (*индексированные графы*), либо даже приписывают разным ребрам различные веса (*взвешенные графы*).

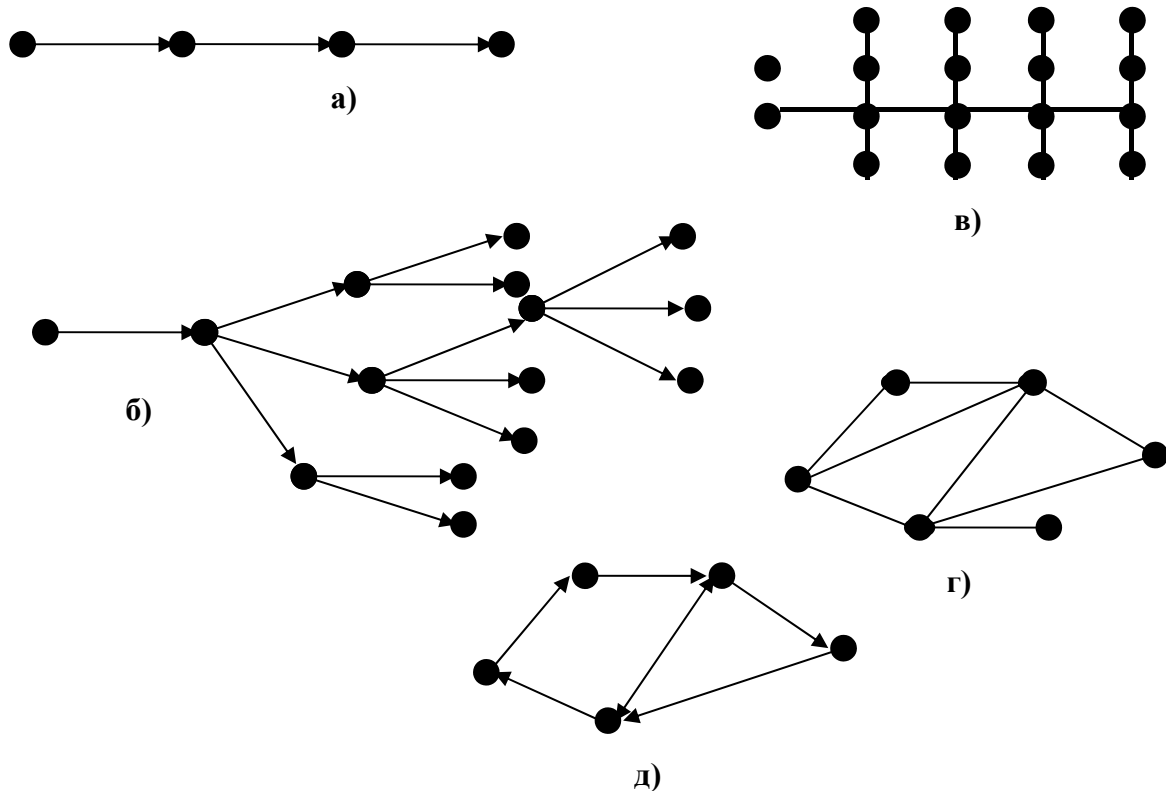
Оказалось, что для графов может быть построена интересная и содержательная теория, имеющая многочисленные приложения. Разнообразные задачи этой теории связаны с различными преобразованиями графов, а также с возможностью рассмотрения различных отношений на графах: весов, рангов, вероятностных характеристик (*стохастические графы*) и т.д.

Графы могут изображать любые структуры, если не накладывать ограничений на пересекаемость ребер. Некоторые **типы структур** имеют особенности, важные для практики, они выделены в особые группы (Рис. 5.). Так в организационных системах часто встречаются *линейные, древовидные (иерархические)* и *матричные* структуры; в технических системах чаще встречаются *сетевые* структуры; особое место в теории систем занимают *структуры с обратными связями*, которые соответствуют кольцевым путям в ориентированных графах.

Рис. 5.

Графы, соответствующие различным структурам:

- а) линейная структура;
- б) древовидная структура;
- в) матричная структура;
- г) сетевая структура;
- д) структура с обратными связями.



Одной структурной информации, которая содержится в графах, для ряда исследований недостаточно. В таких случаях методы теории графов становятся вспомогательными, а главным является рассмотрение конкретных функциональных связей между входными, внутренними и выходными компонентами системы.

Тема 1.2 Динамические модели систем

До сих пор основное внимание было уделено функционированию, составу и структуре системы в статическом плане. Следующий шаг в исследовании систем состоит в том, чтобы понять и описать, как система «работает», что происходит с ней самой и с окружающей средой в ходе реализации поставленной цели. Очевидно, что и подход к описанию, и степень подробности описания происходящих процессов могут быть различными. Однако общим при этом является то, что разрабатываемые модели должны отражать поведение систем, описывать происходящие с течением времени

изменения, последовательность каких-то этапов, операций, действий, причинно-следственные связи.

Системы, в которых со временем происходят какие бы то ни было изменения, называют **динамическими**, а модели, отображающие эти изменения, соответственно – **динамическими моделями** систем.

Разработано большое количество динамических моделей, описывающих процессы с различной степенью детальности: от самого общего понятия динамики, движения вообще, до формальных математических моделей конкретных процессов типа уравнений движения в механике или волновых уравнений в теории поля. Однако путь конкретизации моделей непрост и для многих систем не имеет удовлетворительного завершения.

Функционирование и развитие:

Уже на этапе анализа функционирования систем, где рассматриваются процессы, которые происходят в системе (и окружающее ее среде), не изменяющие гомеостазис системы, следует понимать, что возможны сценарии **развития** системы, влияющие на структуру самой системы. От функционирования в рамках реализации фиксированной цели система переходит к изменению самой цели. Характерной чертой развития является тот факт, что существующая структура перестает соответствовать новой цели, и для обеспечения новой функции приходится изменять структуру, а иногда и состав системы, т.е. перестраивать всю систему.

Не следует считать, что система всегда находится либо в фазе развития, либо в состоянии функционирования. При реконструкции одних элементов или подсистем остальные вполне могут функционировать по-прежнему, но в целом система развивается. Возможны и такие системы, для функционирования которых какие-то ее подсистемы должны быть постоянно в развитии.

Типы динамических моделей:

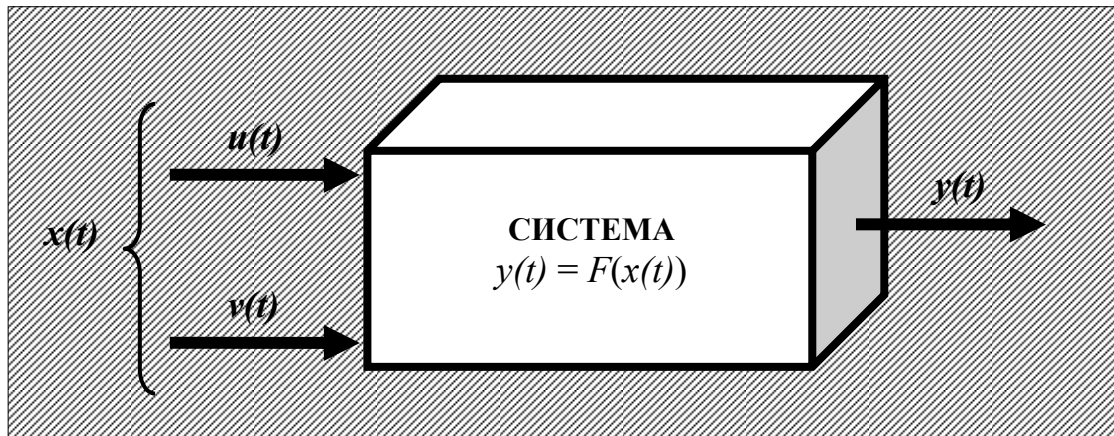
Следующий шаг в построении динамических моделей состоит в том, чтобы конкретнее отобразить происходящие изменения. Это означает, что следует различать части, этапы происходящего процесса, рассматривать их взаимосвязи. Иными словами, типы динамических моделей такие же, как и статических, только компоненты этих моделей имеют временной характер. Например, динамический вариант модели функционирования системы – указание начального («вход») и конечного («выход») параметров состояний системы. Модели состава системы соответствует перечень этапов в некоторой упорядоченной последовательности действий. Например, любой алгоритм можно построить, используя всего три оператора: *конкатенации* («выполнять последовательно»), *импликации* («если ..., то ...») и *итерации* («выполнять, пока не удовлетворится условие»). Эти операторы можно рассматривать как модель минимального состава алгоритма, хотя не обязательно ограничиваться этими операторами при составлении алгоритмов. Динамический вариант структуры системы – это подробное описание происходящего или планируемого процесса. Например, часто используются так называемые *сетевые графики* – графы, имеющие сетевую структуру: их вершинами служат выполняемые производственные операции, а ребра указывают, какие операции не могут начаться, пока не завершатся предыдущие. Здесь же некоторым образом фиксируется длительность выполнения операций, что и позволяет находить на графе те пути, от которых главным образом зависит эффективное функционирование системы.

При математическом моделировании некоторого процесса его конкретная реализация описывается в виде соответствия между элементами множества X возможных значений x и элементов упорядоченного множества T «моментов времени» t , т.е. в виде отображения $T \rightarrow X: x(t) \in X^T, t \in T$. С помощью этих понятий можно строить математические модели динамики систем.

Рассматривая выход $y(t)$ системы как ее реакцию на управляемые $u(t)$ и неуправляемые $v(t)$ входы $x(t) = \{u(t), v(t)\}$, можно функциональную модель (Рис. 1.) выразить как совокупность двух процессов: $X^T = \{x(t)\}$ и $Y^T = \{y(t)\}$,

$t \in T$. Если даже считать $y(t)$ результатом некоторого преобразования F процесса $x(t)$, т.е. $y(t) = F(x(t))$, то функциональная модель предполагает, что это преобразование неизвестно.

Рис. 1.



В том же случае, когда мы имеем дело со структурной схемой системы, соответствие между входом и выходом можно описать тем или иным способом. Какой именно способ – зависит от того, что нам известно, и в какой форме можно использовать знания.

Например, иногда бывает известно, что система мгновенно преобразует «вход» в «выход», т.е. что $y(t)$ является функцией только $x(t)$ в тот же момент времени. Остается задать или найти эту функцию. На практике чаще всего известна лишь безынерционность системы и требуется, наблюдая «входы» и «выходы», восстановить неизвестную функцию $y = F(x)$. По существу, это задача о переходе от функциональной модели системы к ее структурной схеме по наблюдениям «входов» и «выходов» при наличии информации о безынерционности системы. Даже в такой достаточно простой постановке задача имеет совсем не простые варианты, которые зависят от того, что известно о функции F (в параметризованном случае F принадлежит семейству функций, известных с точностью до параметров, в непараметризованном – вид функции F неизвестен), и от наличия или отсутствия некоторых общих сведений о ее свойствах (непрерывности, гладкости, монотонности,

симметричности и т.п.). Дополнительные варианты (и дополнительные трудности) возникают, если «входы» или «выходы» наблюдаются с помехами или искажениями. При этом разные предположения о природе этих помех приводят к принципиально отличающимся решениям задачи, например, в случае, когда распределение помехи известно точно, известно с точностью до числовых параметров или неизвестно совсем.

Однако класс систем, которые можно считать безынерционными, весьма узок. Необходимо строить математические модели систем, выход которых определяется не только значением входа в данный момент времени, но и теми значениями, которые были на выходе в предыдущие моменты. Более того, в самой системе с течением времени как под влиянием входных воздействий, так и независимо от них могут происходить изменения, что также следует отразить в модели.

Общая математическая модель динамики:

В наиболее общей модели динамики систем вводится понятие **состояния системы** как некоторой внутренней характеристики системы, значение которой в настоящий момент времени определяет текущее значение выходной величины. Состояние можно рассматривать как своего рода хранилище информации, необходимой для предсказания влияния настоящего на будущие события. Обозначим это состояние через $z(t)$. Все сказанное выше означает существование такого отображения $\eta: Z \times T \rightarrow Y, z \in Z$ что

$$y(t) = \eta(t, z(t)), t \in T. \quad (1)$$

Явная зависимость η от t введена для учета возможности изменения зависимости выхода от состояния с течением времени. Это отображение называется **отображением выхода**.

Для завершения построения модели нужно описать связь между входом и состоянием, т.е. ввести параметрическое семейство отображений $\mu_{\tau t}: Z \times X(\cdot) \rightarrow Z$, заданных для всех значений параметров $t \in T, \tau \in T$ и $\tau \leq t$. Это означает принятие аксиомы о том, что состояние z_t в любой момент $t > \tau$

однозначно определяется состоянием z_τ в момент τ и отрезком реализации входа $x(\cdot)$ от τ до t :

$$z(t) = \mu_{tt}(z_\tau, x(\cdot)) = \sigma(t, \tau, z_\tau, x(\cdot)). \quad (2)$$

Такое отображение называют **переходным отображением**.

Итак, математическая модель системы, соответствующая структурному уровню, – это задание множеств входов, состояний и выходов, и связей между ними:

$$X^\sigma \rightarrow Z^\eta \rightarrow Y. \quad (3)$$

Конкретизируя множества X , Z и Y и отображения σ и η , можно перейти к моделям различных систем. Так, говорят о *дискретных* и *непрерывных по времени* системах в зависимости от того, дискретно или непрерывно множество T . Далее, если множества X , Z и Y дискретной по времени системы имеют конечное число элементов, то такую систему называют *конечным автоматом*. Это довольно простой класс систем в том смысле, что для исследования конечных автоматов необходимы лишь методы логики и алгебры; в то же время это широкий и практически важный класс систем, так как в него входят все дискретные (цифровые) измерительные, управляющие и вычислительные устройства, в том числе и компьютерная техника.

Если X , Z и Y – линейные пространства, а σ и η – линейные операторы, то система называется *линейной*. Основным свойством линейных систем является выполнение принципа суперпозиции, т.е. условия $[x(t) = x_1(t) + x_2(t)] \rightarrow [y(t) = y_1(t) + y_2(t)]$, где $x_1(t)$ и $x_2(t)$ – некоторые входные воздействия, а $y_1(t)$ и $y_2(t)$ – выходные отклики на каждый из них в отдельности.

Если к линейной системе дополнительно предъявить требования, состоящие в том, чтобы пространства имели топологическую структуру, а σ и η были бы непрерывны в этой топологии, то мы приходим к *гладким* системам. Не вдаваясь в подробности, отметим, что задание топологической структуры множества позволяет строго определить основные понятия анализа на этом множестве, например, сходимость последовательностей на нем, а также вводить метрику (меру близости между элементами пространства). Класс

гладких систем имеет большое значение, так как оказалось, что для них переходное отображение σ является общим решением дифференциального уравнения

$$dz / dt = f(t, z, x), \quad (4)$$

а для дискретных систем – общим решением уравнения

$$z(t_{k+1}) = f(t_k, z, x) = \sigma(t_{k+1}; t_k, z, x(\cdot)), \quad (5)$$

где $x(\cdot)$ – траектория для моментов времени $t \leq t_k$.

Интенсивно исследовались *стационарные системы*, т.е. такие системы, свойства которых со временем не изменяются. Стационарность означает независимость от t функции η и инвариантности функции σ к сдвигу во времени:

$$\eta(t, z(t)) = \eta(t, z(t)), \quad \sigma(t; t_0, z, x(\cdot)) = \sigma(t + \tau; t_0 + \tau, z, x'(\cdot)), \quad (6)$$

где $x'(\cdot)$ есть $x(\cdot)$, сдвинутое на время τ .

Конкретизация моделей динамических систем перечисленным выше, безусловно, не заканчивается. Приведенные модели являются примерами, которые можно рассматривать отдельно. Но на одном свойстве реальных динамических систем следует остановиться. Речь идет о подчиненности реальных систем **принципу причинности**. Согласно этому принципу, *отклик системы на некоторое воздействие не может начаться раньше самого воздействия*. Это условие, очевидное для реальных систем, совсем не автоматически выполняется в рамках их математических моделей. При этом модель, в которой нарушается принцип причинности, не обязательно является бесполезной. Примером служит модель фильтра с конечной полосой пропускания: отклик такой системы на короткий импульс имеет вид $\sin \omega_0 t / (\omega_0 t)$, т.е. начинается в минус бесконечности. Несмотря на явное нарушение принципа причинности, такую модель широко используют в радиотехнике. Однако, как только возникает вопрос о практической реализации такого фильтра, становится ясно, что она невозможна в точном смысле, хотя допустимы различные приближения. В связи с этим, одна из проблем анализа динамических систем состоит в выяснении *условий физической реализуемости*

теоретических моделей, т.е. конкретных ограничений, которые приходится накладывать на модель при соблюдении принципа причинности.

Тема 1.3 Классификации систем

В научной литературе предлагается достаточно большое количество разнообразных классификаций систем, но не одну из них не следует абсолютизировать. Классификации решают весьма прагматические цели. Рассмотрим некоторые классификации.

Классификация систем по происхождению:

Табл. 1.

СИСТЕМЫ		
ИСКУССВИЕННЫЕ	СМЕШАННЫЕ	ЕСТЕСТВЕННЫЕ
- Орудия труда	- Эргономические	- Живые
- Механизмы	- Биотехнические	- Неживые
- Машины	- Организационные	- Экологические
- Автоматы	- Автоматизированные	- Социальные
- Компьютеры
...		

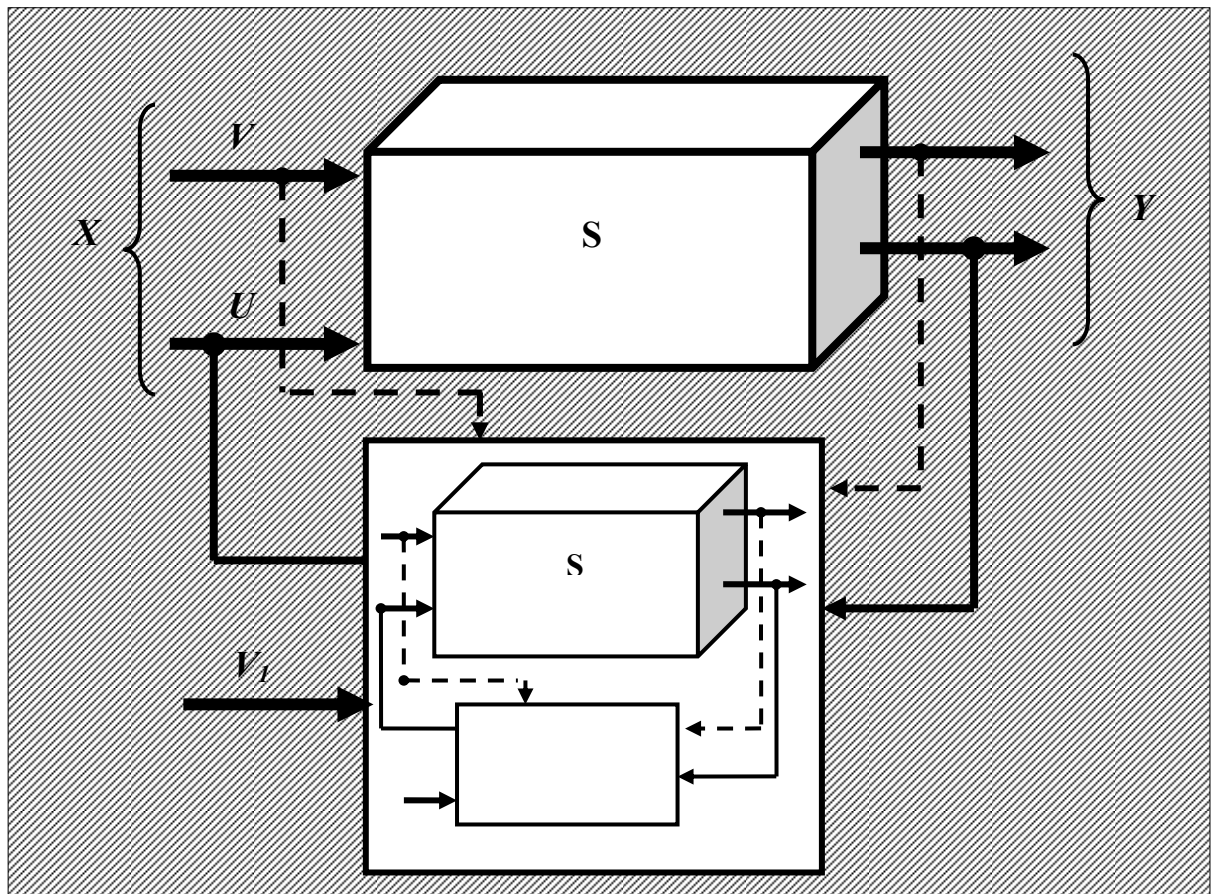
Приведенная в таблице 1. классификация систем по происхождению крайне распространена, и если деление первого уровня можно условно считать полным, то второй уровень и не должен претендовать на полноту. В подклассах искусственных систем можно предполагать какой-то порядок по усложнению систем, с упорядочением подклассов естественных и смешанных систем дело обстоит сложнее. Границы между классами систем тоже проблематичны: например, остаётся вопрос о том, куда следует отнести вирусы – к живым или неживым системам; идея В.И. Вернадского о ноосфере шире рамок

экологических и социальных систем. Таким образом, приведенная классификация столь же проста, сколь и неудовлетворительна для прикладных задач.

* * *

Чтобы как-то упорядочить подходы к классификации систем, воспользуемся общей схемой функционирования системы.

Рис. 1.



Выделим отдельно систему S , подлежащую управлению U , и управляющую систему, которая это управление вырабатывает. Подчеркнем, что для выработки управления U требуется предсказание его последствий, т.е. нужна модель всей ситуации; с помощью этой модели управляющая система и

определяет, какое управление подать на управляемый вход системы. Поэтому на рис. 1. схема изображена еще раз внутри управляющего блока.

И методы нахождения управления U , и способы его осуществления, и сам результат управления в немалой степени определяются тем, что известно о системе и что учитывается при выработке управления, т.е. тем, какова модель управляемой системы, и тем, в какой степени эта модель соответствует реальной системе. Рассматривая разные аспекты этого соответствия, можно строить разные классификации систем. Например, представляют интерес следующие классификации:

- по описанию входных и выходных процессов;
- по описанию оператора S системы;
- по типу управления;
- по обеспеченности управления ресурсами.

Классификация систем по типу переменных:

Табл. 2.

СИСТЕМЫ		
С КАЧЕСТВЕННЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ	С КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ	СО СМЕШАННЫМ ОПИСАНИЕМ ПЕРЕМЕННЫХ
- Содержательное описание - Формализованное описание - Смешанное описание	- Дискретные - Непрерывные - Смешанные	(в системах возможны различные комбинации любых типов переменных)
- Детерминированные - Стохастические - Размытые		

В таблице 2. приведена трехуровневая классификация систем по типу входных (X), выходных (Y) и внутренних (Z) (если описание ведется на уровне «черного ящика») переменных. Принципиально различных подходов требуют переменные, описываемые *качественно* и *количественно*, что и дает основание для первого уровня классификации. Для полноты введен третий класс, к нему отнесены системы, у которых часть переменных носит качественный характер, а остальные являются количественными. На следующем уровне классификации систем с качественными переменными различаются случаи, когда описание ведется средствами естественного языка, и случаи, допускающие более глубокую формализацию. Второй уровень классификации систем с количественными переменными вызван различиями в методах дискретной и непрерывной математики, что и отражено в названиях вводимых классов; предусмотрен и случай, когда система имеет как непрерывные, так и дискретные переменные. Для систем со смешанным количественно-качественным описанием переменных второй уровень является объединением классов первых двух ветвей. Третий уровень классификации одинаков для всех классов второго уровня.

Классификация систем по типу операторов:

Табл. 3.

СИСТЕМЫ			
«Черный ящик» (S неизвестно)	Непараметризованный класс (S известно частично)	Параметризованный класс (S известно до параметров)	«Прозрачная» модель (S известно полностью)
(не подлежит дальнейшей классификации)	(дальнейшая классификация связана с типом имеющейся информации)	<ul style="list-style-type: none"> - Инерционные (с памятью) - Безынерционные (без памяти) - Замкнутые (с обратной связью) - Разомкнутые (без обратной связи) 	

		<ul style="list-style-type: none"> - Линейные: <ul style="list-style-type: none"> - дифференциальные - интегральные - сммарно-разностные - Квазилинейные - Нелинейные
--	--	--

Материал для классификации систем по особенностям оператора S , т.е. классификация типов связей между входными и выходными переменными дает предыдущая лекция. На первом уровне (Таблица 3.) расположены классы систем, отличающиеся степенью известности («прозрачности») оператора S . Ветвь «черного ящика» на этом уровне заканчивается: S считается вообще неизвестным. Чем больше сведений об S мы имеем, тем больше различий можно рассмотреть и тем более развитой окажется классификация. Например, информация об S может носить настолько общий характер, что модель нельзя привести к параметризованной функциональной форме. Так, может быть известно, что в соотношении $Y = S(X)$ функция S непрерывна, монотонна или симметрична; отсюда не следует никаких конкретных выводов о функциональном виде этой зависимости. Непараметризованный класс операторов системы и соответствует подобным ситуациям с очень скудной априорной информацией об S .

Наши знания об S могут соответствовать уровню, который позволяет предложить параметрическую модель этого оператора, т.е. записать зависимость $y(t)$ от $x(t)$ в явной форме с точностью до конечного числа параметров $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k) : y(t) = S(x(\cdot), \theta)$. Этому соответствует третий блок первого уровня классификации: параметризованный класс. Наконец, если эти параметры также заданы точно, то всякая определенность исчезает, и мы имеем системы с полностью определенным оператором, т.е. «прозрачную» модель.

Дальнейшие уровни классификации в таблице 3. приведены только для двух последующих ветвей, причем эта классификация может быть более сложной.

Классификация систем по способам управления:

Табл. 4.

СИСТЕМЫ		
УПРАВЛЯЕМЫЕ ИЗВНЕ	САМОУПРАВЛЯЕМЫЕ	С КОМБИНИРОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ
- Без обратной связи - Регулирование - Управление по параметрам - Управление по структуре	- Программное управление - Автоматическое регулирование - Параметрическая адаптация - Самоорганизация	- Автоматические - Полуавтоматические - Автоматизированные - Организационные

Первый уровень классификации систем по способам управления (Табл. 4.) определяется тем, входит ли управляющий блок в систему или является внешним по отношению к ней; выделен также класс систем, управление которыми разделено и частично осуществляется извне, а частично – внутри самой системы.

Независимо от того, включен ли в систему и вынесен ли из нее управляющий блок, можно выделить четыре основных типа (способа) управления, что и отражено на втором уровне классификации. Эти способы различаются в зависимости от степени известности траектории системы в «фазовом пространстве», приводящей систему к цели, и возможности управляющей системы удерживать управляемую систему на этой траектории.

Первый (простейший) случай имеет место тогда, когда нужная траектория известна точно, а следовательно, априори известно и правильное управление $u_0(t)$. В таком случае это управление можно осуществлять, не обращая внимание на развитие событий; ведь и так известно, как они должны и

будут развиваться. Стрельба из ружья, работа компьютера по программе, рост зародыша живого организма являются примерами такой ситуации.

Однако случаи, когда управление $u_0(t)$ без обратной связи, только по априорной информации, приводят к достижению цели, возможны лишь при том условии, что все будет происходить именно так, как предписывает заданная траектория.

Чаще оказывается, что процессы на неуправляемых входах $v_0(t)$ отличаются от ранее предполагаемых, либо существенным оказывается действие неучитываемых входов и система «сходит с нужной траектории». Пусть имеется возможность наблюдать текущую траекторию $y(t)$, находить разность $y(t) - y_0(t)$ и определять дополнительное к программному управление, которое в ближайшем будущем возвратит выходы системы на нужную траекторию $y_0(\cdot)$. Такой способ управления называется *регулированием*, а соответствующие системы выделены во второй класс второго уровня классификации. Например, этому классу принадлежит управление, которое осуществляется автопилотом или в рефлекторных реакциях животных и т.п.

Следующие способы управления и соответствующие им типы систем возникают в связи с необходимостью управления в условиях, когда либо невозможно задать опорную программную траекторию на весь период времени, либо отклонение от нее столь велико, что невозможно вернуться на нее. Регулирование обычно осуществляется при «малых» в известном смысле отклонениях. Разница между этой и предыдущей группами способов управления станет понятней, если провести аналогию с двумя способами туристического похода по неизвестной территории; можно наметить маршрут заранее и в походе придерживаться выбранного пути, а можно идти без заранее составленного плана, ориентируясь лишь по компасу и на месте учитывая особенности рельефа.

Теперь нам необходимо спрогнозировать текущую траекторию $y(t)$ на будущее и определить, пересечет ли она целевую область. Управление здесь состоит в *подстройке параметров* системы до тех пор, пока такое пересечение

не будет обеспечено. Этому и соответствует третий класс систем. Примерами такого управления являются процессы адаптации живых организмов к изменяющимся условиям жизни, работа пилотов и водителей, адаптивные и автоматизированные системы управления и т.п.

Иногда может оказаться, что среди всех возможных комбинаций значений управляемых параметров системы не найдется такой, при которой ее траектория пересечет целевую область. Это означает, что цель для *данной* системы недостижима. Но может быть, она достижима для *другой* системы? Сказанное дает еще один способ управления: изменять структуру системы в поисках той, при которой возможно попадание в целевую область. По существу, имеет место перебор *разных* систем, но это системы с одинаковыми входами X , создаваемыми не произвольно, а в соответствии с имеющимися средствами. Такое управление, называемое *структурной адаптацией*, выделим в четвертый класс второго уровня рассматриваемой классификации. Примерами реализации указанного управления являются гибкие автоматизированные производства, вычислительные сети, мутации организмов в процессе естественного отбора, организационные изменения в коллективах и т.д.

Классификацию можно продолжать (усложняя) и дальше, например, включая в понятие управления системой пересмотр цели (*адаптацию по целям*), как действует руководитель коллектива, ставя перед подчиненными посильные для них цели.

Большие и сложные системы:

Выше отмечалось, что нужное управление $u_0(t)$ отыскивается с помощью отбора среди возможных управлений, сравнения по каким-то критериям последствий каждого из них. Определить эти последствия и сравнить их можно лишь в том случае, если в управляющей системе имеется модель управляемой системы, на которой испытываются разные управления.

Для того чтобы модель «заработала», или, как говорят, была актуализирована, необходимы затраты ресурсов: модель нужно не только воплотить в каком-то реальном виде, но и обеспечить, чтобы она позволяла получать решение нужного качества к нужному моменту времени, ведь даже самое лучшее решение становится ненужным, если оно появляется позже, чем это необходимо.

В реальности же оказывается, что имеющиеся ресурсы не всегда позволяют обеспечить полное выполнение этих условий. Поэтому имеют место принципиально разные ситуации в зависимости от того, в какой степени обеспечено ресурсами управление.

Рассмотрим, например, энергетические затраты на актуализацию модели и выработку управления. Обычно они настолько малы по сравнению с количеством энергии, потребляемой или производимой в управляемой системе, что их просто не принимают во внимание. Однако представим себе случай, когда, во-первых, управляющая и управляемая системы питаются от одного ограниченного источника энергии, и, во-вторых, энергопотребление обеих систем имеет одинаковый порядок: возникает интересный и нетривиальный класс задач о наилучшем распределении энергии между ними. С подобными задачами приходится иметь дело не часто, но в ответственных случаях: выполнение энергоемких задач автономными системами (например, работы, выполняемые космическими аппаратами, эксперименты в физике частиц высоких энергий и т.п.).

Следующее деление систем связано с материальными ресурсами, затрачиваемыми на актуализацию модели. В случае компьютерного моделирования это объем памяти и машинное время, такие ресурсы лимитируют возможности решения задач большой размерности в реальном масштабе времени. К подобным задачам приводится моделирование ряда экономических, метеорологических, организационно-управленческих, нейрофизиологических и других систем. Системы, моделирование которых затруднительно в силу их размерности, будем называть *большими*. Существует

два способа перевода больших систем в разряд малых: разрабатывать более мощные вычислительные средства либо осуществлять декомпозицию многомерной задачи на совокупность связанных задач меньшей размерности, если природа системы это позволяет.

Наконец, третий тип ресурсов – информация – дает основание для еще одной классификации систем. Имеющаяся о системе информация, сколько бы ее не было, представлена в концентрированном виде как та самая модель, об использовании которой идет речь. Признаком простоты системы, т.е. достаточности информации для управления, является успешность управления. Однако если полученное с помощью модели управление приводит к неожиданным, непредвиденным или нежелательным результатам, т.е. отличающимся от предсказанных моделью, это интерпретируется как сложность системы, а объясняется как недостаточность информации для управления. Поэтому *сложной системой* будем называть систему, в модели которой не хватает информации для эффективного управления.

Таким образом, свойство простоты или сложности управляемой системы является свернутым отношением между нею и управляющей системой, точнее, между системой и ее моделью. Это отношение носит объективный характер: например, кодовый замок действительно качественно различен для того, кто знает код, и кто его не знает; каждому человеку родной язык кажется проще иностранного. Имеется два способа перевода систем из разряда сложной в разряд простой. Первый состоит в выяснении конкретной причины сложности, получении недостающей информации и включении ее в модель; это и является основной задачей науки, познания вообще и системного анализа в частности. Второй способ – сменить цель, что в технических системах обычно неэффективно (подобно забиванию гвоздей магнетроном), но в отношениях между людьми это часто единственный выход.

Раздел 2. Основы теории принятия решений

Тема 2.1 Принятие решения в структуре человеческой деятельности

Сущность принятия решения:

Данная тема посвящена рассмотрению сущности принятия решения в любой человеческой деятельности, определению основополагающих категорий и понятий. Без их уяснения невозможно усвоение как методов и подходов, так и конкретных процедур, используемых в данной дисциплине. Раскрывается суть процесса принятия решений и этапов, из которых он складывается. Определяется роль принятия решений в конфликте.

Под принятием решений будем понимать *особый процесс человеческой деятельности*, направленный на выбор наилучшего варианта действий. Принятие решения является важным этапом, как в деятельности какой либо организации, так и в повседневной жизни отдельного человека, и определяет их будущее. Человек выбирает профессию, друзей, партнера по работе, браку, работу, дом и многое другое, причем история жизни есть последовательность удачных и неудачных решений.

Для подавляющего большинства человеческих решений нельзя точно рассчитать и оценить последствия. Можно лишь предполагать, что определенный вариант решения приведет к наилучшему результату. Однако такое предположение может оказаться ошибочным, потому что никто не может заглянуть в будущее и знать все наверняка.

Поэтому человеческие решения являются исключительно важным для практики и интересным для науки объектом исследования. Уступая в скорости и точности вычислений компьютеру, человек, тем не менее, обладает уникальным умением быстро оценивать обстановку, выделять главное и отбрасывать второстепенное, соизмерять противоречивые оценки, восполнять неопределенность своими гипотезами.

В условиях возникновения разногласий, противоречий, которые могут привести к конфликту, людям на всех этапах развития этих ситуаций

приходится принимать решения. В конфликтологии началом конфликта считается начало активных действий субъектов, но и этому должно предшествовать принятие решения. Конечно, в таких ситуациях принятие решений осуществляется в условиях повышенной психологической напряженности, но, тем не менее, надо делать свой выбор — «вступать или не вступать», от которого зависит дальнейший ход развития конфликта. На протяжении всего конфликтного взаимодействия обеим сторонам приходится принимать решения. Наступает такой момент, когда стороны или одна сторона конфликта, оценив ситуацию и свои силы, принимает решение о завершении конфликта. При готовности и другой стороны пойти на этот шаг стороны садятся за стол переговоров (либо прямых, либо с посредником). И здесь возникает сложнейшая цепочка, состоящая из последовательности принятия различных решений. От того, насколько правильными будут эти решения, зависит исход переговоров и самого конфликта. Почему один преуспевает там, где другие терпят неудачи, как человек принимает решения — в этом следует разобраться. Дать современные знания о человеке, делающем выбор, и средствах, которые могут ему помочь в этом, — одна из задач данного пособия.

Субъекты решений:

В процессе принятия решений люди играют разные роли. Будем называть человека, фактически осуществляющего выбор наилучшего варианта действий, *лицом, принимающим решения* (ЛПР). Наряду с ЛПР следует выделить как отдельную личность *владельца проблемы* — человека, который, по мнению окружающих, должен ее решать и несет ответственность за принятые решения. В этом случае владельцем проблемы может быть и один из субъектов, и руководитель, в организации которого произошел конфликт, он несет ответственность и должен разобраться во всем. Но это не означает, что владелец проблемы является также и ЛПР. Конечно, он может оказаться таковым, и история дает нам многочисленные примеры совмещения этих двух ролей. Бывают случаи, когда владелец проблемы является одним из членов

группы, принимающих участие в ее решении. Он может быть председателем коллективного органа, принимающего решения, вынужденным идти на компромиссы, чтобы достичь согласия.

Иногда личности ЛПР и владельца проблемы не совпадают. Мы знаем о существовании организаций, в которых номинальный руководитель (глава) ничего не решает. Точно так же некоторые руководители стремятся переложить ответственность за принятие решения на других: глава фирмы полагается на своего заместителя, а «ответственные» лица подписывают подготовленные другими (и иногда противоречивые) распоряжения. Субъекты, обращаясь к третейскому судье, также перекладывают на него ответственность за решение их проблемы. Таким образом, владелец проблемы и ЛПР могут быть как одной, так и разными личностями.

Третья роль, которую может играть человек в процессе принятия решения, это роль руководителя или участника *активной группы* — группы людей, имеющих общие интересы и старающихся оказывать влияние на процесс выбора и его результаты. Третья сторона в конфликте также может характеризоваться в некоторых случаях как активная группа. Так, пытаясь повлиять на экономическую политику страны, одни активные группы организуют забастовки, другие — шумную кампанию поддержки правительства в печати, третьи выделяют средства для поддержки правительства — дают займы.

Гражданин осуществляет свой ответственный выбор, находясь в положении избирателя, который должен решить за какую политическую партию голосовать. При этом избиратель является одним из многих участников процесса принятия коллективного решения.

Если решение принимается малой группой и члены формально имеют равные права (жюри, комиссия), то имеет место групповое принятие решения. Главное в деятельности такой группы — достижение согласия при выработке совместных решений.

В принятии решения ЛПР может выступать в качестве эксперта, т. е. профессионала в той или иной области, к которому обращаются за оценками и рекомендациями люди, включенные в этот процесс. Если в организации возник конфликт, то одна из сторон может обратиться в Территориальный орган по разрешению коллективных трудовых споров. Так, при перестройке организации ЛПР обращается за советом к опытному администратору. Эксперты могут помочь бизнесмену в оценке экономической эффективности выпуска новой продукции и т. д.

Кроме того, в принятии решения ЛПР может выступать в качестве третейского судьи, посредника, консультанта-конфликтолога, муниципального старосты, к которому также обращаются за советами люди со своими проблемами.

В литературе широко отмечается роль в подготовке решений (обычно важных или стратегических) консультанта по принятию решений. Его роль сводится к разумной организации процесса принятия решений: помощи ЛПР и владельцу проблемы в правильной постановке задачи, в выявлении позиций активных групп, организации работы с экспертами. Консультант (или аналитик) обычно не вносит свои предпочтения, оценки в принятие решения, он только помогает другим взвешивать все «за» и «против» и выработать разумный компромисс. Посредник при урегулировании конфликта между субъектами также не навязывает своих решений, а организует и ведет процесс переговоров, помогает сторонам выявить их истинные интересы, реструктуризировать проблему и перейти от первоначальных позиций к интересам сторон.

Например, одна из консультативных фирм в США сыграла важную роль, приняв участие в организации переговоров и подготовке договора между Египтом и Израилем в Кэмп-Дэвиде в 1978 г. После шестидневной войны 1967 г. Израиль оккупировал принадлежавшую Египту Синайскую пустыню. Когда в 1978 г. стороны сели за стол переговоров, их позиции были несовместимы. Египет требовал возвращения территорий, Израиль отказывался

их отдать. Дело сдвинулось с места, когда от позиций перешли к интересам. Интересами Египта было возвращение земель, а интересами Израиля — обеспечение безопасности, и он не хотел, чтобы у его границ стояли египетские танки. Было рассмотрено 23 варианта решения проблемы, и найден удовлетворивший обе стороны вариант: вся территория Синай возвращалась под суверенитет Египта, но объявлялась демилитаризованной зоной.

В принятии решений неявно участвует окружение ЛПР, сотрудники той организации, от имени которой ЛПР принимает решение. Обычно эта группа имеет общие взгляды, ценностные установки. Именно этой группе ЛПР объясняет логичность, разумность, обоснованность своего решения. В связи с этим ЛПР хотя и принимает индивидуальное решение, но он учитывает политику и предпочтение данной группы лиц.

На практике индивидуальные задачи принятия решений распространены в обществе. Несмотря на существование коллегий, правлений и советов, обычно есть центральная фигура — ЛПР, определяющая курс, тактику и стратегию действий на предстоящий период. От прозорливости этого лидера, его личных качеств зависит очень многое. Среди этих качеств ЛПР обязательно присутствует умение договариваться с людьми, убеждать их в правильности и обоснованности своих действий. То же самое мы видим в правительствах, политических партиях — там всегда выдвигаются лидеры, и именно они принимают основные решения.

Поэтому задачи индивидуального выбора выделяются в отдельный класс задач принятия решений.

Альтернативы:

Варианты действий принято называть *альтернативами*. Альтернатива — неотъемлемая часть проблемы принятия решений: если не из чего выбирать, то нет выбора. Следовательно, для постановки задачи необходимо иметь хотя бы две альтернативы.

Альтернативы бывают *независимыми* и *зависимыми*. Независимыми являются те альтернативы, любые действия с которыми (удаление из рассмотрения, выделение в качестве единственно лучшей) не влияет на качество других альтернатив. При зависимых альтернативах оценки одних из них оказывают влияние на качество других. Имеются различные типы зависимостей альтернатив. Наиболее простым и очевидным является непосредственная групповая зависимость: если решено рассматривать хотя бы одну альтернативу из группы, то надо рассматривать всю группу. Так, при планировании развития города решение о сохранении исторического центра влечет за собой рассмотрение всех вариантов реализации.

Задачи принятия решений существенно различаются также в зависимости от наличия альтернатив на момент выработки политики и принятия решений. Встречаются задачи, когда все альтернативы уже заданы, определены, и необходимо лишь выбрать лучшие из них. Когда альтернатив много, что бывает, например, при решении научно-технических задач, внимание ЛПР не может сосредоточиться на каждой из них, и в этих случаях не обойтись без использования специальных методов математического программирования, реализованных в качестве компьютерных моделей.

При принятии многих решений число основных альтернатив, с рассмотрения которых начинается выбор, сравнительно немного. Однако в ходе рассмотрения и анализа обнаруживается, что эти альтернативы не являются единственно возможными и на их основе в процессе выбора возникают новые альтернативы. Оказывается, что первичные альтернативы не всегда удовлетворяют участников процесса выбора, однако они помогают им понять, чего конкретно не хватает, что реализуемо при данной ситуации, а что нет. Например, при ведении переговоров посредник тоже стимулирует стороны к генерированию альтернатив путем выявления их истинных интересов.

Критерии:

В современной науке о принятии решений считается, что варианты

решений характеризуются различными показателями их привлекательности для ЛПР. Эти показатели называют *признаками, факторами, атрибутами* или *критериями*.

Существуют различные определения этого термина. Приведем некоторые из них:

1. Под критериями оценки альтернатив понимают показатели их привлекательности (или непривлекательности) для участников процесса выбора; критерий — это способ описания альтернативных вариантов решений, способ выражения различий между ними с точки зрения предпочтения ЛПР (Ларичев О.И. «Наука и искусство принятия решений»).

2. Предпочтение есть неявное задание критерия (Вилкас Э.Й., Майминас Е.З. «Решения: теория, информация, моделирование»).

3. Под критериями понимаются, во-первых, показатели, характеризующие степень приближения к цели каждого из вариантов ее достижения, во-вторых, показатели, служащие для объективного сопоставления различных вариантов решения и выбора из них наиболее эффективного (Бирман Л.А. «Управленческие решения»).

4. Чтобы разные решения сравнивать между собой по эффективности (предпочтительности, удачливости), нужно иметь какой-то количественный критерий, так называемый показатель эффективности, и этот показатель должен отражать целевую направленность (Вентцель Е.С. «Исследование операций: Задачи, принципы, методология»).

Существуют и другие определения. Все приведенные определения не противоречат, а скорее уточняют и дополняют друг друга. В данном пособии под критериями и показателями будут подразумеваться идентичные понятия, сущность которых раскрыта в приведенных выше определениях.

В профессиональной деятельности выбор критериев часто определяется многолетней практикой, опытом. В подавляющем большинстве задач выбора имеется достаточно много критериев оценок вариантов решений. Эти критерии могут быть независимыми и зависимыми. Зависимыми называются те

критерии, при которых оценка альтернативы по одному из них определяет (однозначно или с большой степенью вероятности) оценку по другому критерию. Так мы можем ожидать, что поступление в институт на популярную специальность, как правило, предполагает высокий конкурс и проходной балл. Зависимость между критериями приводит к появлению целостных образов альтернатив, которые имеют для каждого из участников процесса выбора определенное содержание.

На сложность задач принятия решения влияет также количество критериев. При небольшом числе критериев (два–три) задача сравнения альтернатив достаточно проста и прозрачна, качества по критериям могут быть непосредственно сопоставлены и выбран компромисс. При большом числе критериев задача становится трудно обозримой, если эти критерии нельзя объединить в группы по конкретному смысловому значению. Основанием для естественной группировки критериев является возможность выделить плюсы и минусы альтернатив, их достоинства и недостатки (например, стоимость и эффективность). Такие группы, как правило, независимы. Выявление структуры на множестве критериев делает процесс принятия решения значительно более осмысленным и эффективным.

Оценки по критериям. Количественные и качественные шкалы:

Использование критериев для оценки альтернатив требует определенной градации качества: лучших, худших и промежуточных оценок. Иначе говоря, существуют шкалы оценок по критериям.

В принятии решений принято различать шкалы *качественных* и *количественных* оценок. Так, для критерия «стоимость» может быть использована шкала количественных оценок (в денежных единицах). Для критерия «необходимость выезда в пригород» может быть использована шкала качественных оценок («да» либо «нет») или шкала количественных оценок (1 или 0).

Количественные шкалы. *Абсолютная шкала.* Если требуется определить количество студентов, присутствующих на лекции, или количество лекций, на которых присутствовал студент в течение семестра, то число, являющееся результатом такого подсчета, определяется однозначно и является единственным. В этом состоит особенность абсолютной шкалы.

Шкала отношений. Предполагает возможность производить измерения в различных системах единиц. Если оценивать длину предмета в сантиметрах, получим одно значение, если в дюймах — другое, и т. д. Это типичные примеры шкалы отношений, в которых отношения числовых оценок остаются неизменными.

Шкала интервалов. В шкале интервалов при переходе от одной системы измерения к другой отношения числовых значений оцениваемых альтернатив не сохраняются, однако сохраняется отношение разностей числовых оценок. Примером измерений в шкале интервалов является определение температуры, которую, как известно можно определять по разным шкалам: Цельсия, Фаренгейта и т. п. Каждый раз мы будем получать разные числа, так как в различных шкалах используются различные точки начала отсчета и различные единицы масштаба измерений. Но эти различные числовые оценки соответствуют одной и той же температуре объекта.

Шкала разностей. Является частным случаем шкалы интервалов, в шкале интервалов при переходе от одной числовой системы измерений к другой меняется лишь точка начала отсчета. Примером количественных оценок в шкале разностей являются системы летоисчисления, отличающиеся точкой начала отсчета (от Рождества Христова, от сотворения мира или от переселения пророка Мохаммеда из Мекки в Медину).

Шкалы качественных измерений. Качественные измерения менее строгие, носят субъективный характер и для них используются другие шкалы, наиболее распространенными из которых являются следующие.

Номинальные шкалы позволяют опознавать, различать, идентифицировать объект. Суть измерений оцениваемых альтернатив в этой

шкале — разбиение их на классы по определенному признаку. Всем альтернативам, попавшим в один класс, должно соответствовать одно и то же число. Примером измерений в номинальных шкалах может служить разбиение студентов факультета на курсы, а студентов одного курса на группы и т. д.

Порядковые шкалы позволяют установить порядковые соотношения между объектами и показать, что один объект по какому-нибудь признаку сравнения лучше, важнее другого или равноценен ему. Используются для ранжирования — определения порядка предпочтения альтернатив, выраженности того или иного свойства, например важности, срочности и т. п. Но в порядковых шкалах нельзя определить меру доминирования, т. е. измерить насколько один объект лучше, важнее другого.

Однако довольно часто при проведении экспертизы возникает необходимость измерения показателей, оценки которых носят заведомо субъективный характер. Так, например, на опыте и знаниях специалистов основаны оценки уровня компетентности и степень конфликтности кандидата на вакантную должность или степень изношенности автомобилей и т. д. В этих случаях используется особый тип порядковых шкал — *вербально-числовые шкалы*. В состав таких шкал входят словесное описание выделенных градаций и соответствующие им числовые значения. Наиболее известная и широко применяемая на практике шкала Харрингтона, имеющая следующий вид.

Табл. 1.

№ п/п	Содержательное описание градаций, проявления свойств (характеристик)	Числовое значение свойств
1	Очень высокое	0.8–1.0
2	Высокое	0.64–0.8
3	Среднее	0.37–0.64
4	Низкое	0.2–0.37
5	Очень низкое	0.0–0.2

Приведенные в таблице числовые значения получены на основе статистического анализа большого массива данных, благодаря чему шкала

Харрингтона имеет универсальное применение и может в соответствующих модификациях (например в виде шкалы баллов) использоваться для оценки различных показателей качественного характера.

Существуют другие, более сложные, шкалы, например шкала относительной важности, которая используется в методе анализа иерархий, разработанном Т. Саати.

Многодисциплинарный характер теории принятия решений:

Термин «принятие решений» встречается во многих науках, например в экономике, где исследуется проблема разумного, рационального использования ограниченных ресурсов потребителем (покупателем товаров) и производителем. Считается, что у людей есть «внутренние весы», на которых взвешивается привлекательность различных объектов, их полезность. Экономика определяет правила рационального поведения людей в задачах выбора.

«Принятие решений» один из основополагающих терминов в научной дисциплине «исследование операций».

Принятие решений является одним из направлений прикладной математики — теории полезности, с помощью которой ставятся и решаются задачи обоснования свойств функции полезности в зависимости от тех или иных условий, накладываемых на правила выбора.

Этот термин используется при создании систем искусственного интеллекта. Разработка компьютерных моделей, имитирующих поведение людей при решении различных проблем, базируется на подходах теории принятия решений.

В информатике и вычислительной технике уделяется большое внимание системам поддержки принятия решений, помогающим людям в задачах выбора.

В науке о принятии решений центральным является исследование процесса выбора. Это направление изучает, как человек принимает решение и

как ему можно помочь с помощью специальных методов и компьютерных систем.

Термин «принятие решений» используется в когнитивной психологии. Психологи давно изучают особенности системы переработки информации. Рассматриваются гипотезы о том, как влияет организация человеческой памяти на процесс принятия решения. Психологи пытаются экспериментально определить границы человеческих возможностей в задачах выбора. Психологические теории представляют системы мотивированных утверждений о том, как люди решают задачи, требующие принятия решения.

В политологии одним из главных объектов изучения является механизм принятия лидерами политических решений. Принятие коллективного решения по своей природе конфликтно.

Изучение управления конфликтами одна из основных задач конфликтологии, а неотъемлемой составляющей этого процесса является принятие решения.

Итак, теория принятия решений это прикладная научная дисциплина. Основную роль в ее развитии играет практика, помогающая в решении сложных задач выбора. Создание методов принятия решений требует рассмотрения широкого круга проблем.

Тема 2.2 Принятие решения как функция управления

Роль принятия решения в управлении:

Функция принятия решения непосредственно связана с целеустремленной деятельностью человека. В личной жизни каждый принимает решения о выборе профессии, устройстве семьи, распределении бюджета и т. д. Формирование и выбор этих решений производится эмпирически: путем логического мышления и интуиции. Важно отметить, что последствия решений затрагивают интересы одного или нескольких лиц.

В роли руководителя человек в процессе управления может принимать решения в политической, экономической, культурной и других сферах. Последствия этих решений затрагивают интересы и влияют на жизнь больших групп индивидов и общества в целом. Поэтому ошибки в принятии решений могут привести к большим моральным и материальным издержкам, потерям. А если все происходит на фоне конфликтов (межличностных, трудовых, производственных и др.)? Проблема принятия решений еще больше усугубляется.

Изложенное показывает, что принятие решений — это функция каждого человека в личной жизни и профессиональной деятельности. Особая роль отводится этой функции в процессе управления. Отсюда следует, что принятие решения представляет собой социально-психологическую категорию, имеющую принципиальное значение для деятельности человека.

Рассмотрим роль и место принятия решения в процессе управления.

Характерной особенностью управления любыми объектами является достижение определенных целей. Эта общая особенность может быть положена в основу определения процесса управления. *Под управлением понимают элемент или функцию организованной системы различной природы, обеспечивающей сохранение определенной ее структуры, поддержание режима деятельности, реализацию их программ и целей.* Тогда процессом управления называют целенаправленное воздействие субъекта управления на объект управления.

Управление можно понимать и как *проработку стратегий конфликтного поведения.* Содержание, вкладываемое различными авторами в понятие «управление конфликтами» неоднозначно, многообразие можно проиллюстрировать выдержками из следующих определений:

- «...понимание управления в узком смысле, как “урегулирование или улаживание конфликтов”» (Лебедева М.М. Политическое урегулирование конфликтов);

- *«Понимание управления в широком смысле рассматривается в двух аспектах — внутреннем и внешнем. Внутренний аспект предполагает применение технологий эффективного общения и рационального поведения в конфликте. Внешний аспект отражает управленческую деятельность со стороны руководителя (менеджера) или другого субъекта управления по отношению к конкретному конфликту. Управление включает такие этапы, как предупреждение, прогнозирование, регулирование и разрешение»* (Емельянов С.М. Практикум по конфликтологии);
- *«Управление как процесс контролирования конфликта самими участниками либо внешними силами...»;*
«“Конструктивное управление” как термин лучший, чем “разрешение конфликта”...» (Гришина Н.В. Психология конфликта);

Перечисленные определения характеризуют некоторую несогласованность в понимании данного термина и также указывают на сложность и разную степень детализации в рассмотрении данного явления. Каждый исследователь вносит в определение этого понятия нюансы, которые он считает наиболее важными в изложении своих позиций по данному вопросу.

Появлению научного термина «управление» в общесистемном плане мы обязаны кибернетике и ее основоположнику Н. Винеру. Поэтому правомерно управление применительно к конфликту рассматривать с этих позиций. Тогда *суть управления можно выразить как желательное поведение управляемой системы (конфликта) и ее элементов (субъектов), достигаемое прямым управляющим воздействием (изнутри или извне).* В этом подходе конфликт рассматривается как система, управление которой включает два элемента: *определение траектории состояний системы (т. е. формирование цели и указания путей ее достижения) и удержание системы на этой траектории путем регулирования.*

Вне зависимости от того, что понимается в разных источниках под управлением конфликтом, этот процесс представляет целенаправленное воздействие субъекта управления на объект управления и состоит из циклически повторяющейся во времени последовательности задач, которые называются функциями управления. Выделение функций в процессе управления может быть выполнено с различной степенью детализации. Наиболее общими агрегированными функциями управления, к примеру, в менеджменте, являются планирование, организация, регулирование и контроль. В управлении конфликтами такими функциями могут выступать: прогнозирование, предупреждение, регулирование и разрешение. Каждая из этих функций может быть представлена совокупностью более частных функций. Так, например, все они включают функции анализа состояния объекта управления, прогнозирование исходов, определение целей, разработки плана достижения целей.

Выполнение общих и частных функций управления требует принятия решений. Принятие решений обеспечивает ответы на вопросы «что делать» и «как делать», возникающие при реализации других функций управления.

Таким образом, *функция принятия решений выполняет в процессе управления особую роль — она необходима для осуществления всех других функций управления.*

В литературе, посвященной математическим проблемам принятия решений, содержание этой функции определяется как выбор наилучшего решения из множества альтернативных вариантов. Для того чтобы выбирать, необходимо, прежде всего, определить цели, ограничения, альтернативы решений (пути достижения целей) и последствия. В соответствии с кибернетической трактовкой перечисленные параметры представляют элементы траектории состояния системы (конфликта), которые путем регулирования необходимо удерживать в определенных пределах.

Следовательно, содержанием функции принятия решений является не только выбор, но и подготовка к нему, определение необходимых элементов для его осуществления.

Принятие решений представляет собой процесс, который начинается с возникновения проблемной ситуации и заканчивается выбором решения — действия по устранению проблемной ситуации. В процессе принятия решений можно выделить три этапа: постановка задачи, формирование вариантов решений и выбор оптимального решения. Длительность этого процесса существенно зависит от характера проблемной ситуации.

Значение функции принятия решений для деятельности человека и ее особая роль в процессе управления вообще и конфликтом в частности, определяют необходимость рассмотрения социально-политического, психологического и организационно-технологического аспектов этой функции. Перечисленные аспекты должны рассматриваться в единстве. Тогда будет обеспечена полнота изучения этой функции, что будет способствовать более глубокому пониманию закономерностей процесса принятия решений.

Выполнение функций принятия решений должно базироваться на определенных требованиях, основными из которых являются: *своевременность решений* и их *обоснованность*. Несвоевременно принятое решение является недостаточно эффективным. Необоснованность решения увеличивает вероятность его ошибочности, поэтому тщательность обоснования решения — это залог его оптимальности. К другим требованиям еще относят, например, *директивность* решения, которая определяет обязательность его исполнения, *непротиворечивость* решения означает его согласованность с ранее принятыми решениями и другие. Непоследовательность в решениях, их взаимоисключаемость резко снижают эффективность управления. *Правомочность* выполнения функции принятия решений также является необходимым условием обеспечения директивности принятого решения и определяется правами (нормами) для его принятия и ответственностью за его последствия. Требования, сформулированные для управленческих решений,

целиком могут быть отнесены и к решениям, которые необходимо принимать при управлении конфликтами.

Для того чтобы оценить возможные варианты решений, необходимо применить соответствующие методы, а это в свою очередь предполагает подготовительный этап — выявление сущности и содержания задачи принятия решения.

Содержание задачи принятия решений:

Суть задачи принятия решений заключается в определении наилучшего (оптимального, целесообразного) способа действий для достижения целей. На этапах управления конфликтом под *целью в широком смысле* будем понимать *идеальное представление желаемого состояния для конфликтующих сторон, каковым является выгодное для обеих сторон завершение конфликта*. Если фактическое состояние не соответствует желаемому, т. е. стороны затрудняются или не знают, как разрешить или хотя бы урегулировать конфликт, то имеет место *проблема*. Выработка плана действий по устранению проблемы составляет *сущность задачи принятия решений*. Проблема всегда связана с определенными условиями, которые обобщенно называются *ситуацией*. Поэтому совокупность проблемы и ситуации образуют проблемную ситуацию. И эта проблемная ситуация в совокупности с первоначальным предметом конфликта, т. е. с основным противоречием между конфликтующими сторонами, представляют исходную информацию, с которой необходимо работать участникам для ее устранения.

Как мы уже рассматривали выше, субъектом всякого решения является *лицо, принимающее решение (ЛПР)*. Это собирательное понятие включает понятия индивидуального ЛПР или группового ЛПР, в смысле группы лиц, вырабатывающих коллективное решение.

В конфликтологии особое внимание уделяется альтернативным методам разрешения конфликтов, которые рассматриваются как конструктивные. К ним

относятся *прямые переговоры, согласительные процедуры* (фасилитация) и *переговоры с участием посредника* (медиация). Во всех этих методах в качестве лиц, принимающих решение, предполагается не менее двух сторон, причем, каждая из сторон может представлять собой либо групповое ЛПР, например, администрация предприятия и профсоюзный комитет, либо индивидуальное ЛПР, например политический лидер или руководитель (менеджер) в организации.

Для помощи субъектам конфликта в сборе и первичном анализе информации и формировании вариантов (альтернатив) решений могут быть привлечены посредники и эксперты-консультанты или другие компетентные специалисты, которые проведут детальное предварительное рассмотрение основной и сопутствующих ей проблем.

Принятие решений происходит во времени, это не одномоментный акт. Очень часто это достаточно длинный и мучительный процесс, направленный на устранение проблемной ситуации. Выделяются три этапа: поиск информации, определение и нахождение альтернатив и выбор наилучшей альтернативы.

На первом этапе собирается вся доступная на момент принятия решения информация: фактические данные, мнение экспертов. Там, где это возможно, строятся гипотезы и используются экспертные методы. Второй этап связан с определением множества возможных альтернатив, которые, например, на этапе ведения переговоров, выработали конфликтующие стороны. На третьем этапе осуществляется их сравнение и выбор наилучшего варианта (или вариантов) решения.

Сравнение альтернативных (взаимоисключающих) вариантов решений предполагает введение и оценку их *предпочтительности*, т. е. некоторой интегральной оценки качества решений. Эта оценка может быть основана как на объективном анализе (знании, опыте и т. д.), так и на субъективном понимании ценности и эффективности решений.

Для осуществления выбора наилучшего решения индивидуальное ЛПР определяет критерий выбора, т. е. способ выражения различий между альтернативами с точки зрения предпочтения ЛПР. Групповые ЛПР производят выбор на основе «принципа согласия». Конечным результатом задачи принятия решения, реализующим следующую функцию управления, является решение, которое представляет предписание к действию — «регулирование». В теории принятия решений *допустимым* считается решение, которое удовлетворяет ограничениям (ресурсным, правовым, морально-этическим и т. д.). Решение называется *оптимальным, или целесообразным*, если оно наилучшее из возможных вариантов по критерию выбора для индивидуального ЛПР или удовлетворяет «принципу согласия» группового ЛПР.

После определения основных понятий можно приступить к формулировке задачи принятия решения. Опишем содержание в виде перечня параметров.

Дано:

- *проблемная ситуация,*
- *время принятия решения,*
- *выделяемые ресурсы.*

Требуется определить:

- *оптимальное (целесообразное) решение.*

В постановке задачи на начальном этапе не рассматривается специфика деления на индивидуальное и коллективное принятие решений, поэтому она носит универсальный характер и может быть применена для задач конфликтологии.

Начнем с исходных данных. В основе *проблемной ситуации* лежит история взаимоотношений, позиции сторон, внутренние и внешние факторы и то основное противоречие, которое стало предметом конфликта сторон. От

правильности первичного анализа ситуации зависит очень многое — развитие конфликта и выбор формы завершения.

Однако в ряде случаев, а точнее, почти всегда такой анализ затруднен наличием *неопределенности*. Прежде всего, эта неопределенность связывается с особенностями индивида или группы индивидов, ставящих и решающих задачу, с их способностью собрать и переработать информацию о рассматриваемой проблеме. Постановка задачи является первым шагом в борьбе с неопределенностью. Из бесконечного разнообразия окружающего мира индивид выделяет определенный круг факторов и искусственно разрывает их связь с остальной средой. Тем самым вычленяется относительно обособленная, замкнутая система взаимодействующих факторов, которые составляют содержание задачи. Задание условий позволяет снять некоторую часть неопределенности, а определение характера взаимодействия факторов (элементов задачи) дает возможность качественно сформулировать цели задачи. Например, медиатор, начиная работать со сторонами, выслушивает их позиции, задает вопросы по поводу тех или иных обстоятельств. На этом этапе фигурируют еще весьма расплывчатые намерения и не совсем ясна цель. Но в процессе медиации, благодаря профессионально выстроенной медиатором процедуре, стороны переходят от позиций к выявленным интересам. В результате не только для медиатора становится более понятным предмет спора, но и стороны начинают смотреть на проблему другими глазами. Причем этот процесс уточнения или «снятия неопределенности» продолжается на протяжении всего периода работы с конфликтом. В конечном итоге благодаря таким итерационным шагам удастся уточнить и объективно представить проблему спора.

Говоря о проблемной ситуации и сопровождающей ее неопределенности, мы еще явно не касались других исходных данных, которые неразрывно связаны с ней — это *время и ресурсы*.

Промежуток времени между осознанием проблемы и принятием на себя ответственности за выработку совместного с другой стороной решения и собственно исполнением решения может меняться в зависимости от существа предмета конфликта и других обстоятельств. В большинстве случаев для принятия решения выделяется ограниченный интервал времени, исчисляемый секундами, часами, днями и т. д. При управлении конфликтом такие временные ограничения могут быть обусловлены различными обстоятельствами. Например, оценка «соотношения сторон» или «баланса сил» помогает осознать сторонам дефицит ресурсов, в том числе временных для продолжения конфликта, и это может стать основанием для начала переговоров. Лимит времени является условием некоторого «принуждения» для вступления в процедуру урегулирования, а иногда выступает как дисциплинирующее условие.

Важным обстоятельством при постановке задачи принятия решения является *формулировка целей*. Пока нет цели — нет и проблемы, которую надо решать. Как говорил Сенека, «для корабля, который не знает куда плыть, нет попутного ветра». Как уже отмечалось, под *целью* понимается *идеальное представление желаемого состояния*. А желаемые состояния у каждой стороны это не просто завершение конфликта, а удовлетворение собственных интересов. Очень часто субъекты конфликта не могут корректно сформулировать цели, путают их со своими желаниями и позициями. Цели всегда конкретны, и именно конкретность целей побуждает договаривающиеся стороны мобилизовать свои ресурсы (материальные, интеллектуальные и т. д.) на устранение существующей проблемы. Целеполагание это сложный процесс, он обязательно предполагает выбор показателя, характеризующего степень близости к цели. Цели взаимосвязаны с интересами сторон, и учет данного обстоятельства помогает в поиске совместного решения конфликтующим сторонам.

Таким образом, находясь в конфликтной (проблемной) ситуации, стороны в большинстве случаев ограничены временем и ресурсами для принятия

решения. В ситуациях принятия решения, когда участники в «натянутых» отношениях, находятся под давлением, существует нехватка информации, компенсировать которую можно лишь верой в одну из возможных гипотез. Стороны, либо самостоятельно, либо с помощью посредников, участвующих в этой процедуре, доопределяют или переопределяют исходную проблемную ситуацию *гипотетическими альтернативными ситуациями (гипотезами)* и, тем самым, «снимают» часть неопределенности.

Хрестоматийным примером могут служить переговоры между Израилем и Египтом, проводившиеся при посредничестве США и завершившиеся Кэмп-Дэвидским мирным договором в 1978 г. Конфликт, начавшийся в 1967 г., был урегулирован только спустя одиннадцать лет. И, несмотря на давность события, результаты урегулирования этого конфликта и важность посреднической миссии США отмечены Нобелевской премией Мира, полученной бывшим президентом Дж. Картером в 2002 г. Процесс регулирования был длительным и трудным. Первоначальные позиции сторон, их представление проблемной ситуации, были переопределены в ходе многих попыток-итераций совместного обсуждения, что позволило выработать решение, которое в результате устроило обе стороны. Переход от позиций к интересам сторон — это конструктивный подход в структуризации проблемы.

Важным моментом в постановке задачи принятия решений является выработка *альтернативных вариантов решения*. Множество этих вариантов может исчисляться двумя (например, окружение президента Дж. Кеннеди в период Карибского кризиса рассматривало только два варианта решения проблемы — блокаду Кубы или военные действия) или большим числом вариантов (например, при заключении Кэмп-Дэвидского соглашения было рассмотрено больше 20 вариантов).

Следующими промежуточными элементами задачи, от которых зависит выбор наилучшего варианта решения, являются *критерии достижения целей*. Как отмечено у Р. Фишера и У. Юри, использование объективных критериев

(норм, законов, правил и т. д.) может привести к возможности выбора целесообразного варианта. Причем выбор осуществляется из области возможных (допустимых) вариантов, а эта область определяется *ограничениями*, которые сформулированы сторонами при описании и уточнении проблемной ситуации. Следует отметить, что в большинстве случаев критериев может быть более одного (многокритериальная задача принятия решений) и поэтому необходим способ, позволяющий упорядочивать эти критерии. Это действие является прерогативой лиц, принимающих решение, в конфликте — конфликтующих сторон, и трактуется в теории принятия решения как *предпочтения* ЛПР. Для группового ЛПР в задаче принятия решения необходимо задание *функций группового предпочтения*, зависящих от индивидуальных предпочтений членов группы. Для формирования группового предпочтения используется *принцип согласования*, или *согласованности*, индивидуальных предпочтений. В этом выражается специфика постановки задачи индивидуального и группового (коллективного) принятия решений.

Кратко **задачу принятия решения в управлении конфликтом** можно сформулировать так: *в условиях проблемной (конфликтной) ситуации, имеющихся у сторон времени и ресурсов необходимо доопределить проблемную ситуацию множеством гипотетических ситуаций, сформулировать множество целей, ограничений, альтернативных решений, произвести оценку предпочтений решений и найти наилучшее решение из множества допустимых для обеих сторон, руководствуясь критерием выбора.*

Для группового ЛПР в задаче принятия решения необходимо добавить функцию группового предпочтения, зависящую от вектора индивидуальных предпочтений членов группы, и правила согласования индивидуальных предпочтений для формирования группового предпочтения.

Большинство задач принятия решений относятся к многокритериальным задачам выбора, и класс подобных задач включает, кроме приведенной выше

задачи определения наилучшей (оптимальной) альтернативы, также задачи упорядочения альтернатив и распределение альтернатив по классам решений.

Следует отметить, что приведенная формулировка задачи принятия решения отражает в основном рациональную (объективную) составляющую процедуры выработки решения, хотя в ряде компонент задачи, таких как выбор предпочтения, способа сравнения альтернатив и т. д. присутствует и субъективная составляющая, которая требует детального исследования и учета при выборе методов принятия решений.

Тема 2.3 Методы и модели принятия решений

Методы принятия решений:

В теории принятия решений можно выделить три группы методов: *неформальные (эвристические), количественные и коллективные.*

Первая группа методов основана на интуиции ЛПР, основанной на накопленном опыте и знаниях в конкретной предметной области. Можно сказать, что ЛПР выступает как некая интеллектуальная система поддержки принятия решения (СППР). В основе первой группы лежат субъективные суждения ЛПР. Достоинство этих методов — оперативность принятия решений; недостаток — отсутствие гарантии в надежности интуиции.

Наиболее дешевым и практически не требующим никакой предварительной подготовки является *интуитивный* метод, когда решение принимается по внутреннему убеждению, и, как правило, не сопровождается анализом альтернатив, или привлечением какой бы то ни было информации.

Само по себе понятие интуиции не имеет однозначного толкования и рассматривается психологами и специалистами в области высшей нервной деятельности либо как врожденный талант, либо как особый способ усвоения и мобилизации в нужный момент информации, присущий лишь отдельным личностям и проявляющийся в разные периоды жизни человека. Оба эти

определения не противоречат друг другу, хотя и не объясняют причин наличия данной способности. Достоинствами интуитивного метода следует считать скорость принятия решения и низкую стоимость. К недостаткам следует отнести тот факт, что интуицией обладают далеко не все люди (высокоразвитая интуиция — это удел узкого круга лиц), что дает основание рассматривать ее как особого рода талант. Другой недостаток состоит в высокой степени риска принятия решения на основе интуиции.

Адаптивный метод заключается в том, что решение принимается по аналогии с решением уже однажды принятым. Достоинством этого метода является также его дешевизна и высокая степень определенности в случае принятия запрограммированных решений. Однако недостаток этого метода заключается, во-первых, в том, что не всегда рассматриваемая ситуация совпадает с той, в которой данное решение являлось успешным, во-вторых, трафаретный подход к решению проблемы не позволяет во многих случаях продвинуться вперед и решить новую возникшую проблему.

Количественные методы базируются на научном подходе: системном анализе, исследовании операций, теории игр, имитационном моделировании, вероятностных и статистических моделях, нечетких множествах, теории графов и т. д. В этой группе методов предполагается выбор оптимальных решений путем предварительного сбора и обработки достаточно большого объема информации. Однако существуют приближенные подходы (мы их рассмотрим позже), доступные для широкого использования.

Теория игр и статистических решений признана как математическая теория конфликта, а точнее, это метод, который позволяет разрабатывать как статические, так и динамические модели принятия решений при известном наборе стратегий противников. Положенные в ее основу модели подразумевают рациональное поведение участников конфликта. В реальных же ситуациях поведение одной из сторон может представляться для другой иррациональным. На самом деле, такая кажущаяся иррациональность — это результат неопределенности знаний о противоборствующей стороне. Априорная

дефиниция возможных стратегий практически недостижима, те стратегии, которые лежат на поверхности в конфликте, представляют наименьшую ценность — главная задача сторон обнаружить скрытые возможности (выявить истинные интересы).

Из всей динамики конфликта использование метода теории игр предполагается только для определения оптимальных стратегий на фиксированный момент времени эскалации конфликта и, соответственно, для обоснования принимаемых решений.

Математические методы используются только при наличии достаточного объема информации, имеющей количественные характеристики. При отсутствии этих условий может быть использован метод экспертных оценок (см. п. 6.5), который применяется для формулирования цели решения, оценки влияния совокупности обстоятельств, генерирования и оценки альтернатив.

Несмотря на логичность и системность математическая теория во всей своей полноте используется очень ограничено, в основном как вспомогательное средство. Причины этого коренятся в трудности их применения и в неспособности математических методов учесть влияние человеческого фактора и того многообразия неопределенностей, с которыми сталкивается индивид.

Коллективные решения принимаются на основе коллективного разума (участников группы, работников организации, членами согласительных комиссий и др.), что позволяет избежать грубых ошибок при их разработке. К этой группе методов относятся такие, как метод «мозговой атаки», метод «Дельфы», экспертные оценки и др. Недостатком этой группы методов являются значительные затраты времени в процессе работы над подготовкой решения.

Чтобы воспользоваться этим методическим аппаратом, необходима формализация проблемы, включающая выбор модели и на ее основе постановки задачи принятия решения и определения всех составляющих ее элементов, а это требует глубоких знаний предметной области. Одним из

важных инструментов исследования, использующихся для реализации данного этапа, является системный подход. Выбор метода принятия решения достаточно сложен и зависит от ряда требований, к которым относятся результативность, практичность, экономичность и временной интервал, необходимый для принятия решения.

Результативность заключается в том, что метод должен обеспечить результат — решение, которое может быть использовано для устранения проблемы.

Практичность метода должна обеспечить достоверность результата, т. е. метод не должен увеличивать степень неопределенности.

Экономичность предполагает, что затраты на принятие решения меньше полученного эффекта.

Временной интервал для принятия решения должен быть таким, чтобы решение не потеряло актуальности.

Деление методов на три группы условно, на практике возможно использование комбинированных методов. На этапах управления конфликтом для обоснования принимаемых решений можно использовать метод анализа иерархий (МАИ) Т. Саати. В основу метода положено иерархическое представление элементов, определяющих сущность любой проблемы. Суть метода заключается в декомпозиции проблемы на более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений ЛПР по парным сравнениям, а также в получении количественных оценок степени влияния элементов на проблему.

Как пишет сам Т. Саати, «*подход не должен превышать возможностей среднего человека для понимания...*» и это реализовано в данном методе.

Следует помнить, что любое ответственное лицо обязано быть рациональным хотя бы для того, чтобы иметь возможность объяснить другим логические основания своего выбора. Без методического аппарата реализовать такие объяснения затруднительно.

Существует концепция ограниченной рациональности Герберта Саймона, предложенная им в 1956 г. Суть концепции состоит в том, что, принимая решение, люди из-за ограниченности личностных факторов стремятся к упрощению как реальной ситуации, рассматривая лишь небольшое число альтернатив и их возможных концепций, так и проблемы выбора, устанавливая уровни притязаний или устремлений по всем возможным последствиям, к которым может привести та или иная альтернатива. Нередко люди выбирают первую альтернативу, которая наиболее удовлетворяет всем уровням притязаний, не рассматривая другие, которые могли бы привести к более эффективному результату. Иначе говоря, в процессе принятия решения человек выбирает не самый лучший вариант, а тот, который удовлетворяет потребностям в том смысле и объеме, как их понимает ЛПР.

Принятие решений в технологиях управления конфликтами требует творческого подхода, озарения, другими словами, рациональный выбор в подобных ситуациях по своей сути является особым искусством, и это искусство должно иметь обоснованную почву. Лицо, принимающее решение, может ознакомиться с оптимальным решением, полученным с помощью научных методов, но последнее слово в принятии решения оставить за собой. И это обстоятельство может свидетельствовать либо о факте «не снятия неопределенности» в описании проблемы, либо о динамичности информации и о появлении каких-то других обстоятельств, которые на момент формулирования содержательной части задачи еще были неизвестны. ЛПР смог их учесть через некоторый интервал времени, когда информации стало больше, и уже принял решение на основе неформальной группы методов.

В качестве примера можно привести принятие решения политическими лидерами в период Карибского кризиса. Известный исторический факт, что, несмотря на подготовленные окружением варианты, президент США Дж. Кеннеди остановился на своем варианте и заключил соглашение с политическим лидером противоположной стороны — СССР, Н.С. Хрущевым. Это решение оказалось исторически правильным. Однако

истории известно и много других примеров, когда приходится считаться с мнением окружающих людей, решение должно приниматься коллективно и не всегда бывает достаточно только одного опыта. Без умения формализовать проблему, выявить все составляющие, трудно считать принятое решение наилучшим из всех возможных.

Но, как писал Макиавелли в своем труде «Государь»: «Пусть никто не думает, будто можно всегда принимать безошибочные решения, напротив, всякие решения сомнительны, ибо в порядке вещей, стараясь избежать одной неприятности, попадаешь в другую. Мудрость заключается только в том, чтобы взвесить все возможные неприятности, наименьшее зло почтеть за благо».

Модели принятия решений:

Под моделью в широком смысле в науке принято понимать аналог, «заместитель» оригинала (фрагмент действительности), который при определенных условиях воспроизводит интересующие исследователя свойства оригинала. Можно предположить, что модель это упорядоченный набор предположений о реальном объекте.

Как подчеркивается в определении академика Н.Н. Моисеева: «Под моделью будем понимать упрощенное, если угодно, упакованное знание, несущее вполне определенную, ограниченную информацию о предмете (явлении), отражающее те или иные его отдельные свойства. Модель можно рассматривать как специальную форму кодирования информации. В отличие от обычного кодирования, когда нам известна вся исходная информация, и мы лишь переводим ее на другой язык, модель, какой бы она ни использовала, кодирует и ту информацию, которую люди раньше не знали. Можно сказать, что модель содержит в себе потенциальное знание, которое человек, исследуя ее, может приобрести, сделать наглядным и использовать в своих практических нуждах. Для этих целей в рамках самих наук развиты специальные методы

анализа. Именно этим и обусловлена предсказательная способность модельного описания».

В теории принятия решений наиболее применимы следующие типы моделей:

- теоретические модели, опирающиеся на какую-то теорию (экономические, вероятностные, теоретико-игровые, модели исследования операций и другие);

- словесные (вербальные) модели типа сценария развития ситуаций;

- схематические модели типа «черный ящик» или «сетевая» модель, которые составляют часто основу других моделей и предусматривают рассмотрение только входных и выходных данных об объекте без рассмотрения внутреннего содержания;

- математические (алгоритмические) модели, которые в настоящее время являются основой для компьютерного моделирования и с помощью которых могут быть воплощены модели первого и второго типа.

Поэтому остановимся именно на этих моделях.

Согласно приведенному выше определению Н.Н. Моисеева, построение математической модели обеспечивает существенное сжатие информации, но при этом какие-то грани изучаемого процесса отбрасываются как несущественные, а другие — как бы проявляются. Важно только уметь выявлять именно значимую информацию. В этом состоит одна из основных сложностей процесса моделирования.

Появление компьютеров сделало возможным использование математических моделей для решений проблемных задач. А разработка вычислительных методов теории принятия решений стала основой для их реализации. В этом направлении было проведено много исследований. Группой специалистов под руководством академика Н.Н. Моисеева еще в 70-е гг. прошлого столетия, на базе вычислительного центра Академии Наук была разработана и реализована имитационная модель оценки последствий ядерной войны. Полученные с использованием этой модели результаты потрясли всю

научную общественность и политиков, заставив их задуматься о последствиях принимаемых ими решений. На основе другой известной модели Дж. Форрестора и Д. Медоуза, имитирующей мировую динамику, были сделаны выводы о кризисных ситуациях, которые ожидают мир в конце XX в. Работы Дж. Форрестора и Д. Медоуза оказались важны также тем, что привлекли общественное внимание к опасным процессам, происходящим в окружающем нас мире и к взаимосвязанности этих процессов.

Моделирование процесса принятия решения позволяет придать ему качественно новый уровень и внедрить компьютерные технологии в практику принятия решений. Применение моделей процесса принятия решений позволяет ЛПР проверить интуитивные соображения при принятии решений, обеспечить системность, адекватность, непротиворечивость, надежность и оптимальность решений. С другой стороны, модель позволяет ЛПР более полно реализовать знания, опыт и интуицию.

Конечно, надо понимать, что модель помогает найти рациональное решения только для модельного варианта, который, как правило, является упрощением реальной ситуации. Варианты решений, которые могут быть получены с помощью компьютерной модели, могут носить лишь рекомендательный характер, но именно модель способствует выработке реального решения. Если в процессе окончательного выбора решения обнаруживаются дополнительные факторы, влияющие на результат, то их проверяют на модели или корректируют модель надлежащим образом для учета этих факторов.

При принятии важных и ответственных решений целесообразно независимо применять несколько типов моделей, описывающих реальную ситуацию с разных точек зрения. Например, использование методов количественного прогноза должно быть дополнено методами экспертного прогнозирования. Разные модели позволяют повысить надежность получаемых с их помощью рекомендаций. Для сложного решения можно создать комплекс моделей, описывающих различные аспекты решения. На завершающем этапе

принятия решения существенное влияние оказывает личность принимающего решение, его или их решительность, дальновидность, мастерство и искусство реализации решения.

Наибольший эффект при принятии ответственных решений дает интеграция знаний, опыта, интуиции и современных компьютерных технологий принятия решений.

Применение компьютерных моделей, основу которых составляют именно математические модели, предполагает создание базы данных для повторяющихся и типовых решений. Такие модели позволяют быстро и многократно варьировать условия принятия решения и проверять рекомендованные результаты. Иначе говоря, компьютерная модель решения позволяет довольно просто экспериментировать с моделью, применяемыми методами и процедурами решения и проверять запланированные результаты.

Наряду с требованиями соответствия модели объекту управления важно также, чтобы модель соответствовала профессиональным навыкам, системе ценностей и предпочтений ЛПР и обеспечивала определенный уровень доверия к результатам моделирования.

Качество модели определяется, с одной стороны, тем, насколько полно и точно удастся отразить основные свойства ситуации, а с другой стороны, тем, насколько удобно можно работать, экспериментировать с моделью и получать результаты, вызывающие доверие. Последнее свойство модели требует адекватного анализа и соответствующего упрощения ситуации.

Анализ ситуации может приводить к необходимости использования вероятностной или детерминированной модели решения. Вероятностные модели учитывают возможное вероятностное распределение событий и условий, определяющих решения. Детерминированные модели, фиксирующие вероятность события и условия решений, позволяют учесть другие характеристики и элементы задачи принятия решения, недоступные вероятностным моделям решения. Поэтому важно для исследователя применять разные типы моделей. Следует учитывать тот факт, что как бы ни

была хороша разработанная модель, она никогда не может учесть абсолютно все события и условия реальной ситуации принятия решения.

Моделирование состоит из двух взаимосвязанных этапов: формулирования модели и ее изучения. Методологической основой разработки и исследования моделей является системный анализ, рассмотренный нами ранее.

Применительно к теории принятия решений существует ряд определений понятия «системный анализ», одно из самых известных принадлежит Э. Квейду: «В широком смысле любое аналитическое исследование, направленное на то, *чтобы помочь руководителю, ответственному за принятие решений, в выборе предпочтительного курса действий, могло бы быть названо системным анализом*». В другом определении, принадлежащем А. Энтховену: «Системный анализ является разумным подходом к принятию решений, точно определяемый как “количественный здравый смысл”». Эти определения достаточно широко определяют суть системного анализа для данной области.

Теория принятия решений использует общую схему системного подхода. В качестве вспомогательного средства сравнения альтернатив в ней применяются математические модели, описывающие поведение систем, включающих в себя как отдельных людей, так и коллективы. При этом предполагается, что люди ведут себя определенным рациональным образом, который может быть адекватно описан. Критерий сравнения альтернатив обычно рассматривается как единственный и очевидный. В этом случае модель отражает веру исследователя в то, что данная ситуация определяет именно это, а не другое поведение людей и что в таком плане описание приближается к объективному. Таким образом, системный анализ является методом, позволяющим рационально использовать субъективные суждения для решения слабоструктурированных проблем.

Особенность системного анализа состоит именно в подходе к аналитическому сопоставлению альтернатив. Отсутствие объективной информации не позволяет однозначно объединить параметры системы в

единую модель оценки качества альтернатив. Эти параметры выступают отдельно как критерии оценки альтернатив. Проблема оценки становится многокритериальной. Первый, наиболее известный, вариант системного анализа в принятии решений связан с двухкритериальной оценкой альтернатив — с оценкой по критериям стоимости и эффективности. Появление метода эффективность-стоимость вызвано было необходимостью учета при анализе вариантов сложных решений факторов самой разной природы, и впервые он был применен для анализа военно-технических решений. Этот метод включает 3 этапа:

- построение модели эффективности;
- построение модели стоимости;
- синтез оценок стоимости и эффективности.

Особенность данного подхода состоит в том, что при синтезе эффективности и стоимости появляются субъективные суждения. Возможны два варианта задачи, смысл которых состоит в переводе одного критерия оценки альтернатив в ограничение. Этот подход позволяет понять бессмысленность требований типа «максимум эффективности при минимуме затрат» и занимает весомое место в исследовании операций и теории принятия решений.

Раздел 5. Основы теории принятия решений

Тема 5.6 Коллективные решения

Сущность группового выбора:

Групповой выбор является столь же распространенным в практике принятия решений, как и индивидуальный. Под групповым выбором понимают процедуру принятия коллективного решения на основе согласования индивидуальных предпочтений членов группы. Этот факт был отмечен ранее, при формулировке задачи принятия решения.

Полное рассмотрение группового выбора предполагает решение проблем организации процедур выработки коллективного мнения и определение, что такое «хорошее», «разумное» согласование индивидуальных предпочтений в групповом предпочтении. Рациональная организация процедур выработки решения, т. е. технология работы группового ЛПР, требует учета поведения членов группы и влияния различных факторов на это поведение (характер решаемой проблемы, последовательность высказываемых мнений, условия образования коалиций, эмоциональное состояние участников и т. п.). Исследование поведения членов группового ЛПР является сложной проблемой.

В теории принятия решений существуют работы, уделяющие особое внимание поведенческим и психологическим аспектам коллективного выбора.

Но в данном пособии основное внимание уделяется проблемам рационального выбора. Основное направление исследований в области группового выбора связано не с тем, как должен проходить процесс выбора, а с тем, какими свойствами и требованиями должен обладать результат согласования индивидуальных предпочтений в групповое предпочтение. Такой подход, несмотря на свою неполноту за счет исключения поведенческого фактора, позволяет в широком аспекте подойти к проблеме группового выбора, включив в нее многокритериальный выбор, экспертные оценки, процедуры голосования и т. д.

Конфликт предполагает принятие коллективного решения между субъектами, например, на этапе завершения, чтобы разрешить противоречие, положившее основу конфликту. Поэтому проблема коллективного выбора весьма актуальна для теоретических и практических аспектов конфликтологии.

Принципы согласования решений:

Прежде чем рассматривать наиболее распространенные принципы группового выбора, необходимо сделать некоторые предположения.

Пусть среди участников решения могут быть образованы коалиции. Например, такими коалициями могут выступать субъекты конфликта, посредники, арбитры, третьи стороны.

Прежде чем начать согласование каких-либо решений, необходимо, чтобы члены группы были готовы к этому. В конфликтологии считается, что пока стороны конфликта не осознали проблемы и необходимости завершения конфликта, они не могут начать переговоры.

Суть последнего условия можно определить, как *принцип добрых намерений*. Этот принцип является исходной платформой на пути использования всех остальных принципов.

Принцип большинства голосов. В группе ЛПР могут образовываться коалиции — объединения участников в подгруппы с совпадающими целями. Этот принцип утверждает, что групповое предпочтение должно соответствовать коалиции, которая имеет число членов, иначе голосов, превышающее некий порог. Этот порог может быть равен половине участников группового ЛПР. В этом случае говорят о *принципе простого большинства*. Если порог равен 2/3 голосов, то говорят о принципе большинства в 2/3 голосов, и если порог равен числу всех участников, то говорят о единогласном решении, или *принципе абсолютного большинства*. Принцип большинства голосов используется при демократическом способе принятия решения.

Принцип вето. Этот принцип согласования решения требует формального согласия всех участников решения и состоит в том, что если хотя бы один из участников решения не согласен с предлагаемым вариантом (т. е. накладывается «вето»), значит, решение не принимается.

Принцип вето, таким образом, требует единогласия для реализации решения. Этот принцип целесообразно применять для важных, ответственных решений со значительными последствиями. Например, *принцип вето в Совете безопасности ООН*, число участников которого ограничено 7–8 членами — ведущими странами мира означает, что каждый из участников может предложить свой вариант решения, но осуществление решения, включающее

финансирование за счет средств ООН, возможно только при одобрении или не возражении всех остальных участников Совета безопасности.

Принцип диктатора. Этот принцип применяется в военных организациях и при принятии решений в чрезвычайных обстоятельствах. Согласно этому принципу в качестве группового предпочтения принимается *предпочтение одного лица группы — диктатора*.

При решениях по этому принципу не учитываются предпочтения других участников решения, по существу групповое предпочтение в данном случае соответствует индивидуальному предпочтению.

Как *принцип диктатора*, так и *принцип большинства голосов* не учитывают интересы всех членов группы. Применение этих принципов не обеспечивает устойчивости существования группы участников решения и при отсутствии других сдерживающих факторов может привести к распаду группового ЛПР.

Рассмотрение принципов коллективного выбора позволяет понять конфликтологическую сущность данного явления.

Рассмотрим другие принципы согласования индивидуальных предпочтений участников решения, обеспечивающие в некотором смысле учет интересов всех членов группы и, следовательно, сохраняющие устойчивость группы.

Пусть имеется множество коалиций. Решение называется *K*-оптимальным, если оно оптимально для каждой коалиции. Такая оптимальность означает, что ни одной коалиции не выгодно менять этого решения, поскольку не существует лучшего решения. Рассматриваемые далее конкретные принципы согласования основаны на понятии оптимальности и отличаются количеством участников в коалиции.

Принцип Курно. Пусть все коалиции являются одноэлементными, т. е. групповое ЛПР состоит из независимых индивидов, имеющих различные предпочтения и поэтому не образующих какие-либо группы. Тогда *K*-оптимальным решением является решение, получаемое по принципу Курно.

Этот принцип отражает индивидуальную рациональность: *никому из членов группового ЛПР отдельно невыгодно менять решение, поскольку не существует лучшего*. Принцип действует только тогда, когда индивидуальные предпочтения для вариантов решения таковы, что каждому участнику они не приносят большого ущерба или выгоды. На этапах ведения переговоров знание данного принципа Курно помогло бы осознать положение дел у субъектов конфликта, выявить перспективность или бесперспективность дальнейшего продолжения их переговоров.

Принцип Парето. Пусть множество коалиций состоит из одной коалиции, т. е. все члены группового ЛПР образуют единое целое, *K*-оптимальное решение в этом случае соответствует принципу Парето. Всем членам группы сразу невыгодно менять оптимальное решение, поскольку не существует лучшего решения. По принципу Парето группа может улучшать свои решения без нанесения ущерба каждому члену, поэтому его применение возможно только при сильной зависимости всех членов группового ЛПР. Принцип Парето для согласования предпочтений членов группового ЛПР имеет такую же сущность, которая была раскрыта при многокритериальном выборе индивидуального ЛПР, можно предположить, что многокритериальность может идентифицироваться с группой индивидов, у каждого из которых существуют свои предпочтения.

Принцип коалиций. Если число участников решения в каждой коалиции больше одного, то их предпочтения могут быть таковы, что каждой из коалиций не выгодно менять свое решение, когда у них нет лучшего решения. Этот принцип называется *принципом Эджворта*, он обобщает принципы Курно и Парето.

Выбор принципа согласования должен осуществляться на основе характера отношений между коалициями. Основными типами отношений между коалициями принимаются отношения статус-кво, конфронтации или соперничества и рациональности.

При отношении *статус-кво* коалиции стараются сохранить существующее положение. Это отношение определяется взаимодействиями слабосвязанных участников и характерно для экономических структур и организаций. Может быть, на каком-то этапе переговоров, конфликтующим сторонам выгодна такая позиция сохранения существующего положения. Сильные взаимодействия, к ним относятся конфликты, определяют отношения *конфронтации* и *рациональности*. При отношении конфронтации коалиции действуют так, чтобы принести ущерб друг другу. Отношение конфронтации является основой теории игр.

Выбор оптимального решения в теории игр определяется в предположении наихудших условий для рассматриваемой коалиции, которые создаются действиями других коалиций. Поэтому наилучшее решение определяется для наихудших условий и обеспечивает максимальный гарантированный выигрыш для этих условий.

Стратегия *рациональности* характерна для субъектов конфликта, когда они оценили со всех сторон свое положение и ресурсы, которыми они еще располагают, а также возможности противника, баланс сил, и приняли решение о дальнейшем взаимодействии.

При отношениях рациональности коалиции действуют в собственных интересах для получения максимального результата, что не обязательно приносит ущерб другим коалициям. При этом одна коалиция в силу предположения о рациональном поведении другой может предсказать ее поведение. Однако аналогичные рассуждения может проводить и другая коалиция по отношению к первой и на этом этапе принять наилучшее решение. В свою очередь первая коалиция, зная поведение второй, может... и т. д. Получается бесконечная цепочка логических рассуждений, практическое прекращение которых возможно только при обрыве на определенном шаге. Этот процесс теоретически можно продолжить до прекращения отношения рациональности. В частности, при отношении конфронтации этот обрыв

осуществляется на первом шаге, исходя из предположения «рассчитывай на худшее».

Разрешение конфликта — это всегда некоторое коллективное решение при несовпадающих целях. И поэтому любое коллективное решение это всегда компромисс. Главное — добиться успеха минимальной ценой. Каждый из партнеров, участвующих в конфликте, преследует свои цели, обеспечивающие целое множество интересов. Еще в начале XX в. был предложен принцип согласования интересов и целей для выбора возможного множества компромиссов, который назвали по имени его автора «принципом Парето». «Однако, — пишет Н.Н. Моисеев в своей работе, — до сих пор не научились использовать этот принцип для решения практических задач, потому что его применение требует некоторой культуры, а сложность состоит не в математических расчетах, а в том, что участники, даже договорившись о принятии в качестве коллективного решения “паретооптимальное”, не имеют гарантий, что кто-то не нарушит его. Значит, одного принципа Парето мало. Только тогда компромисс может быть наверняка реализован, если существует гарантия, что ни один из участников конфликта его не нарушит. Другими словами, необходима защита от нечестности и эгоизма. И такой принцип был сформулирован и назван принципом устойчивости Нэша. Согласно этому принципу, условия компромисса должны быть такими, чтобы партнер, нарушивший договоренность, получил меньше, чем ему полагалось получить по договоренности».

Итак, если компромисс, т. е. коллективное решение, получено, и оно удовлетворяет принципу Парето и одновременно является устойчивым, то есть основания предполагать, что решение не только будет принято, но и выполнено.

Данный вывод и сформулированные принципы согласования предпочтений участников группового ЛПР могут стать надежным инструментом конфликтолога, например, как при урегулировании и разрешении конфликтов в различных сферах, так и при проведении экспертиз в организациях с целью

выявления конфликтогенных областей и разного рода причин, которые помогут в предотвращении конфликтов.

Методы голосования как способы принятия коллективных решений:

Проблема выборов — это одна из типов задач принятия коллективного решения, которая интересовала человечество с давних времен. Конфликтогенность этой проблемы не вызывает ни у кого сомнений, а наоборот, новые выборы — это новый опыт и знания по данному вопросу как для специалистов, так и для обычных граждан.

Нобелевский лауреат К. Эрроу пишет: «В условиях капиталистической демократии существуют два основных способа коллективного выбора: *голосование*, обычно используемое при принятии политических решений, и *рыночный механизм*, обычно используемый для принятия экономических решений».

Эти два способа принятия коллективных решений имеют общие основания, суть которых может быть объяснена следующей цитатой из работы П. Самуэльса: «Потребитель является, так сказать, повелителем. Или, точнее говоря, каждый человек, будучи повелителем, выступает как участник голосования и использует свои деньги в качестве голосов, призывающих производить те вещи, в которых он нуждается. Его голоса конкурируют с голосами других людей, и тот, кто располагает наибольшим числом голосов, в конечном итоге оказывает определяющее влияние на то, что производится и куда идут произведенные товары».

Заметим, что П. Самуэльс говорит об участнике рынка товаров как об участнике процедуры голосования, а мерилom предпочтений участника относительно товаров является его желание (или нежелание) покупать определенное количество товара по определенной цене. Избиратель, участвующий в голосовании, имеет в качестве вариантов выбора политические партии или независимых депутатов, кандидатов в президенты и т. п. История человечества знала много способов голосования. Как пример, два таких способа

приведены в цитате Плутарха — это хлебный шарик и крик. Были не менее экзотичные другие способы, например, в одном городе выбирали мэра по такому принципу: все претенденты клали свои бороды на стол, куда выпускали блоху, и тот, в чью бороду она запрыгивала, становился победителем.

С древних времен способы выбора претерпели изменения, но не потеряли актуальности.

Существует множество систем голосования. Наиболее известные из них — системы Кондорсе, Борда, правило большинства голосующих — кажутся справедливыми и убедительными с точки зрения здравого смысла. Однако они приводят к нарушению рациональности. Парадоксы не возникают, если один из кандидатов набрал абсолютное число голосов.

В сегодняшней практике мнения избирателей о кандидате или альтернативе описываются несколькими различными способами, которые приведем ниже.

1. Указание выбранного варианта (вариантов). Избиратель рассматривает кандидатов и каким-либо способом указывает, кого из кандидатов он избирает.

2. Построение упорядочения. Каждый избиратель упорядочивает варианты по степени их предпочтительности.

3. Указание интенсивности предпочтений. Избирателю могут предоставить возможность не только указать предпочтения, но и выступить в роли «эксперта» — оценить каждую альтернативу, например, по 10-балльной шкале.

Описание мнения избирателя в виде выбора очевидно проще, чем в виде предпочтения, которое в свою очередь, проще числовых оценок. Поэтому, когда в обычную ситуацию голосования вовлечено много участников, используются более простые способы описания их мнений; когда же коллективное решение принимается в малой группе, способ описания мнений может быть достаточно сложным.

После того как собраны мнения всех избирателей (в виде бюллетеней или подсчета числа поднятых рук и т. д.), возникает задача построения

коллективного решения. На самом деле используемый тип процедуры голосования предопределяет и способ, каким определяется мнение избирателя. Например, если используется правило, которое «перерабатывает» мнение избирателей о выбранных вариантах, вопросы в бюллетене формируются соответствующим образом.

Приведем фундаментальные результаты, показывающие всю сложность построения коллективных решений.

Аксиомы Эрроу:

На протяжении всей истории этой проблемы у исследователей естественно возникал вопрос: существует ли самая лучшая процедура голосования, которую можно было бы использовать во всех случаях, чтобы найти «самое лучшее» решение?

Систематическое исследование всех возможных систем голосования провел еще в 1951 г. Кеннет Эрроу из Стенфордского университета, впоследствии лауреат Нобелевской премии по экономике. Он поставил вопрос в наиболее общем виде: можно ли создать такую систему голосования, чтобы она была одновременно *рациональной* (без противоречий), *демократической* (один человек — один голос) и *решающей* (позволяла осуществить выбор)? Вместо попыток изобретения такой системы К. Эрроу предложил набор требований, аксиом, которым эта система должна удовлетворять. Эти аксиомы были интуитивно понятны, приемлемы с точки зрения здравого смысла и допускали математическое выражение в виде некоторых условий. На основе этих аксиом Эрроу попытался в общем виде доказать существование системы голосования, удовлетворяющей одновременно трем перечисленным выше принципам: рациональная, демократическая и решающая.

Первая аксиома Эрроу требует, чтобы система голосования была достаточно общей для того, чтобы учитывать все возможные распределения голосов избирателей. Интуитивно это требование вполне очевидно. Заранее нельзя предсказать распределение голосов. Совершенно необходимо, чтобы

система была действенной при любых предпочтениях избирателей. Эта аксиома получила название *аксиомы универсальности*.

Еще более очевидной с точки зрения здравого смысла является вторая аксиома Эрроу: *аксиома единогласия*. В соответствии с ней необходимо, чтобы коллективный выбор повторял в точности единогласное мнение всех голосующих. Если, например, каждый из голосующих считает, что кандидат A лучше кандидата B , то и система голосования должна приводить к этому результату.

Третья аксиома Эрроу получила название *независимости от несвязанных альтернатив*. Пусть избиратель считает, что из пары кандидатов A и B лучшим является A . Это предпочтение не должно зависеть от отношения избирателя к прочим кандидатам. Третья аксиома достаточно привлекательна, но не столь очевидна с точки зрения каждодневного человеческого поведения.

Часто третья аксиома Эрроу нарушается судьями в фигурном катании. Давая сравнительные оценки двум сильным фигуристам в одиночном катании, они стараются учесть возможность хорошего выступления третьего сильного кандидата, оставляя ему шансы стать победителем. Отличное выступление в произвольном катании фигуриста C , имевшего ранее не очень высокий результат в обязательной программе, может повлиять на оценки фигуристов A и B . Если A имел отличный результат в обязательной программе, судьи иногда ставят его ниже фигуриста B при примерно равном выступлении, чтобы повысить шансы фигуриста C .

Тем не менее, сама возможность предъявления требования независимости к системе голосования в качестве обязательного не вызывает сомнения.

Четвертая аксиома Эрроу носит название *аксиомы полноты*: система голосования должна сравнить любую пару кандидатов, определив, кто из них лучше. При этом имеется возможность объявить двух кандидатов равнопривлекательными. Требование полноты не кажется слишком строгим для системы голосования.

Пятая аксиома Эрроу является уже знакомым *условием транзитивности*: если в соответствии с мнением избирателей кандидат B не лучше кандидата A (хуже или эквивалентен), кандидат C не лучше кандидата B , то кандидат C не лучше кандидата A . Считается, что система голосования, не допускающая нарушения транзитивности, ведет себя рациональным образом.

Определив пять аксиом-желательных свойств системы голосования, Эрроу доказал, что системы, удовлетворяющие этим аксиомам, обладают недопустимым с точки зрения демократических свобод недостатком: *каждая из них является правилом диктатора — личности, навязывающей всем остальным избирателям свои предпочтения*.

Результаты, выявленные Эрроу, получили широкую известность. Они развеяли надежды многих экономистов, социологов, математиков найти наилучшую систему голосования.

Требования исключения диктатора приводит к невозможности создания системы голосования, удовлетворяющей всем аксиомам Эрроу. Поэтому результат Эрроу и называют *парадоксом Эрроу*, или *теоремой невозможности*.

Результаты К. Эрроу показывают, что в принципе невозможно найти систему голосования, которая была бы одновременно решающей, рациональной и демократической. На практике этот вывод означает, что применение демократических процедур голосования требует внимания и тщательного анализа результатов.

Парадокс Эрроу предлагает нам не искать единственное, при всех обстоятельствах лучшее, решение, а нацеливаться на глубокое понимание того, как различные процедуры в различных структурах демократического общества преобразуют индивидуальные различные мнения в коллективные решения. Основы такого глубокого понимания заложены в работах также лауреата Нобелевской премии по экономике 1998 г. Амартия Сена. Исследования А. Сена дали ключ к преодолению многолетнего пессимизма относительно «теоремы невозможности» К. Эрроу, которая являлась долгое время непреодолимым препятствием для прогресса так называемой экономики

благополучия. Таким образом, подтверждается общность задач принятия коллективных решений в различных областях.

Так, приведенные выводы и сформулированные принципы согласования предпочтений участников группового ЛПР могут стать надежным инструментом конфликтолога, например, посредника, участвующего в урегулировании и разрешении конфликтов, или независимого эксперта, приглашенного в организацию с целью выявления конфликтогенных факторов и «слабых мест», которые помогут в разрешении существующих или предотвращении потенциальных конфликтов.

Экспертные методы в процессе разработки решений:

В сложных ситуациях выбора ЛПР может не обладать всей необходимой информацией или опытом, а это повышает степень риска принятия ошибочного решения. Кроме того, многие проблемы относятся к слабоструктурированным, и для того чтобы такую проблему разрешить, необходимо «снять» неопределенность, а для этого нужна дополнительная информация. Одной из возможных технологий добывания информации является экспертиза и используемые в ней методы. Применение экспертных технологий в процессе принятия решений целесообразно, в основном, в следующих случаях: определение целей, разработка сценариев развития ситуации, генерирование альтернатив, определение рейтингов, формирование оценочных систем (критериев, шкал, правил выбора наиболее предпочтительных альтернатив), экспертный прогноз (оценка последствий решений). Применение экспертных методов в конфликтологии не ограничивается только этими случаями. Принятие решения является функцией управления конфликтом, поэтому в дополнение к перечисленным случаям могут быть отнесены и другие ситуации, возникающие при данном явлении.

Сущность экспертных методов принятия решений заключается в получении ответов специалистов на поставленные перед ними вопросы.

Эксперт, в широком смысле, — это высококвалифицированный специалист, суждения которого наиболее компетентны в данной предметной области. Обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы. Основными этапами в методе экспертных оценок являются: подбор экспертов, проведение опроса и обработка результатов.

Характеристики экспертов определяются на основе индивидуальных качеств, таких как компетентность, креативность (способность решать творческие задачи), отношение к экспертизе, конструктивность мышления, коллективизм, самокритичность. Существуют требования по этим характеристикам, которым должны соответствовать эксперты.

Формирование состава экспертной комиссии определяется особенностями сложившейся ситуации, требующей решения, возможностями участвовать в работе комиссии организаторов экспертизы, а также самих специалистов. Это ответственное дело, им занимается руководитель. Существуют независимые центры экспертиз.

Одной из задач Центра конфликтологии (ЦК) при институте социологии РАН, руководимого Е.И.Степановым, является конфликтологическая экспертиза и экспертный мониторинг. Экспертные технологии актуальны и востребованы в конфликтологии. ЦК при институте социологии РАН вместе с региональными отделениями в Нижнем Новгороде, Ставрополе, Краснодаре и других городах исследуют динамику социальной напряженности и конфликтные ситуации социального, этнополитического, межэтнического характера, заявляющие о себе в последние десятилетия в России, особенно в южных регионах и на Северном Кавказе. Основу любого мониторинга составляет исходная информация. Как ее собирать и как обрабатывать, чтобы результаты экспертизы имели смысл и могли быть доведены до политиков и общественных деятелей? Это сложная задача, требующая глубокого понимания, развития методического аппарата и дальнейших исследований. Можно сформулировать общую задачу конфликтологической экспертизы как

обеспечение конструктивного участия конфликтологии в демократических преобразованиях современного российского общества. Возможны варианты частных задач. Проблем в экспертизе много — это и выявление существенных факторов, характеризующих конфликтные стороны жизни людей, и определение «конфликтных областей» в организациях, прогнозирование и отслеживание наивысшей точки конфликтности, переход через которую может привести к деструктивному по своим последствиям конфликту, а своевременно предпринятые меры по устранению причин — к сохранению ситуации в управляемых рамках. Такого рода мероприятия требуют знания определенных приемов, методов и организации проведения экспертиз, и здесь нельзя обойтись без знания классических приемов проведения экспертиз.

Рассмотрим некоторые из них.

Метод комиссий состоит в открытой дискуссии по обсуждаемой проблеме для выработки единого мнения экспертов. Коллективное мнение определяется в результате открытого или тайного голосования. В некоторых случаях к голосованию не прибегают, выявляя результирующее мнение в процессе дискуссии. Преимущества этого метода: возможен рост информированности экспертов за счет обсуждения обоснования экспертных оценок, и обратная связь — под воздействием полученной информации эксперт может изменить первоначальную точку зрения. Однако метод комиссий обладает и недостатками: отсутствие анонимности, что может привести к проявлению конформизма; дискуссии нередко приобретают характер полемики наиболее авторитетных экспертов; различная активность экспертов, часто не совпадающая с их компетентностью; публичность высказываний сочетается порой с нежеланием некоторых экспертов отступить от ранее высказанного мнения, хотя оно может претерпеть изменения.

Экспертиза по методу суда характеризуется некоторой аналогией с судебным процессом. Состав экспертов делится на две группы. Одна объявляется сторонником рассматриваемой альтернативы и выступает в качестве защиты. Другая группа объявляется ее противником и пытается

выявить отрицательные стороны. Существует и третья сторона, которая регулирует ход экспертизы и выносит окончательное решение.

Одним из распространенных методов проведения экспертиз является метод «мозговой атаки», или «мозгового штурма». Основная его направленность — выявление новых идей. Для этой цели организаторы экспертизы создают атмосферу, наиболее благоприятствующую генерированию идей (благожелательности, поддержки), освобождающую эксперта от излишней скованности. Обсуждаемая проблема должна быть четко сформулирована.

Метод «мозговой атаки» характеризуется открытым высказыванием мнений специалистов (на специальном заседании) по решению конкретной задачи. При этом должны соблюдаться два условия: во-первых, запрещается критика чужих высказываний; во-вторых, предлагается высказывать любые идеи по решению данного вопроса без учета их сиюминутной ценности или возможной реализации. Все высказанные идеи фиксируются и после обсуждения детально прорабатываются. При этом выявляются рациональные моменты в каждом из высказанных предложений, и на основе их обобщения формулируется решение. Достоинством данного метода является возможность принятия решения за сравнительно короткий срок.

В рамках использования данного метода может применяться принцип Парето, формализованный количественно. А именно, после регистрации идей, исходя из соотношения 20 к 80, из всей совокупности каждым из присутствующих отбирается 20 % идей, с его точки зрения наиболее заслуживающих внимания. Данный выбор также фиксируется. Далее в качестве основных идей по решению проблемы отбираются те из них, которые набрали большее количество очков (чаще отбирались присутствующими). Например, по решению проблемы было высказано 40 идей. Согласно принципу Парето из них следует выбрать 8 (20 %), принципиально способствующих решению данной задачи. Каждый специалист делает такой выбор, производя соответствующие отметки. В конечном счете, выявляется 8 идей, чаще всех попадавших в выборку. Они и берутся за основу для углубленной проработки и решения

проблемы. В методе «мозговой атаки» существенная роль принадлежит руководителю экспертизы, направляющему дискуссию в соответствующее русло. Однако если руководитель стремится выделить лишь перспективные с его точки зрения идеи, результат экспертизы оказывается менее значительным.

Метод Дельфы, разработанный Хелмером и Делки, является одним из основных в проведении экспертиз и имеет различные модификации. Сегодня этот метод представляет собой по существу группу методов, объединенных общими требованиями к организации экспертных процедур и форме получения экспертных оценок. В нем предусматривается создание условий, обеспечивающих наиболее продуктивную работу экспертной комиссии, что достигается анонимностью процедуры, с одной стороны, и возможностью пополнить информацию о предмете экспертизы, с другой.

Экспертизы по методу Дельфы проводятся в 4 тура. На первом туре экспертам сообщается цель экспертизы и формулируются вопросы, ответы на которые составляют основное содержание экспертизы. Во втором туре им предъявляется усредненная оценка экспертной комиссии и обоснования экспертов, высказывающих «крайние» точки зрения. Третий и четвертый туры не отличаются от второго. Характерной особенностью метода Дельфы является уменьшающийся от тура к туру разброс оценок экспертов, их возрастающая согласованность. Однако иногда наблюдается поляризация различных точек зрения, что может объясняться наличием среди экспертов различных научных школ, специалистов различных профилей.

Метод прогнозного графа. Качество прогноза зависит от корректно организованной экспертизы и обработки ее результатов. Известным методом экспертиз сложных систем, используемых при прогнозировании, является метод прогнозного графа. Он включает несколько этапов. Центральное место в нем занимает формирование прогнозного графа. На первом туре составляется предварительный список промежуточных целей, необходимых для достижения конечной. Эксперты указывают специалистов, способных оценить возможность реализации каждой из указанных ими промежуточных и конечных целей. На

втором туре анализу подвергаются уже не конечная цель, а промежуточные цели, сформулированные экспертами в первом туре. Эксперты второго тура имеют право корректировать цели, сформулированные в первом туре. Последующие туры экспертизы аналогичны второму. Процедура заканчивается при достижении того уровня целей, при котором не требуется проведение дополнительных исследований и разработок.

Метод сценариев. Сценарии позволяют с определенным уровнем достоверности выявить возможные тенденции развития событий, взаимосвязи между действующими факторами, сформировать картину состояний, к которым может прийти ситуация под влиянием тех или иных воздействий. Разработка таких сценариев способствует своевременному осознанию потенциальной опасности, с которой сопряжены варианты управленческих воздействий или неблагоприятное развитие событий. Прообразом метода сценариев может служить решение М.И. Кутузова об отступлении из Москвы в Отечественной войне 1812 г. Рассмотрев различные варианты возможных действий, определяющих различные сценарии развития войны с французами, оценив их сильные и слабые стороны, полководец пришел к непопулярному (как оценили бы теперь), но единственно верному решению — оставить Москву. Последующее развитие событий подтвердило его правоту, война была выиграна.

Использование специальных программ для ЭВМ, а также датчиков случайных чисел с последующим исключением невозможных ситуаций расширяет горизонт анализа, альтернативных вариантов сценариев. Перечень возможных вариантов развития событий позволяет обнаружить критические ситуации для принятия решений, потенциальные последствия предлагаемых альтернатив и выбор на этой основе наиболее эффективной.

При высокой степени полезности оценки экспертов не всегда бывают точны. В принципе, оценить точность суждений эксперта возможно при тестовом характере оцениваемого показателя (когда заранее известно его

значение). Этим приемом пользуются, например, при подборе состава экспертов для формирования комиссий.

Основные проблемы совершенствования и развития экспертных технологий связаны с проработкой следующих направлений.

1. Формирование экспертной комиссии. При этом необходимо предусмотреть возможность эффективного взаимодействия экспертов с целью получения полной и адекватной оценки объекта экспертизы. В ее состав должны входить высокие профессионалы, имеющие опыт эффективной работы экспертами и знакомые с объектом экспертизы. Информационный обмен между экспертами необходим, прежде всего, в экспертных процедурах, целью которых является выработка альтернативных вариантов решений в сложных ситуациях. Так, в основе метода «мозговой атаки» лежит активный обмен информацией с обязательным приведением аргументации как в поддержку высказанной идеи, так и против нее. Без эффективной организации такого обмена информацией уровень подготовленности управленческих решений значительно снижается.

2. Организация и проведение экспертиз. Наличие аналитической группы, профессионально владеющей технологией организации и проведения экспертиз, методами получения и анализа экспертной информации — одно из условий эффективности экспертиз.

3. Получение достоверной экспертной информации.

4. Определение результирующих экспертных оценок.

5. Многокритериальные оценки.

6. Корректная обработка и анализ результатов экспертиз.

7. Компьютерные системы поддержки. Автоматизированные системы включают технологическое сопровождение, необходимое автоматическое и информационное обеспечение процесса экспертного оценивания для организации и проведения экспертиз специфического характера.

Тема 2.4 Количественные методы принятия решений

Основные понятия исследования операций:

В области принятия решений разделяют два направления: нормативные методы принятия решений, предписывающие ЛПР, как следует принимать наилучшие решения; дескриптивные исследования, показывающие, как человек в действительности ведет себя в процессе принятия решений.

Первым направлением занимается теория исследования операций.

Под исследованием операций понимают применение математических, количественных методов обоснования решений во всех областях целенаправленной деятельности.

В исследовании операций под решением понимают какой-то выбор из ряда возможных, имеющихся у ЛПР. Решения могут быть удачными и неудачными, разумными и неразумными.

Оптимальным называется решение, являющееся по тем или иным признакам предпочтительнее других. Цель исследования операций — предварительное количественное обоснование оптимальных решений. *Операцией* называется всякое мероприятие, систематическое действие, направленное на достижение какой-то цели. Иногда удается указать одно единственное строго оптимальное решение, гораздо чаще просто выделить область целесообразных решений, в пределах которых может быть сделан окончательный выбор. Заметим, что само принятие решения выходит за рамки исследования операций и относится к компетенции ЛПР или группы лиц. Делая выбор, ЛПР или группа могут учитывать наряду с рекомендациями, вытекающими из математических расчетов, еще и другие соображения, которые не были учтены в моделях. Присутствие человека в принятии решений не отменяется даже при наличии автоматизированной системы управления, в основе которой заложен управляющий алгоритм, выбор которого также представляет собой решение.

Совокупность параметров, образующих решение, называют *элементами решения*. В качестве элементов решений могут быть числа, векторы, функции и т. д. Например, если составляется расписание занятий на семестр, то

предполагается решение задачи оптимального распределения преподавателей по аудиториям. В этой формулировке элементами решения будут числа, показывающие какому преподавателю будет предоставлена какая аудитория и в какой интервал времени.

Кроме элементов решений, всегда имеются *дисциплинирующие условия*, которые заданы (фиксированы) с самого начала и не могут быть нарушены (например: количество аудиторий и преподавателей, возможности преподавателей проводить занятия по определенным интервалам времени и т. д.). В качестве условий могут выступать средства (материальные, технические, людские и т. д.), которыми мы вправе распоряжаться, или иные ограничения, налагаемые на решения. В своей совокупности решения формируют так называемое множество решений. При формулировке задачи исследования операций речь идет о том, чтобы выделить по какому-то признаку наиболее эффективные решения (либо одно решение). Чтобы сравнивать решения надо иметь какой-то *количественный критерий (показатель эффективности)*, называемый в исследовании операций *целевой функцией*. Оптимальным (лучшим) считается то решение, которое в максимальной степени способствует достижению цели. Например, в задаче о расписании в качестве критерия может быть минимум «свободных окон».

В исследовании операций понятию «оптимальное решение» предъявляется требование — только то решение, оптимальность которого доказана строго математически, может определяться как оптимальное. Иначе, можно говорить только о целесообразном решении. В данном пособии требования к понятию «оптимальное решение» не столь строгие, поэтому понятия «оптимальное решение», «целесообразное решение» и «наилучшее решение» будем рассматривать как идентичные.

Выбор показателя эффективности часто труден. Какой показатель принять за показатель эффективности работы транспорта? Среднюю скорость передвижения пассажиров, среднее число перевезенных пассажиров или

среднее количество километров, которые придется пройти пешком, так как транспорт не может доставить в нужное место?

Для применения количественных методов исследования операций требуются модели. Необходимо соизмерять точность и подробность модели с той точностью, с которой нам надо знать решение, и с той информацией, которой мы располагаем. Если исходные данные известны не точно, то нет смысла входить в тонкости и строить точную модель. Когда есть возможность решать задачу, используя различные математические модели (спор моделей) и сверяя результаты, тогда можно повысить степень обоснованности решений и полученных на их основе рекомендаций.

Задачи исследования операций делят на две группы: *прямые* и *обратные*.

Прямые задачи отвечают на вопрос, что будет, если в заданных условиях мы примем какое-то решение и чему будет равно при данном решении значение показателя эффективности или нескольких показателей. Для решения такой задачи строится математическая модель, позволяющая выразить один или несколько показателей через заданные условия и элементы решения.

Обратные задачи отвечают на вопрос: как выбрать решение для того, чтобы показатель эффективности обратился в максимум или минимум (в экстремум).

Прямые и обратные задачи взаимосвязаны — для решения обратной задачи надо уметь решать прямую задачу. Для одних типов операций прямая задача решается просто, для других — построение математических моделей и вычисление показателей само по себе не тривиально. Суть обратной задачи состоит в вычислении значения показателя эффективности при разных решениях и выбора из них того решения, при котором достигается экстремум. Если решений несколько, то можно обойтись «простым перебором», обладающим той общей особенностью, что оптимальное решение находится с помощью последовательных «попыток» или приближений, из которых каждое последующее приближает нас к искомому *оптимальному*. Однако, когда число возможных вариантов велико, поиск среди них «вслепую» простым перебором

становится невозможен. В этих случаях применяют методы «направленного перебора». Содержательная постановка обратной задачи может включать наряду с известными факторами и неизвестные, неопределенные, что усложняет весь ход решения.

Проблема выбора решения в условиях неопределенности:

Наличие неопределенных факторов переводит задачу в *задачу о выборе решения в условиях неопределенности*.

«Неопределенность это есть неопределенность, любое решение, принятое в условиях определенности, лучше решения принятого в условиях неопределенности». Дело исследователя или ЛПР придать этому решению в возможно большей мере черты разумности. Недаром Т. Саати, один из видных зарубежных специалистов по исследованию операций, определяя свой предмет, говорил не без иронии: «Исследование операций представляет собой искусство давать плохие ответы на практические вопросы, на которые даются еще худшие ответы другими методами». Современная наука располагает рядом приемов для решения задач с неопределенностью. Каким из них воспользоваться — зависит от природы неизвестных факторов.

Любые ситуации, требующие принятия решений, содержат, как правило, большое количество неопределенностей. Их принято разделять на три класса. Прежде всего, это «неопределенности природы» — факторы нам просто неизвестные. Человек всегда существует в условиях, при которых результаты его решений не строго однозначны, они зависят от действий других лиц (партнеров, противников и т. п.), действия которых он не может полностью учесть или предсказать. И, наконец, существуют так называемые «неопределенности желаний» или целей. В самом деле, перед исследователем всегда стоит несколько целей. Описать их одним показателем (критерием) невозможно. Конструктору самолета, например, необходимо обеспечить не только безопасность пассажиров, но и минимальную стоимость перелета. Экономисту нужно построить такой план, чтобы с «минимумом затрат

добиться максимума выпуска продукции» и т. п., причем эти требования, как мы видим, часто противоречат друг другу.

Легко понять, что свести подобные задачи с неопределенностями к точно поставленным математическим задачам можно только, если тем или иным способом «снять» неопределенность. Одним из таких способов является введение гипотезы. Но формирование гипотез — это уже прерогатива содержательного анализа, это формализация неформальных ситуаций.

Таким образом, анализ задач принятия решений в условиях неопределенности не может быть завершён силами одних математиков. Часто умение эксперта, т. е. профессионала в данной конкретной области, бывает необходимым, а подчас и решающим.

Но это вовсе не умаляет значения математики и математических исследований. Прежде всего ситуация с проблемами принятия решений типична для любых научных проблем. Сначала идет формирование гипотезы — акт неформальный в принципе, опирающийся на опыт. Но вот гипотезы сформулированы, и математическая модель готова. И здесь есть достаточно сложные задачи, в решении которых без математики уже обойтись не удастся. По существу, любая поставленная задача, отвечающая тем или иным гипотезам, представляет собой закодированную информацию о свойствах изучаемого явления, о результатах принятия того или иного решения. Извлечь эту информацию и представить ее заинтересованной стороне в доступном виде, помочь избежать ошибок и преодолеть неопределенности может только математик. Таков афористический смысл этой формы деятельности математика: *проблема принятия решений в условиях неопределенности не является математикой, но только математик может изучить все многообразие особенностей этой проблемы и создать системы процедур, которые приведут оперирующую сторону к варианту тех решений, в которых она действительно нуждается* (Вентцель Е.С.).

Наиболее важные виды неопределенности описания для задач принятия решений условно можно разбить на следующие уровни.

Первый уровень образован терминами, качественно характеризующими количество отсутствующей информации об элементах задачи. На первых стадиях изучения задачи может оказаться, что собрана еще не вся информация (*неполнота*) или не вся необходимая (*недостаточность*), для некоторых элементов определены не их точные описания, а лишь множества к которым они принадлежат (*недоопределенность*) и т. д. Это может быть незнание законов природы, незнание законов жизни, незнание юридических законов и т. д. Дальнейшее изучение может привести либо к ситуации определенности, либо к ситуации *неоднозначности* (не может быть полностью получено описание).

Второй уровень описывает причины возможной неоднозначности описания, которыми могут быть внешняя среда (*физическая неопределенность*) и (или) используемый ЛПР профессиональный язык (*лингвистическая неопределенность*). Физическая неопределенность может быть связана либо с наличием нескольких возможностей, каждая из которых случайным образом становится действительностью (*случайность*), либо с неточностью измерения (*неточность*). *Случайность* — это то, что при одинаковых условиях происходит все-таки неодинаково. Действительно, даже если мы хорошо осведомлены и нам все ясно в окружающей обстановке, можно ли полностью быть уверенным, что событие пройдет так, как надо. Кто-то из важных партнеров на предстоящих переговорах может внезапно заболеть, погода может помешать отправлению самолета и т. д. *Лингвистическая неопределенность* связана с использованием естественного языка (профессионального языка ЛПР). Она порождается, с одной стороны, множественностью значений слов (понятий и отношений) языка, а с другой стороны — неоднозначностью смысла фраз.

Данные виды неопределенности могут накладываться одна на другую и преобразовываться в комплексную неопределенность.

Если решение принимается в условиях неопределенности, т. е. если, например, мы не знаем точно своей цели и результат операции оценивается

многими критериями, то и само решение бессмысленно точно фиксировать. Можно говорить только о классе «подходящих» решений. Этот факт отчетливо понимается специалистами, он уже давно используется при анализе альтернатив возможных решений. Первым его достаточно четко сформулировал итальянский экономист Парето еще в 1904 г. в форме так называемого *принципа Парето*. Согласно Парето, возможные решения следует искать лишь среди не улучшаемых альтернатив, улучшение которых по одним критериям приводит к их ухудшению по другим критериям. Принцип этот достаточно очевидный и очень важный с чисто прикладной точки зрения: он позволяет, во-первых, сжать множество альтернатив, во-вторых, он демонстрирует те потери, которые имеет оперирующая сторона по тем или иным показателям, стремясь улучшить какой-то определенный показатель. Умелая работа с множеством Парето позволяет сделать наглядными многие особенности изучаемой операции. Позднее появился еще целый ряд подходов, позволяющих отбраковывать заведомо неприемлемые альтернативы, сузив множество анализируемых вариантов.

Известный математик Ю.Б. Гермейер всегда подчеркивал, что в условиях неопределенности может быть лишь один строгий математический результат — это оценка, полученная на основе принципа максимина (см. п. 5.5). Гарантированный результат — это единственная опорная точка. Дальше лежат гипотезы и риск. Это утверждение совершенно не означает, что выбирать нужно именно ту альтернативу, ту стратегию, которая реализует этот гарантированный результат. Он может быть и очень хорошим и совершенно неприемлемым — это всего лишь репер, информация, которая полезна субъекту (оперирующей стороне). В конечном счете, никогда никакой математический анализ не может дать строгого точного результата выбора альтернатив в условиях неопределенности.

Именно с этих позиций надо оценивать и попытку одного из известных математиков Л. Заде, который предложил отказаться от какого-либо четкого описания в задачах принятия решений.

В основе «теории нечетких множеств» Л. Заде лежит тоже достаточно очевидный факт — субъективные представления о цели всегда нечетки. Но он делает и следующий шаг — он полагает, что и все оценки субъекта и ограничения, с которыми он работает, так же, как правило, нечетки, а иногда вообще лишены в своем начальном виде количественных характеристик. Так Л. Заде приходит к понятию *лингвистической переменной*, которую определяет через некоторую совокупность слов (например: «красное», «не очень красное», «совсем не красное» и т. п.). Затем Л. Заде вводит некоторую функцию принадлежности как способ формализации субъективного представления этих качественных показателей. Тот же прием позволяет охарактеризовать принадлежность какому-либо множеству. В классической математике элемент либо принадлежит какому-то множеству, либо нет. В теории нечетких множеств элемент может принадлежать множеству с некоторой мерой, которая описывается функцией принадлежности. Л. Заде развивает технику использования подобных оценок и определенный формализм, дающий новое описание моделей принятия решений в условиях нечеткой информации. Основная цель данной теории показать способ извлечения из этого нечеткого описания правил выбора альтернатив.

Идеи эффективных компромиссов Парето, гарантированных оценок Ю.Б. Гермейера, идеи выбора решений на основе нечеткого описания Л. Заде — все они относятся, по существу, к одному кругу идей — необходимости развить принципы и создать математический аппарат, позволяющий по возможности сузить множество допустимых альтернатив. Математика не может дать окончательного правила отбора, если на самом деле их несколько — это прерогатива ЛПР. Но отбросить неконкурентоспособные, выделить наиболее перспективные множества вариантов — это уже задача математики и математиков.

Тема 2.5 Многокритериальные задачи принятия решений

Сущность многокритериального выбора:

К простым задачам выбора относят те, в которых известен и ясен критерий оценки эффективности. В этом случае решается прямая задача исследования операций — требуется обратить в максимум (минимум) один единственный критерий. К сожалению, на практике такие задачи встречаются не так уж часто, а когда речь идет о крупномасштабных и сложных операциях, то их эффективность, как правило, не может быть полностью охарактеризована с помощью одного единственного показателя эффективности. На помощь приходится привлекать другие дополнительные показатели. Такие задачи называются *многокритериальным выбором индивидуального ЛПР*. Рассмотрим примеры таких задач.

1. Предположим, необходимо выбрать кандидатуру на место главного инженера. Чтобы определить, подходит тот или иной кандидат на эту должность, надо рассмотреть следующие требования: деловая компетенция, опыт работы, чувство ответственности, организаторские способности, возраст и т. д.

2. При покупке автомобиля вы выводите часть критериев, исходя из свойств самого приобретаемого объекта, например, вместимость, мощность двигателя, комфорт, обеспеченность запасными частями и, конечно, стоимость.

3. Пример задачи, которую вы решаете каждый день, когда спешите в университет на занятия: каким транспортным средством ехать? Какие критерии принимать во внимание? Стоимость проезда, скорость, возможность застрять в «дорожной пробке» и т. д.

4. По условиям деловой игры, приведенной в Приложении к данному пособию, при распределении нового автомобиля между членами группы работников необходимо учитывать такие показатели, как стаж работы, возраст и состояние автомобиля, необходимость выезда за город и т. д.

Примеров можно привести много. Такая множественность показателей эффективности, из которых одни желательно обратить в максимум, а другие в минимум характерны почти для любой сложной задачи принятия решения.

Спрашивается: можно ли найти решение, одновременно удовлетворяющее всем этим требованиям. Ответим откровенно, нет. Решение, обращающее в максимум какой-то один показатель, как правило, не обращает ни в максимум, ни в минимум другие. Поэтому часто применяемая формулировка — *«достигнуть максимального эффекта при минимальных затратах»* — это всего лишь фраза и при научном анализе должна быть отброшена. Как быть в случае, когда все же приходится оценивать эффективность по нескольким показателям? Что предлагает теория принятия решений? Сам процесс выбора того или иного подхода представляет собой целенаправленное действие, которое мы хотим оптимизировать.

Многокритериальные задачи можно решать путем сравнения многокритериальных альтернатив и для этого можно выбрать один из предлагаемых в п. 5.4 способов. Однако для того, чтобы ими воспользоваться, необходимо предварительно решить следующие задачи:

- определить приоритеты или коэффициенты относительной важности частных показателей;
- определить правила или приемы сведения всей совокупности показателей к единой шкале для случая, если среди частных показателей встречаются и количественные, и качественные, а также разные по размерности показатели.

Способы определения коэффициентов относительной важности показателей:

При сравнении и выборе вариантов (альтернатив) решений часть показателей или критериев имеет большую важность (могут быть более приоритетными), а часть — меньшую (могут быть менее приоритетными), а некоторые вообще могут не учитываться. Именно системный подход помогает решить эту проблему, так как особенностью системного анализа является подход к аналитическому сопоставлению альтернатив с использованием субъективных суждений.

Величины, показывающие степень важности (приоритетности) одних показателей или критериев задачи принятия решений перед другими будем называть *коэффициентами относительной важности*, или *весовыми коэффициентами*.

В процессе принятия решений коэффициенты относительной важности могут различаться и со временем существенно меняться. Поэтому надо указывать или отмечать период действия этих коэффициентов. Информация о коэффициентах относительной важности существенна при формировании критериев выбора наилучшего варианта решения. В Приложении к настоящему пособию приведено описание деловой игры, из содержания которой видно, что выявление приоритетов среди таких показателей, как стаж работы, возраст и состояние автомобиля и необходимость выезда за город представляет один из основных этапов на пути выработки коллективного решения.

Будем обозначать коэффициент относительной важности буквой ω_i , $i = 1, \dots, I$, где I — номер последнего показателя (критерия). Формализация

важностей (приоритетов) может быть осуществлена путем экспертных оценок, для которых необходима определенная организация проведения экспертиз.

Сформулируем ряд предположений.

Во-первых, будем считать, что показателям, или критериям, соответствуют определенные коэффициенты важности, численные значения которых меньше единицы $\omega_i \leq 1$.

Во-вторых, эти величины не могут быть отрицательными $\omega_i \geq 0$.

В-третьих, сумма коэффициентов относительной важности всех показателей равна единице (свойство нормирования).

Экспертное определение коэффициентов относительной важности показателей решения осуществляется поэтапно для каждого показателя. Например, важности показателей из деловой игры: стаж работы, возраст и состояние автомобиля, необходимость выезда в пригород также определяются последовательно.

Вся процедура определения коэффициентов важности показателей будет состоять из трех этапов:

- определения приоритетов по какой-либо шкале (10-балльная, 5-балльная или др.);
- формирования вектора приоритетов показателей решения, элементами которого являются экспертные значения в баллах по принятой шкале;
- нормирования.

Рассмотрим два из возможных способов определения коэффициентов относительной важности.

1. Способ одного эксперта

Составляется перечень показателей, для которых необходимо определить весовые коэффициенты. Выбирается подходящая шкала и против каждого показателя записывается значение O_i , $i = 1, \dots, I$, по этой шкале в количественной или качественной форме, соответствующей суждению эксперта относительно приоритетности этого показателя. Затем, если суждения качественные, то осуществляется перевод в количественную форму, например по шкале Харрингтона.

Затем складываются все баллы, и для определения коэффициента относительной важности i -го показателя каждую оценку O_i делят на сумму баллов, т. е.

$$\omega_i = \frac{O_i}{\sum_{i=1}^I O_i}.$$

При необходимости получения приоритетного ряда рекомендуется расположить показатели по убыванию коэффициентов относительной важности.

Пример. Составим перечень показателей, используемых в деловой игре (см. Приложение) и определим их приоритеты и коэффициенты относительной важности.

Допустим, что эксперты (в их качестве выступали студенты) подготовили ЛПР (менеджеру) следующий перечень характеристик:

- стаж работы члена бригады;
- возраст автомобиля;
- состояние автомобиля;
- необходимость работы за городом.

В результате ранжирования был определен следующий приоритетный ряд: состояние автомобиля, стаж работы, возраст автомобиля, необходимость работы в пригороде, и характеристикам присвоены значения по пятибалльной шкале. Для данного примера суждения студентов совпали, и они выступили как индивидуальное лицо, принимающее решение.

Значения приоритетов и значения коэффициентов относительной важности представлены в следующей таблице.

Табл. 1

Показатели \ Значения	Приоритеты O_i	Коэффициенты важности ω_i
Стаж работы	4	0.25
Возраст авто	3	0.19
Состояние авто	5	0.31
Необходимость работы за городом	4	0.25

2. Групповая экспертиза

При принятии важного решения, как правило, возникают разногласия. Одним из наиболее распространенных и простых приемов их устранения является усреднение результатов, полученных разными экспертами в группе. Каждым экспертом должна быть выполнена процедура по первому способу. Величины вектора коэффициентов важности, полученные каждым экспертом нужно сложить и разделить на число экспертов, т. е.:

$$\omega_i = \frac{\sum_{n=1}^N \omega_{in}}{N},$$

где ω_{in} — значение коэффициента относительной важности, полученного экспертом с номером n , а N — число экспертов.

В рассмотренном выше примере группа студентов оказалась единогласной в выборе приоритетов показателей рассматриваемой задачи принятия решения, и соответственно, групповые значения коэффициентов относительной важности совпали с суждением по способу одного эксперта.

Способ сведения качественных и разных по размерности показателей к единой шкале:

Задачу сравнения альтернатив, характеризующихся несколькими показателями, можно упростить, если предварительно показатели привести к безразмерному и нормированному виду. Если часть показателей приведена в качественном виде, то можно воспользоваться шкалой Харрингтона или другой вербально-числовой шкалой. Оценки показателей, полученные путем преобразования по шкале Харрингтона, имеют значения не больше единицы. Под нормированием понимают переход к универсальному масштабу значений. Обычно нормируют в шкале $[0,1]$ или $[0,100]$. Для реализации процедуры нормирования можно воспользоваться следующим приемом. Для каждого показателя по рассматриваемым альтернативам определяются минимальные и максимальные значения.

Если обозначить через v_{li} исходное значение i -го показателя в l -й альтернативе (варианте), тогда относительное (нормированное) значение показателя, которое обозначим y_{li} , будет определяться по следующим формулам:

$$y_{li} = \frac{v_{li} - v_i^{\min}}{v_i^{\max} - v_i^{\min}}, \quad (5.3.1)$$

$$y_{li} = \frac{v_i^{\max} - v_{li}}{v_i^{\max} - v_i^{\min}}, \quad (5.3.2)$$

где v_i^{\min}, v_i^{\max} — верхняя и нижняя граница i -го показателя по всем альтернативам.

Формула (5.3.1) для варианта, когда оптимальное значение показателя соответствует наибольшему значению. Формула (5.3.2) для варианта, когда оптимальное значение показателя соответствует наименьшему значению.

Этот способ позволяет привести численные значения показателей к безразмерному виду в шкале $[0,1]$.

Приведем в качестве примера две таблицы, исходные данные для которых взяты из описания деловой игры (см. Приложение), в табл. 5.3.1 приведены исходные значения показателей, в табл. 5.3.2 — нормированные значения, рассчитанные с помощью приведенной выше формулы.

Табл. 2

Варианты Показатели	Вар. 1 <i>Георгий</i>	Вар. 2 <i>Борис</i>	Вар. 3 <i>Иван</i>	Вар. 4 <i>Елена</i>	Вар. 5 <i>Мария</i>	Приоритеты
Стаж работы (лет)	17	11	10	5	3	4
Возраст автомобиля (лет)	2	5	4	3	5	3
Состояние автомобиля (баллы)	5	3	4	2	1	5
Необходимость работы за городом (да или нет)	1	0	1	1	0	4

Табл.3

Варианты Показатели	Вар. 1 <i>Георгий</i>	Вар. 2 <i>Борис</i>	Вар. 3 <i>Иван</i>	Вар. 4 <i>Елена</i>	Вар. 5 <i>Мария</i>	Нормир. приоритеты, коэф. важности
Стаж работы	1	0.57	0.5	0.14	0	0.25
Возраст автомобиля	0	1	0.67	0.33	1	0.19
Состояние автомобиля	0	0.25	0.5	0.75	1	0.31
Необходим. работы за городом	1	0	1	1	0	0.25

Приведенные способы определения приоритетов или коэффициентов важности для частных показателей могут быть использованы и для определения важности других элементов задачи принятия решений, например, целей.

Способы сравнения альтернатив:

Когда все показатели приведены к нормированному виду, можно приступить к основному этапу на пути сравнения альтернатив — к выбору

способа сравнения, приводящему к определению наилучшей альтернативы из множества возможных.

Рассмотрим основные подходы.

1. *Метод построения обобщенного критерия состоит в том, что из множества критериев выбирается один в качестве основного (главного), все остальные рассматриваются как ограничения.* Ранжирование критериев и определение наиболее приоритетного может быть основанием для реализации задачи принятия решения по данному способу. Например, если бы в деловой игре в качестве основного был принят первый показатель — стаж работы в компании, и на показатель «возраст авто» было бы наложено ограничение, например 3 года, то можно было бы сразу в качестве лучшего решения принять вариант 2.

2. *Введение некоего обобщенного показателя W , представляющего собой «взвешенную сумму» частных показателей y_i ($i = 1, \dots, I$), в которую каждый из них входит с каким-то «весом» ω_i , отражающим его важность, представим следующей формулой:*

$$W = \sum_{i=1}^I \omega_i \cdot y_i, \text{ где } I \text{ — число частных показателей.}$$

Весовые коэффициенты могут меняться в зависимости от ситуации.

Пример. Человек выходит из дома, боится опоздать на работу и размышляет, каким транспортом воспользоваться:

- 1) автобус — быстрее, но с большими интервалами;
- 2) такси, но это обойдется дорого;
- 3) часть пути можно проехать на метро, а затем взять такси.

Задача принятия решения сводится к двум показателям:

Первый u_t — среднее ожидаемое время, которое хотелось бы минимизировать; второй u_c — стоимость проезда, ее желательно минимизировать. Но эти требования несовместимы, человек должен принять компромиссное решение. Обобщенный показатель будет иметь следующий вид:

$$W = \omega_t \cdot u_t + \omega_c \cdot u_c.$$

Весовые коэффициенты ω_t , ω_c зависят от времени и денег, которые имеются у человека, и зависят от ситуации, в которой он находится. Если человек уже получил выговор от начальника за опоздание, то весовой коэффициент времени у него увеличится, а весовой коэффициент стоимости уменьшится. Однако на следующий день после заработной платы будет наоборот. Если назначать «веса» произвольно, то столь же произвольным будет и вытекающее отсюда оптимальное решение. Здесь мы встречаемся с типичным для подобных ситуаций приемом — «переносом произвола из одной инстанции в другую». Как пишет Е.С. Вентцель: «Нечего надеяться полностью избавиться от субъективности в задачах, связанных с выбором решений. Даже в простейших, однокритериальных задачах она неизбежно присутствует, хотя бы в выборе показателя и математической модели». Тем более, неизбежна субъективность в задачах со многими критериями, что следует из системного анализа.

В качестве иллюстрации метода приведем расчеты по примеру из деловой игры на основании данных из табл. 3. Обобщенный показатель для каждой альтернативы (варианта) будет определяться по следующим формулам:

$$W(B_1) = 0.25 \cdot 1 + 0.19 \cdot 0 + 0.31 \cdot 0 + 0.25 \cdot 1 = 0.5$$

$$W(B_2) = 0.25 \cdot 0.57 + 0.19 \cdot 1 + 0.31 \cdot 0.5 + 0.25 \cdot 0 = 0.488$$

$$W(B_3) = 0.25 \cdot 0.5 + 0.19 \cdot 0.67 + 0.31 \cdot 0.25 + 0.25 \cdot 1 = 0.582$$

$$W(B_4) = 0.25 \cdot 0.14 + 0.19 \cdot 0.33 + 0.31 \cdot 0.75 + 0.25 \cdot 1 = 0.578$$

$$W(B_5) = 0.25 \cdot 0 + 0.19 \cdot 1 + 0.31 \cdot 0 + 0.25 \cdot 0 = 0.19$$

На основе полученных результатов наибольшее значение обобщенного показателя соответствует альтернативе B_3 . Поэтому наилучшим выбором будет передача нового автомобиля «Шевроле» работнику по имени Иван.

3. Выбор наилучшего решения из эффективных «паретовских» решений.

Рассмотрим суть данного подхода. Пусть имеется многокритериальная задача с несколькими критериями, т. е. $W = (y_1, y_2, \dots, y_l)$. Для простоты предположим, что все их необходимо максимизировать. Пусть в составе множества возможных решений есть такие, что все критерии для первого

решения больше или равны соответствующим критериям для второго решения. Если рассмотреть альтернативы из деловой игры, то имеем следующие варианты:

$$W(B_1) = (y_{11}, y_{12}, y_{13}, y_{14}) = (1, 0, 0, 1);$$

$$W(B_2) = (y_{21}, y_{22}, y_{23}, y_{24}) = (0.57, 1, 0.5, 0);$$

$$W(B_3) = (y_{31}, y_{32}, y_{33}, y_{34}) = (0.5, 0.67, 0.25, 1);$$

$$W(B_4) = (y_{41}, y_{42}, y_{43}, y_{44}) = (0.14, 0.33, 0.75, 1);$$

$$W(B_5) = (y_{51}, y_{52}, y_{53}, y_{54}) = (0, 1, 0, 0).$$

Например, сравнение варианта 3 и варианта 4, показывает, что по первым двум показателям третий вариант превосходит четвертый, однако по третьему показателю условие превосходства не выполняется:

$$W(B_3) \sim W(B_4) \rightarrow y_{31} > y_{41}, y_{32} > y_{42}, y_{33} < y_{43}, y_{34} = y_{44}.$$

Другую ситуацию имеем при сравнении варианта 2 и варианта 5:

$$W(B_2) \sim W(B_5) \rightarrow y_{21} > y_{51}, y_{22} > y_{52}, y_{23} > y_{53}, y_{24} = y_{54}.$$

Очевидно, что в составе множества решений нет смысла оставлять вариант 5, так как он не представляется перспективным, и поэтому этот вариант вытесняется или, как говорят, «доминируется», соответственно вариантом 2. Вариант 5 является неконкурентоспособным. В результате описанной процедуры отбрасываются непригодные варианты (решения), множество оставшихся решений уменьшается, и в нем сохраняются так называемые «эффективные», или *«паретовские»*, решения, характерные тем, что ни у одного из них не существует доминирующего решения. Анализ вариантов возможных решений деловой игры показывает, что такими «паретовскими», недоминируемыми, вариантами являются первые четыре варианта — B_1, B_2, B_3, B_4 (см. табл. 3.). В приведенном примере множество возможных решений сократилось только на единицу, но возможны задачи, в которых число неэффективных вариантов может быть значительно больше.

Таким образом, множество Парето содержит только те варианты, которые не доминируются другими вариантами. После того как получены

«паретовские» варианты, можно воспользоваться первым приемом сведения к обобщенному показателю уже только для недоминируемых вариантов.

4. *Построение обобщенного критерия* основано на определении качества альтернатив как *расстояния между некой «идеальной» и рассматриваемой альтернативой*. В качестве идеальной обычно принимается альтернатива, которой соответствуют наилучшие значения по всем показателям.

Наилучшим (целесообразным) по такому правилу будем считать вариант, у которого расстояние в пространстве координат, определяемое разностью показателей до «идеала» среди всех рассматриваемых альтернатив, *минимально*. Расстояние измеряется как корень квадратный из суммы квадратов разности координат идеала и сравниваемого варианта, либо как разница показателей «идеала» и сравниваемой альтернативы. Та альтернатива, у которой сумма расстояний до «идеального» варианта будем минимальна, считается наилучшей.

В качестве сравниваемых вариантов следует брать недоминируемые варианты.

Расчеты по этому способу несложны, правила позволяют учитывать любые количественные и формализованные качественные характеристики. Следует только предварительно преобразовывать критерии к одной шкале. Если это не сделать, то в различных масштабах будут и различные расстояния. Для этого подойдут описанные выше способы нормирования показателей, т. е. приведения их к шкале: $[0, 1]$. Проиллюстрируем на примере по данным деловой игры, описанном в предыдущих пунктах. В п. 5.4.2 были получены недоминируемые варианты:

$$B_1 = (17, 2, 5, 1);$$

$$B_2 = (11, 5, 3, 0);$$

$$B_3 = (10, 4, 4, 1).$$

Теперь запишем их в нормированном виде:

$$B_1 = (0.37; 0.11; 0.2; 1);$$

$$B_2 = (0.24; 0.26; 0.12; 0);$$

$$B_3 = (0.22; 0.21; 0.16; 1).$$

Определим «идеальный» вариант $B_{ид} = (0.37; 0.26; 0.2; 1)$. Проводим сравнение каждого варианта с «идеальным» и определяем значения по следующей формуле:

$$\Delta W_l = \sqrt{\sum_{i=1}^l (y_{li} - y_i^{ид})^2}, \text{ где } l \text{ — номер варианта (альтернативы)}.$$

Оптимальным будет считаться тот вариант, который ближе к «идеальному», т. е. определяется $\min(\Delta W_l)$ по всем вариантам.

Для рассмотренного примера $\min(\Delta W_l)$ достигается для $l = 1$, наилучшей альтернативой является первая, так как она ближе к «идеальному» варианту.

5. Использование теории полезности

Основоположники теории — фон Нейман и Моргенштерн. В теории полезности производится измерение ценности различных свойств по единой шкале полезности. Полезности свойств объединяются, и мы имеем уже скалярную функцию полезности. Эта теория является аксиоматической и опирается на довольно простые интуитивные предположения. Не вдаваясь в подробное обсуждение аксиом, приведем некоторые из них, которые называются «постулатами рациональности».

Прежде всего, теоретически предполагается, что множество альтернатив с точки зрения их полезности может быть упорядочено, так как любые две альтернативы можно сравнить по их предпочтению. Первый постулат рациональности требует, чтобы полезности альтернатив составляли частично упорядоченное множество. Вторым постулатом, выражаемым теоремой транзитивности, означает согласованность предпочтений различных альтернатив, т. е. если одна альтернатива предпочтительней другой, а вторая — третьей, то первая будет предпочтительней третьей. Достоинство математической теории полезности состоит, прежде всего, в том, что она дает возможность ввести количественную оценку полезности, измерять ее по интервальной шкале. Такая интервальная шкала основывается не на

метрическом, а на сравнительном понятии полезности, так как не всегда можно выразить полезность числом, иногда лишь с помощью математических сравнительных понятий «больше», «меньше», «равно». Тем не менее, такое сравнение оказывается весьма эффективным средством для исследования проблемы полезности различных альтернатив. Количественная оценка полезности альтернатив предполагает введение математической функции полезности по двум концепциям. В теории фон Неймана и Моргенштерна реализована возможность измерить статистически ожидаемую полезность, в концепции Сэвиджа — субъективно ожидаемую полезность.

Теория полезности может быть использована на различных этапах развития и управления конфликтом. Люди, вступающие в конфликт, могут пользоваться различными шкалами ценности (полезности) при формулировании своих целей и сопоставлении их с внешними условиями. Когда стороны осознают это, они могут вступить в переговоры, чтобы «сравнить полезности», высказать и разъяснить свои цели и достичь соглашения на основе компромисса.

Приведем классическую модель принятия решения английского математика Томаса Бейеса, предложенную им еще в XVIII в. Эта модель легла в основу многих теорий, в том числе в основу теории полезности. Проиллюстрируем эту модель на простом примере.

Предположим, что нам предстоит поездка в Прибалтику осенью, когда там часто бывают дожди и туманы. Для поездки мы можем выбрать либо поезд, либо самолет. Какой выбор при этом окажется наилучшим? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо прежде всего оценить выбор поезда и самолета с точки зрения полезности, т. е. в данном случае затраты времени на поездку. Допустим, что нам потребуется на поезде затратить 12 часов, а на самолете 2 часа. Ясно, что при прочих равных условиях выбор самолета окажется наилучшим с указанной нами точки зрения. Однако необходимо учесть еще условия, которые определяют выбор, а именно состояние погоды в Прибалтике. Поэтому мы должны учесть вероятность различных погодных условий в

Прибалтике, так как при густом тумане аэропорт не может принять самолет и нам придется вместо 12 часов на поезде затратить, скажем, все 28 часов. Иными словами, наряду с количественной оценкой полезности нашего выбора следует учесть еще и вероятность условий, которые также влияют на выбор. Схематично всю задачу принятия решения можно представить в виде матриц — полезности $\| u_{li} \|$ и вероятности $\| p_{li} \|$, представленных таблицами 5.4.5, 5.4.6, где: L — альтернативы, J — возможные условия.

Табл. 4.

Условия \ Альтернативы	Густой туман	Ясная погода
Поезд	- 12	- 12
Самолет	- 28	- 2

Использование отрицательных чисел для измерения затраты времени на поездку кажется здесь вполне обоснованным. Чтобы перейти к положительным числам, необходимо преобразовать исходную матрицу в эквивалентную матрицу, прибавив к каждому элементу матрицы число 28. В итоге получаем:

Табл. 5.

Условия \ Альтернативы	Густой туман	Ясная погода
Поезд	16	16
Самолет	0	26

Поскольку вероятность погоды не зависит от выбора поезда или самолета, то, зная вероятность, скажем ясной погоды, можно вычислить вероятность густого тумана. Если первая вероятность равна p , то вторая будет равна $1-p$, так как эти события составляют полную группу событий. Если туман и ясная погода одинаково возможны, то матрица вероятностей будет иметь весьма простой вид:

$$\begin{vmatrix} 0.5 & 0.5 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 0.5 & 0.5 \end{vmatrix}$$

Чтобы определить ожидаемую полезность первого выбора (поезда), надо перемножить соответствующие элементы строки матрицы полезности на соответствующие элементы матрицы вероятности и результаты сложить. Также поступают при вычислении ожидаемой полезности второго действия (выбор самолета). Общая формула будет иметь следующий вид:

$$W_l = \sum_{j \in J} u_{lj} \cdot p_{lj}.$$

Для данного примера будем иметь:

$$\text{Поезд } W_1 = 16 \cdot 0.5 + 16 \cdot 0.5 = 16$$

$$\text{Самолет } W_2 = 0 \cdot 0.5 + 26 \cdot 0.5 = 13.$$

Отсюда непосредственно видно, что поскольку первое действие имеет наибольшую ожидаемую полезность, то человек, принимающий решение, должен выбрать именно его.

$$W_{opt} = \max_{l \in L} W_l \Rightarrow W_{opt} = W_1.$$

Приведенный пример иллюстрирует основные идеи модели принятия решений, предложенной Бейесом. Он также дает возможность сравнить эту модель с тем интуитивным способом принятия решений, которым пользуется всякий разумный человек.

Принятие решений в условиях неопределенности и риска:

В этих ситуациях возможно использование теории статистических решений. Эта теория близка по идеям к теории игр, от которой отличается тем, что неопределенность не имеет конфликтной окраски — никто никому не противодействует. В задачах теории статистических решений неизвестные условия операции (смысл термина из исследования операций) зависят от объективной действительности, которая называется в теории статистических решений «природой». В игре против сознательного противника элемент

неопределенности отчасти снимается тем, что мы «думаем» за противника, принимаем самое благоприятное решение для нас самих. В игре с «природой» это не подходит, кто ее знает, как она себя поведет. Поэтому часто получается, что при принятии решения мы рискуем. Риск является важным элементом человеческой деятельности. Мы знаем, что тот, кто умеет рисковать, оказывается в выигрыше, и что осторожность не всегда приводит к успеху, а иногда приводит прямо к проигрышу. Каков риск политика, когда он поддерживает или отвергает ту или иную кандидатуру перед выборами? Чем рискуют экономисты, предлагая снизить налоги и т. д. Все они должны уметь правильно оценить степень риска своих действий и действовать расчетливо и обоснованно.

Риск, понимаемый как действие в надежде на благоприятный исход, возникает по ряду причин, которые относятся к факторам неопределенности. Виды неопределенности были достаточно полно сформулированы в п. 4.2.

Основные критерии, которые используются в теории статистических решений и которые реализуют способы выбора оптимальных решений, рассмотрим на конкретном примере.

Дополним пример в п. 5.4.5 еще одной альтернативой: предположим, что вы можете поехать в Ригу на автомобиле. Для этой альтернативы погодные условия тоже будут влиять, в частности, на выбор скорости вождения. К другой неопределенности можно отнести неопределенность потери времени при прохождении проверки документов и осмотра автомобиля на границе. Измененные условия задачи представим в табл. 6.

Табл. 6.

Условия Альтернативы	Густой туман	Ясная погода
Поезд	- 12	- 12
Самолет	- 28	- 2
Автомобиль	- 13	- 9

Пусть мы хотим выбрать при этих двух погодных условиях наилучший для нас вариант. Сначала преобразуем по аналогии с тем, как делали в предыдущем пункте, эту матрицу, прибавив ко всем элементам число 28.

Получим преобразованную матрицу полезности $\| u_{li} \|$, представленную в виде таблицы 7., где L — альтернативы, J — возможные условия.

Табл. 7.

Условия Альтернативы	Густой туман	Ясная погода
Поезд	16	16
Самолет	0	26
Автомобиль	15	19

Теперь рассмотрим несколько вариантов решения сформулированной задачи.

1. *Равновероятный выбор.* Предположим, что нам неизвестен прогноз погоды, тогда будем считать, что на период нашей поездки возможна как ясная погода, так и густой туман, т. е. эти два события равновероятны.

Чтобы определить ожидаемую полезность первого выбора (поезда), надо перемножить соответствующие элементы строки матрицы полезности на соответствующие элементы матрицы вероятности и результаты сложить. Так же поступают при вычислении ожидаемой полезности второго действия (выбор самолета) и третьего (выбор автомобиля):

$$\text{Поезд} \quad W_1 = 16 \cdot 0.5 + 16 \cdot 0.5 = 16$$

$$\text{Самолет} \quad W_2 = 0 \cdot 0.5 + 26 \cdot 0.5 = 13$$

$$\text{Автомобиль} \quad W_3 = 15 \cdot 0.5 + 19 \cdot 0.5 = 17$$

Так как $W_3 = \max (W_1, W_2, W_3)$, то в этом случае третий вариант (*выбор автомобиля*) будет при заданных условиях наилучшим.

2. *Вероятный выбор.* Предположим, что у нас имеется информация из компетентных источников прогноза погоды на дни нашей поездки. Вероятность

тумана — 0.3, а вероятность ясной погоды — 0.7. Проведем расчеты по использованному в предыдущем пункте алгоритму.

$$\text{Поезд} \quad W_1 = 16 \cdot 0.3 + 16 \cdot 0.7 = 16$$

$$\text{Самолет} \quad W_2 = 0 \cdot 0.3 + 26 \cdot 0.7 = 18.2$$

$$\text{Автомобиль} \quad W_3 = 15 \cdot 0.3 + 19 \cdot 0.7 = 17.8$$

Для этого способа максимальная полезность достигается для второго варианта — *выбора самолета*.

Посмотрим, как изменится результат, если информация прямо противоположная, т. е. вероятность тумана — 0.7, а вероятность ясной погоды — 0.3.

Тогда:

$$\text{Поезд} \quad W_1 = 16 \cdot 0.7 + 16 \cdot 0.3 = 16$$

$$\text{Самолет} \quad W_2 = 0 \cdot 0.3 + 26 \cdot 0.3 = 7.8$$

$$\text{Автомобиль} \quad W_3 = 15 \cdot 0.7 + 19 \cdot 0.3 = 16.2$$

При таком вероятном прогнозе максимальная полезность достигается при третьем варианте, который означает *выбор автомобиля*.

3. «Максиминный» критерий Вальда. Предположим, что у нас нет никаких сведений о прогнозе на дни поездки, тогда все зависит от нашей точки зрения на ситуацию, от нашей позиции последствий какими грозит неудачный выбор решения. Примем в качестве критерия сравнения альтернатив критерий максимина:

$\alpha = \max_l \min_j u_{lj}$, где l — номер альтернатив, j — номер варианта возможных условий.

Согласно этому критерию, оптимальным будем считать вариант, при котором гарантируется выигрыш не хуже, чем самый худший. Этот критерий олицетворяет «позицию крайнего пессимизма», надо всегда ориентироваться на худшие условия, зная наверняка, что «хуже этого не будет». Такой «перестраховочный» подход естественен для тех, кто очень боится проиграть. Конечно, он не является единственным, однако заслуживает рассмотрения.

Чтобы применить данный критерий, необходимо в матрице полезностей в каждом столбце выбрать минимальное значение.

Табл. 8.

Условия Альтернативы	Густой туман	Ясная погода
Поезд	16	16
Самолет	0	26
Автомобиль	15	19
Минимум	0	16

Теперь, из полученных минимальных значений необходимо определить максимум — это будет 16. Данное значение полезности соответствует варианту *выбора поезда*.

4. *Критерий минимаксного сожаления Сэвиджа*. Этот критерий тоже крайне пессимистический, но при выборе оптимального варианта советует ориентироваться не на выигрыш, а на меньший проигрыш. *Оптимальным считается тот вариант, для которого величина риска в наихудших условиях минимальна*. Количественно риск r_{ij} для каждого l -го варианта определим как разность между его полезностью и максимальным значением полезности среди всех вариантов, т. е.

$$r_{ij} = \max_l u_{lj} - u_{ij}.$$

Для этого в каждой строке исходной матрицы находим максимальные значения.

Табл. 9.

Условия Альтернативы	Густой туман	Ясная погода
Поезд	16	16
Самолет	0	26
Автомобиль	15	19
Максимум	16	26

Из полученного максимального значения для каждого из возможных условий вычитаем исходные значения полезностей. Получаем преобразованную матрицу:

Табл. 10.

Условия Альтернативы	Густой туман	Ясная погода	Максиму м
Поезд	0	10	10
Самолет	16	0	16
Автомобиль	1	7	7
Минимум	–	–	7

Определяем максимальные значения для каждой строки (варианта) и из полученных величин выбираем минимальную.

$S = \min_l \max_j r_{lj}$, l — номер альтернативы, j — номер варианта возможных условий.

При данных условиях $S = 7$, что соответствует варианту выбора автомобиля.

Сущность такого подхода состоит в том, чтобы всячески избегать большого риска при принятии решения. В смысле «пессимизма» критерий Сэвиджа сходен с критерием Вальда, но «пессимизм» здесь понимается по-другому («выбирай наименьшую из потерь»).

5. Критерий пессимизма — оптимизма Гурвица. Этот критерий рекомендует при выборе решения не руководствоваться ни крайним пессимизмом («всегда рассчитывай на худшее!»), ни крайним, легкомысленным оптимизмом («авось кривая вывезет!»).

Чтобы этим правилом воспользоваться, нужно ввести число k — коэффициент пессимизма в выборе решения, тогда $(1 - k)$ — коэффициент оптимизма. Примем $k = 0.6$, это значит, что вы умеренный пессимист, тогда коэффициент оптимизма будет $(1 - k) = 0.4$.

Для каждого варианта, т. е. строки таблицы полезностей, находится наименьшее значение, и данные записываются в столбец минимумов. Этот столбец соответствует полностью оптимистическому взгляду на выигрыши. Аналогично формируется столбец максимумов, что соответствует пессимистическому взгляду на выигрыши. Результаты представлены в таблице:

Табл. 11.

Условия \ Альтернативы	Густой туман	Ясная погода	Минимум	Максимум
Поезд	16	16	16	16
Самолет	0	26	0	26
Автомобиль	15	19	15	19

С учетом коэффициентов оптимизма и пессимизма рассчитываются оценки по данному критерию для каждого варианта:

$$H = \max_j \{ k \cdot \min_l u_{lj} + (1-k) \cdot \max_l u_{lj} \},$$

где $l \in L$ — число альтернатив; $j \in J$ — число возможных условий.

Табл. 12.

Значения \ Альтернативы	Критерий «пессимизма — оптимизма»
Поезд	$16 \cdot 0.6 + 16 \cdot 0.4 = 16$
Самолет	$0 \cdot 0.6 + 26 \cdot 0.4 = 10.4$
Автомобиль	$15 \cdot 0.6 + 19 \cdot 0.4 = 16.6$

Согласно критерию «пессимизма—оптимизма» выбирается вариант, удовлетворяющий максимальному значению, в нашем случае это $H = 16.6$, что соответствует варианту выбора автомобиля.

Этот конкретный пример точно передает алгоритм процедуры, хотя для более яркой демонстрации результативности этих критериев желательно, чтобы число возможных вариантов условий прогноза было более двух.