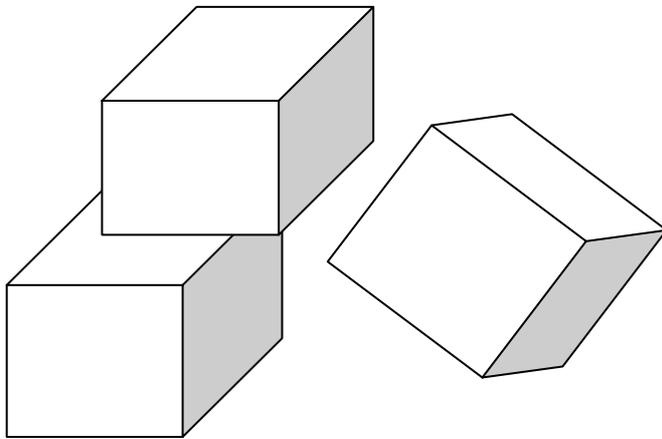


Ю.Ф. МАРТЕМЬЯНОВ, Т.Я. ЛАЗАРЕВА

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ

Учебное издание

МАРТЕМЬЯНОВ Юрий Фёдорович,
ЛАЗАРЕВА Татьяна Яковлевна

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Учебное пособие

Редактор З. Г. Чернова
Инженер по компьютерному макетированию М. С. Анурьева

Подписано в печать 16.03.2010
Формат 60×84/16. 4,65. усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 154

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14
Министерство науки и образования Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Ю.Ф. Мартемьянов, Т.Я. Лазарева

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*Утверждено Учёным советом университета
в качестве учебного пособия для студентов 4 курса
очного и заочного обучения
специальностей 080801, 220301, 220200, 051306, 051310*



Тамбов
Издательство ТГТУ
2010

УДК 65-011-56
ББК ←813я73
М29

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
В.М. Тютюнник

Доктор технических наук, профессор
Ю.Ю. Громов

Мартемьянов, Ю.Ф.

М29 Экспертные методы принятия решений : учеб. пособие /
Ю.Ф. Мартемьянов, Т.Я. Лазарева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос.
техн. ун-та, 2010. – 80 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0912-8.

Изложены экспертные методы в принятии решений
экономического и технического плана.

Предназначено для студентов 4 курса очного и заочного
обучения специальностей 080801 «Прикладная информатика в
экономике», 220301 «Автоматизация технологических
процессов и производств», а также магистров направления
220200 "Автоматизация и управление" и аспирантов
специальностей 051306 "Автоматизация и управление
технологическими процессами", 051310 "Управление в
социальных и экономических системах".

УДК 65.011-56

ББК ←813я73

ISBN 978-5-8265-0912-8

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2010

1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Вся наша жизнь пронизана различными проблемами. Каждый человек ежедневно сталкивается с необходимостью принятия решений. Их так много и принимают их так часто, что в большинстве случаев это просто не осознаётся. Только наиболее важные и трудные решения как-то выделяются и становятся предметом анализа. При этом основной подход всегда один: собирается точная, надёжная и адекватная информация, а затем делается выбор среди возможных решений.

Принятие решений – это важная функция управления, являющаяся умением, которым должен овладеть каждый человек, работающий как в бизнесе, производстве, так и науке, либо производстве.

Принятие неоптимальных решений в жизненных и производственных ситуациях уменьшает значительную долю возможностей и замедляет темп развития. И чем сложнее ситуация, тем больше потери. Принятию решений необходимо учиться, и учит этому наука, называемая "Теория принятия решений", которая включает в себя комплекс знаний, содержащих изрядную долю математики, но, если использование так называемых структурированных методов невозможно, то используется неструктурированный, т.е. экспертный подход.

Вопросы для самопроверки

1. Сталкивается ли человек с необходимостью принятия решений?
2. Какие решения являются предметом анализа при принятии решений?
3. В чём суть подхода принятия решений?
4. Является ли принятие решений функцией управления?
5. Каково содержание науки о принятии решений?
6. Что значит экспертный подход в принятии решений?

2. КРАТКАЯ ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Научно-техническая революция привела к существенным преобразованиям в организационном управлении. Усложнение технологии и укрупнение производства привело к необходимости применять различные математические расчёты при решении вопросов управления.

Совокупность математических дисциплин, относящихся к организационному управлению, составляют теорию принятия решений или теорию исследования операций.

Исследование операций как наука сформировалась и развилась в период второй мировой войны, хотя термин появился раньше – в 1939 году. Первые работы по теории принятия решений были связаны с организацией противовоздушной обороны Великобритании и вообще с планированием операций по защите страны от вторжения.

После окончания войны специалисты-операционники (так называли специалистов в области исследования операций) стали увольняться из армии. К счастью, в этот период для развития промышленности потребовалось принимать не менее сложные решения, чем в военной области, и эти специалисты были затребованы для решения производственных, экономических задач. И наука "Исследование операций" продолжила свое бурное развитие.

Неразвитое производство, примером которого являются некоторые наши коммерческие фирмы, мало нуждается в решении задач планирования, принятия наилучших решений, так как решения очевидны. Применение системного подхода для лучшей организации дела в этом случае представляет большие сложности.

На развитом предприятии владелец или лицо управляющее предприятием не может самостоятельно принять решения – слишком большое число вопросов надо рассмотреть. Поэтому возникают отделы: производственный, отдел сбыта, финансовый, отдел кадров и пр. Эти отделы имеют разные цели функционирования, во многом взаимно противоположные.

Производственный отдел хочет, чтобы продукция была однообразной (мало номенклатуры), и, если даже сбыта нет, этот отдел хочет производить продукцию, его цель – как можно больше продукции узкой номенклатуры (чтобы не перенастраивать станки для удешевления продукции).

Отдел сбыта требует широкой номенклатуры продукции (чтобы было легче продать), чтобы были товары, даже редко пользующиеся спросом (они могут понадобиться все равно). Поэтому этот отдел не возражает против запасов (если и производства нет). Однако, финансовый отдел выступает против запасов, так как это связанные деньги, и его задача минимизировать эти связанные деньги (т.е. деньги в товаре), а это значит минимизировать запасы. Финансовый отдел требует сокращения производства, если не идёт продажа товара.

Отдел кадров против сокращения производства, если продажа товара не идёт, так как это связано с увольнением людей, что является очень неприятной процедурой.

Задача отдела исследования заключается в том, чтобы найти правильное решение, которое принесёт пользу (выгоду) всей системе в целом (всей фирме в целом), а не отдельным его подразделениям.

Таким образом, исследование операций связано с организацией, управлением системами, т.е. с исследованием оказания влияния на системы с точки зрения повышения их эффективности.

Наука, которая занимается управлением, называется кибернетикой. Теория операций – часть кибернетики. Иногда её называют операционной кибернетикой.

Теория операций имеет синонимы: теория принятия решений, анализ операций, оценка операций, исследование операций, теория системной оценки, теория системных исследований, теория организационного управления. Наиболее часто используют названия «теория операций», «теория оптимальных решений», «теория принятия решений».

Задачи этой теории можно разделить на классы: поисковые, распределённые, управления запасами, массового обслуживания, календарного планирования, состязательные и другие задачи.

Классы и методы решения задач теории принятия решений представлены в табл. 1.

1. Классы задач принятия решений и методы их решений

Классы задач	Методы решения
Поисковые	Нелинейное программирование
Распределённые	Линейное программирование
Управление запасами	Теория управления запасами
Массовое обслуживание	Теория массового обслуживания
Календарное планирование	Теория расписания
Состязательные задачи	Теория игр
Неформальные задачи	Экспертный подход

Вопросы для самопроверки

1. Совокупность каких дисциплин составляют теорию принятия решений?
2. В какой стране появились первые работы по принятию решений?
3. Для каких производств актуальны вопросы принятия решений?
4. С чем связано применение методов принятия решений на производствах или в организациях?
5. На какие классы делятся задачи принятия решений?
6. Какие методы принятия решений Вам известны?
7. Сформулируйте классы задач принятия решений и методы их решения.

3. ЭТАПЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Принятие решений не является каким-то обособленным, единовременным актом. Это процесс, протекающий во времени и состоящий из нескольких этапов.

Любой процесс в природе – физический, химический, социальный, мыслительный и т.д., будучи предоставленный сам себе, развивается и протекает по некоторым присущим ему закономерностям. Но на этот процесс воздействуют другие процессы, так же как и сам он воздействует на них в силу всеобщей связи явлений в природе, что приводит к отклонениям от первоначального развития рассматриваемого процесса, т.е. он протекает по более сложным закономерностям.

Все внешние воздействия подразделяются на случайные и управляющие. Случайные воздействия являются следствием взаимодействия рассматриваемых процессов, в то время как управляющие воздействия изменяют ход того процесса, на который они направлены, в желаемом направлении. В связи с этим должен существовать некоторый орган, систематически или по мере необходимости вырабатывающий управляющие воздействия. Такой орган принято называть системой управления.

В общем случае под *системой* понимают *объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов и явлений в природе и обществе*. Характеристики такой системы определяются как характеристиками, составляющих систему элементов, так и характеристиками взаимосвязей между ними.

Качество и эффективность работы системы оценивается критерием эффективности, который позволяет оценить достижение желаемой цели. Проблема принятия решений возникает только тогда, когда существуют затруднения в достижении необходимой цели.

В процессе принятия решений система управления должна располагать ресурсами, обеспечивающими реализацию выбранных управляющих воздействий. Так, в экономических системах решение, направленное на интенсификацию производства, должно сопровождаться выделением дополнительных ресурсов – материальных, финансовых и т.д. Но система управления и сама затрачивает некоторые ресурсы, процесс выбора решения из множества возможных решений также связан с определёнными затратами.

Ранние теории по принятию решений были основаны на концепции "экономического человека", основным положением которого было то, что все люди знают альтернативы, имеющиеся в данной ситуации, и все последствия, которые они вызовут. Теория экономического человека предполагает, что люди будут вести себя рационально, т.е. выбор будет делаться таким образом, чтобы максимизировать какую-либо ценность. Естественно, что лицо, принимающее решение не всегда ведёт себя рациональным образом, поэтому в теорию экономического человека был внесён принцип ограниченной

4. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Процесс принятия решения осуществляется по спирали. Первой стадией является предварительное принятие решения, которое аналогично процессу планирования. Следующей стадией является превентивное разрешение проблем – это процесс предвосхищения ситуаций сбоя. Последней стадией является процесс разрешения проблемы, который и позволяет принять окончательное решение.

Проблема – это различия между тем, что должно происходить, и тем, что происходит на самом деле, поэтому она должна быть чётко сформулирована. Для разрешения проблемы может быть предложен следующий подход, основными этапами которого являются:

- 1) формулирование проблемы;
- 2) анализ настоящего состояния дел;
- 3) формулирование цели;
- 4) анализ возможных причин нежелательной ситуации;
- 5) выбор основной причины критической ситуации;
- 6) определение альтернативных решений;
- 7) анализ альтернативных решений;
- 8) принятие решения;
- 9) составление плана действий.

При выборе окончательного решения из множества альтернативных необходимо обратить внимание на психологические аспекты принятия решения, постараться извлечь пользу для достижения личных целей, используя систематический подход, делая акцент на конкретность и ясность поставленных целей.

В настоящее время для принятия решения используется научный подход, который заключается в построении математической модели управляемой системы и последующем её анализе. Как видно из рис. 1, эта модель занимает центральное место.

Современным научным методом изучения сложных систем является системный анализ, под которым понимается всестороннее, систематизированное, т.е. построенное на основе определённого набора правил, изучение сложного объекта в целом, вместе со всей совокупностью его сложных внешних и внутренних связей, проводимое для выяснения возможностей улучшения функционирования этого объекта.

Углублённый системный анализ состоит из этапов постановки задачи, структуризации системы, построения и исследования модели. Так как не все перечисленные этапы имеют формальный аппарат, то, следовательно, на современном уровне системный анализ не является строгим научным методом, некоторые этапы и задачи выполняются на содержательном уровне, на основе логики, здравого смысла, инженерного опыта и интуиции.

В подходе анализа систем и исследования операций можно выделить следующие пять логических элементов:

- 1) цель или совокупность целей;
- 2) альтернативные средства, при помощи которых можно достичь цели;
- 3) ресурсы, необходимые при использовании каждой системы;
- 4) математическую модель при подходе исследования операций или логическую модель при подходе анализа систем;
- 5) критерий выбора предпочитаемой альтернативы.

Наиболее известными подходами при принятии решений являются следующие подходы.

- *Эмпирический подход*, согласно которому решения могут существовать независимо от конкретных ситуаций. Решения, которые были хороши, могут быть плохи в настоящем времени. Данный подход позволяет изучать методы принятия решений отдельными личностями, накопить определённый опыт.

- *Подход с точки зрения поведения человека*. При принятии того или иного решения должны воедино соединиться существующие и разрабатываемые теории, методы и методика наук о поведении, основанные на здравом смысле понимания людей. Этот подход концентрируется на человеческом аспекте управления – принятия решений. Лицо принимающее решения должно сочетать качества учёного и руководителя и поддерживать равновесие между ними с помощью здравого смысла.

- *Подход с точки зрения социальной системы*. При управлении необходимо знать не только индивидуальные аспекты, но и понимать динамику работы группы, рассматривая последнюю с позиции системного подхода, рассматривая отношения и взаимные зависимости разных подзадач в общей задаче. Существуют два типа систем: закрытые, которые не приспособляются и не взаимодействуют с окружающей средой, и открытые, которые постоянно взаимодействуют с окружающей средой. Системы позволяют сохранить общую картину, взаимодействие систем, но в то же время такой подход не является всеобъемлющим методом объединения разных частей в единое целое. Объединяющими факторами являются ум, рассудительность, а также мастерство.

- *Подход с точки зрения принятия решения*. Он, в основном, ориентируется на системы и позволяет научно описать, рассчитать каждый фактор, которым можно управлять. Однако, существуют решения, которые не могут быть определены качественно и которые нельзя изложить в терминах экономической ценности, например, эстетические решения.

- *Математический подход*, который позволяет дать большой эффект. Математика является инструментом для управления, для принятия решений.

- *Операционный подход* стремится оценить управленческую операцию и использовать любую информацию или теоретические знания, которые дадут наилучшие результаты. Задачу управления можно рассчитать в трёх аспектах: производство, человеческие отношения, администрирование.

Одним из универсальных средств решения любых проблем в настоящее время являются математические модели. В исследовании операций модели описывают поведение систем, включающие во многих случаях в себя коллективы людей, которые ведут себя определённым рациональным образом и могут быть адекватно описаны.

Все существующие проблемы можно разделить на три класса:

- 1) хорошо структурированные или количественно сформулированные проблемы, в которых получают численные оценки;

- 2) неструктурированные или качественно выраженные проблемы, в которых количественные зависимости между признаками и характеристиками совершенно неизвестны;

- 3) слабо структурированные или смешанные проблемы, содержащие как количественные, так и качественные элементы, причём последние имеют тенденцию к доминированию.

Методы исследования операций предназначены для хорошо структурированных проблем. Эти методы позволяют принять обоснованное решение в той или иной задаче в зависимости от её постановки.

Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте основные стадии принятия решений.
2. Что такое проблема принятия решения?
3. В чём заключается анализ альтернативных решений?
4. В чём заключается научный подход принятия решений?
5. Чем необходимо руководствоваться при выборе окончательного решения из множества альтернативных решений?
6. Какие логические элементы выделяются в подходе анализа систем и исследовании операций?
7. Какие подходы используются при принятии решений?
8. Сформулируйте суть эмпирического подхода принятия решений.
9. Как Вы понимаете подход с точки зрения поведения человека при принятии решений?
10. Какие факторы лежат в основе подхода с точки зрения социальной системы при принятии решений?
11. Какой из подходов принятия решений позволяет дать максимальный эффект?
12. Какой из подходов принятия решений позволяет наиболее эффективно оценить управленческую операцию?
13. На какие классы подразделяются проблемы, существующие при принятии решений?
14. Что представляют собой хорошо структурированные или количественно сформулированные проблемы?
15. В чём состоит особенность неструктурированных или качественно выраженных проблем, в которых количественные зависимости между признаками и характеристиками совершенно неизвестны.

5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

При решении задачи принятия решения исследуется система, которая условно изображается прямоугольником, рис. 2.

Определение системы уже было дано. В дальнейшем под системой будем понимать совокупность объектов, предприятий, характеризующихся некоторыми показателями. Все эти показатели или параметры подразделяются, прежде всего, на входные и выходные.

Выходные показатели y_i графически обозначаются линиями со стрелками, выходящими из прямоугольника – системы (рис. 2); к этим показателям относятся такие показатели, как, например, качество продукта, себестоимость, производительность, количество и др.

Параметры, влияющие на выходные показатели и которые можно изменить в соответствии с нашим желанием, обозначаются u_1, u_2, \dots, u_m (рис. 2) и называются входными воздействиями. Такими параметрами могут быть количество финансовых средств, которые вкладываются в то или иное производство, оборудование, поставляемое в тот или иной цех, людские ресурсы и т.п. Входные параметры являются "рулями", которыми управляют, изменяя их значение, соответственно изменяются и выходные параметры y_i .

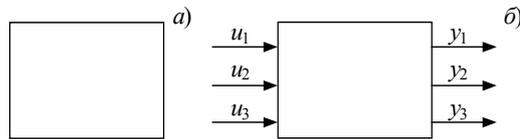


Рис. 2. Система:
a – исследуемая;
б – с входными и
 выходными
 параметрами

Выбор тех или иных величин u_i и является решением задачи принятия решений.

Если принято решение, т.е. определены u_i и, следовательно, определены значения выходных параметров y_i . В этом случае говорят, что система перешла в некоторое новое состояние.

Оператор, отражающий зависимость выходных параметров y от входных управляющих параметров u , называется моделью:

$$y = f(u). \quad (1)$$

Математическая модель представляет собой математическую зависимость, позволяющую без экспериментов, зная управляющие воздействия, определить выходные параметры. Использование моделей очень удобно, так как не всегда можно провести эксперименты, при их проведении можно даже разорить предприятие, однако, имея модель, можно проиграть различные ситуации на ней.

После того как принято решение, хорошее или плохое, его необходимо охарактеризовать численно. Для этого вводится целевая функция, позволяющая численно оценить насколько принятое решение хорошо. Эта функция зависит от входных и выходных параметров и обозначается $Q = Q(u, y)$.

Так как выходные параметры y можно выразить через входные параметры u , что часто и делают, то тогда целевая функция будет зависеть только от управляющих показателей – $Q = Q(u)$. И задача заключается в нахождении таких управлений u (или таких решений u), при которых целевая функция достигала бы своего минимального (максимального) значения.

Например, целевой функцией является прибыль – требуется, чтобы она была максимальной, если целевая функция представляет собой себестоимость, то необходимо, чтобы она была минимальной.

В конкретных задачах часто накладываются ограничения, например, требуют, чтобы при нахождении максимума целевой функции себестоимость была бы не выше заданной, количество товара по каждой номенклатуре также было бы не меньше заданного и т.д.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы *найти такое решение, при котором целевая функция принимает максимальное (минимальное) значение и удовлетворяются все ограничения экономического, технологического планов, которые принято записывать в виде $\varphi_i(u) \leq 0, i = \overline{1, k}$.*

Принимая различные решения, вычисляют в соответствии с ними значения выходной переменной y , а затем целевой функции Q . После этого среди всех принятых решений ищется такое решение u , при котором значение Q будет наилучшим. Варьировать значениями управляющей переменной u можно только в определённых пределах. Например, денежный вклад должен быть, с одной стороны, больше нуля, а, с другой стороны, меньше некоторого предельного значения, определяемого финансовыми возможностями конкретного лица, т.е. $0 \leq u_i \leq u_i^{\text{пред}}$, или, если U – область допустимых значений варьируемых управлений u_i , то $u_i \in U$.

Таким образом, задача заключается в том, чтобы найти такие управления из области допустимых U , при которых будут выполнены технологические ограничения, а целевая функция примет минимальное значение. Математически данная задача записывается следующим образом: требуется принять такое решение u^* , принадлежащее области допустимых решений, $u^* \in U$, при котором целевая функция достигает своего минимального значения

$$Q(u^*) = \min_{u \in U} Q(u, y)$$

и выполняются связи, определяемые математической моделью $y = f(u)$, а также ограничения в виде неравенств $\varphi_i(u) \leq 0, i = \overline{1, k}$, которыми задаются технологические условия.

В некоторых задачах связи могут отсутствовать, тогда требуется найти такое $u^* \in U$, что $Q(u^*) = \min_{u \in U} Q(u)$, при выполнении ограничения $\varphi_i(u) \leq 0, i = \overline{1, k}$.

Управляющие переменные, удовлетворяющие требованиям $u \in U$ и $\varphi_i(u) \leq 0$, называются допустимым решением. Все остальные решения недопустимы.

Допустимые решения u^* , при котором целевая функция минимальна, называется оптимальным решением.

Основной задачей теории принятия решения является нахождение оптимального решения. Для этого необходимо:

- построить модель $y = f(u)$;

- определить целевую функцию $Q(y, u)$;
- определить область допустимых управлений U ;
- определить технологические ограничения.

На практике встречаются задачи нахождения не оптимального, а допустимого решения, т.е. решения, удовлетворяющего системе ограничений и связей. В этом случае задача ставится следующим образом: найти такие $u \in U$, при которых выполняются ограничения $\varphi_i(u) \leq 0$, $i = \overline{1, k}$ и связи $y = f(u)$. Такие задачи могут иметь не единственное решение.

Некоторые задачи теории принятия решения пассивны, для них характерно, что входные управляющие параметры u не влияют на целевую функцию, они не являются рулями. В таких задачах только проверяют – допустима полученная система или нет, и решением является "да" или "нет". Если $y = f(u)$, то проверяется $y \in Y$, и задача заключается в том, чтобы по построенной модели проверить при всех ли u показатели y будут хорошими, и на основании этого сделать вывод о пригодности системы или её непригодности.

Особый класс занимают задачи, в которых оценка значений целевой функции носит субъективный характер (например, оценка спортивного выступления, котировка ценных бумаг и пр.)

Вопросы для самопроверки

1. Как называются параметры, влияющие на выходные показатели и которые можно изменить в соответствии с желанием руководителя?
2. Какой оператор называется моделью?
3. Что представляет собой математическая модель, используемая при принятии решения? Каково её назначение?
4. Какие целевые функции используются при принятии решения?
5. Сформулируйте задачу принятия решений.
6. Дайте математическую постановку задачи принятия решения.
7. Что значит допустимое решение, оптимальное решение?
8. В чём заключается основная задача принятия решения? Что необходимо знать, чтобы её решить?
9. Сформулируйте задачу принятия допустимого решения.
10. Что представляют собой пассивные задачи теории принятия решения?

6. НЕФОРМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

В задачах принятия решения в больших системах необходимо моделировать эти системы, при этом неизбежно приходится оценивать значения различных параметров систем. Значения некоторых параметров удаётся непосредственно измерить (например, геометрические характеристики доступных предметов и т.п.) или вычислить по известным аналитическим зависимостям (например, вероятность сложного события по вероятности составляющих его событий, площади геометрических фигур по известным их размерам и т.п.).

Если имеются данные о функционировании моделируемой системы или её аналога за достаточно продолжительное время, то значения некоторых параметров можно определить путём статистической обработки их значений, зафиксированных в процессе наблюдения. Общеизвестные методы математической статистики позволяют не только определить текущие значения параметров, но и оценить достоверность такого определения в зависимости от продолжительности (числа) наблюдений, установить необходимое число наблюдений для определения значения параметра с заданной точностью.

Иногда значения интересующих параметров удаётся определить по аналогии со значениями других параметров, схожих с определяемыми значениями, которые известны.

Однако, нередко случаи, когда значения параметров моделируемых систем не удаётся получить названными выше методами. Такая ситуация бывает особенно характерной для систем с высоким уровнем неопределённости и не имеющих достаточной предыстории функционирования. Например, в настоящее время нет данных, необходимых для определения таких параметров, как вероятности проявления дестабилизирующих факторов в различных автоматизированных системах обработки данных (АСОД) и различных условиях их функционирования, вероятности успешного использования злоумышленником проявившихся дестабилизирующих факторов. В таких случаях неизбежно приходится пользоваться неформальными методами оценивания, основанными на оценке людей – специалистов в соответствующей сфере.

Из неформальных методов оценивания наиболее известными являются методы экспертных оценок.

Последовательность и содержание решения задач методами экспертных оценок в самом общем виде могут быть представлены следующим образом:

- 1) постановка задачи;

2) обоснование перечня и содержания тех параметров задачи, для определения значений которых целесообразно использовать экспертные оценки;

3) обоснование форм и способов экспертных оценок;

4) разработка реквизитов (бланков, инструкций и т.п.), необходимых для проведения экспертных оценок;

5) подбор и подготовка (обучение, инструктаж) экспертов, привлекаемых для решения задачи;

6) организация и обеспечение работы экспертов;

7) контроль и первичная обработка экспертных оценок;

8. базовая обработка экспертных оценок.

Принципиально важным для методов экспертных оценок является получение такой выборки оценок экспертов, на которой статистически устойчиво проявилось бы их общее мнение по решаемой проблеме.

Отсюда одно из основных требований и одна из основных трудностей состоит в подборе такого количества компетентных экспертов, которых достаточно для получения статистически устойчивых решений. Однако при этом возникает серьёзный вопрос о соизмерении компетентности различных экспертов по решаемой проблеме. Для решения этого вопроса в подавляющем большинстве существующих методов экспертных оценок вводится так называемый коэффициент компетентности, представляющий собой число в интервале $0 \dots 1$, причём оценке каждого эксперта присваивается вес, равный этому коэффициенту. Значение коэффициента компетентности определяется либо самим экспертом (самооценка), либо коллегами по экспертизе (взаимная оценка). В некоторых случаях используются одновременно обе оценки.

Технология использования методов экспертных оценок представляет собой последовательность следующих операций:

1) формирование достаточно представительной группы компетентных экспертов;

2) выбор способа организации работы с экспертами;

3) выбор метода формирования экспертами суждений (оценок) по решаемым вопросам и проведение экспертизы;

4) выбор метода обработки оценок группы экспертов.

Вопросы для самопроверки

1. Как Вы понимаете неформальные методы оценивания при принятии решения?

2. Какие неформальные методы оценивания Вам известны?

3. Что представляет собой метод экспертных оценок?

4. Сформулируйте последовательность и содержание решения задач принятия решения методами экспертных оценок?

5. Что такое коэффициент компетентности?

6. Каким образом определяется коэффициент компетентности?

7. В чём заключается технология использования методов экспертных оценок?

8. Назовите основные операции технологии использования методов экспертных оценок?

9. Что является наиболее важным для методов экспертных оценок?

7. МЕТОД ЭКСПЕРТОВ

В тех случаях, когда объективной информации оказывается недостаточно для определения численных значений требуемого критерия при принятии решения, должны использоваться субъективные оценки, основанные на накопленном опыте, знаниях, идеях, мнениях и догадках специалистов, привлечённых к выработке субъективной оценки.

Получение объективных оценок базируется на следующих общих положениях:

1) *аксиома несмещённости*, которая утверждает, что мнение большинства компетентно;

2) *аксиома транзитивности*, утверждающая, что субъективные оценки транзитивны.

Из этого следует, что мерой качества субъективных оценок является их рассеяние.

Для качественного ознакомления с особенностями определения человеком субъективной оценки и формирования логической модели этого определения целесообразно рассмотреть ряд примеров.

Без сомнения известны методы оценки результатов в спортивных соревнованиях: гимнастике, прыжках в воду, фигурном катании и тому подобных судьями-экспертами; оценки качества сортов вина, чая, духов и прочих специалистами-экспертами и т.д.

Например, пусть требуется определить субъективную оценку (весовые коэффициенты) факторов T и C критерия в некоторой испытательной системе, имеющей вид

$$E = \lambda_1 T + \lambda_2 C,$$

где T – время (длительность испытаний); C – стоимость испытаний; λ_1, λ_2 – весовые коэффициенты, определяющие влияние T и C на эффективность испытаний.

Можно ожидать, что λ_1 и λ_2 будут меняться в соответствии с обстановкой, в которой проходят испытания и степенью влияния её на личность эксперта. Так, если судьба эксперта зависит от успешности испытаний, то он будет считать, что $\lambda_1 \ll \lambda_2$, тогда для обеспечения испытаний будет закуплено большое количество оборудования, что резко увеличит их

стоимость. Если непосредственной ответственности за испытания эксперт не несёт, то результат оценки "веса" может быть другим.

Отсюда вытекает, что субъективная оценка подвержена влиянию конъюнктуры. Если эксперт в чем-либо лично заинтересован или в данное время считается популярным определенное мнение, то экспертная оценка может отражать эту конъюнктуру. Кроме того, в процессе определения субъективной оценки могут вмешиваться те или иные авторитеты так, что оценка может быть деформирована за счёт их влияния и появятся ошибки, если авторитет руководствуется предвзятым мнением. Способность эксперта противостоять воздействию конъюнктуры, назовём это объективностью, является одним из важнейших факторов, определяющих достоверность субъективной оценки.

В следующем примере предположим, что определение субъективной оценки C (см. рис. 3) поручается одному эксперту \mathcal{E} , который базируется при определении оценки на информации, полученной из двух независимых источников A и B .

Эксперт выдаёт оценку C только в том случае, когда оба источника дают одинаковую информацию.

Будем считать, что каждый источник информации обеспечивает возможность правильной оценки проблемы с вероятностью, равной $0,7$. Эта вероятность обусловлена компетентностью эксперта и его информированностью о характере поставленной перед ним задачи.

Ограниченность компетентности и информированности, свойственная любому человеку, обуславливает возможность ошибки эксперта. Предположим, что он может ошибиться один раз из двухсот. Тогда вероятность правильного определения им субъективной оценки, обусловленная приведёнными выше факторами, равна $0,995$.

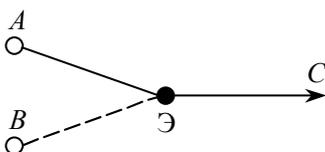


Рис. 3. Схема определения субъективной оценки при двух независимых источниках информации и одном эксперте:

A и B – независимые источники информации;
 \mathcal{E} – эксперт; C – субъективная оценка

Отсюда общая вероятность правильности субъективной оценки, данной экспертом, равна

$$P_1 = 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,995 = 0,487,$$

а вероятность выдачи им ошибочной оценки

$$P_2 = 1 - 0,487 = 0,513.$$

Таким образом, следующими важными факторами, определяющими правильность субъективной оценки, являются компетентность и информированность эксперта.

Следующий пример отличается от предыдущего только тем, что в нём определение оценки поручается четырём экспертам.

В данном случае для руководства действиями экспертов назначается лицо a (рис. 4), которое принимает решение C , соответствующее решениям экспертов в случае их единогласия.

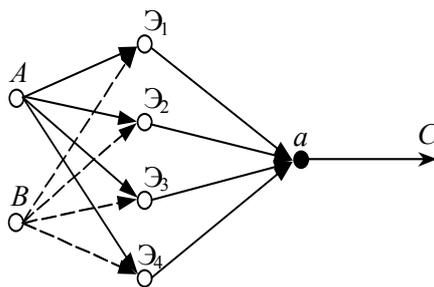


Рис. 4. Схема определения субъективной оценки при двух независимых источниках информации и четырёх экспертах:

A и B – независимые источники информации;
 $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \mathcal{E}_4$ – эксперты; a – лицо, определяющее правило формирования субъективной оценки; C – субъективное решение

Простота функций руководителя позволяет считать, что вероятность его ошибки равна нулю. В этом случае вероятность получения ошибочной оценки (на основе одновременного принятия ошибочной оценки всеми экспертами) определяется как

$$P_2 = [1 - (1 - 0,3)^2 \cdot 0,995]^4 \approx 0,000149.$$

Очевидно, что увеличение числа экспертов резко снижает вероятность принятия ошибочного решения и, следовательно, увеличение числа экспертов, придающее оценке статически характер и допускающее её усреднение, является важным фактором, определяющим правильность субъективной оценки. Таким образом, лингвистическую модель определения субъективных оценок можно представить в виде

$$(A \wedge B \wedge C \wedge D) \rightarrow P,$$

где A – информированность эксперта – совокупность представлений эксперта о задачах экспертизы, основывающаяся на внешней информации; B – компетентность эксперта – совокупность научных гипотез и конкретных идей относительно характера поведения и развития оцениваемой альтернативы; C – объективность эксперта – адекватность его представлений о факторах, определяющих характер и поведение объекта экспертизы, а также условие его развития; D – усреднённость мнений эксперта, предусматривающая усреднение как по множеству экспертов, так и по множеству поставленных перед ним задач или по времени; P – имплицитруемая указанными логическими предпосылками субъективная оценка.

Из вышеуказанной модели следует, что источниками ошибок при субъективной оценке могут быть:

– недостаточная информированность эксперта, связанная с неточностью формулировки задач экспертизы, неясностью и неоднозначностью используемой терминологии, недостаточной эффективностью предложенных шкал оценок; плохо составленной анкетой эксперта;

– недостаточная компетентность эксперта, определяемая слишком высокой степенью сложности задач, недостаточностью совокупности его научных гипотез и конкретных идей относительно характера и поведения объекта экспертизы, малой научной любознательностью;

– недостаточная объективность эксперта вследствие нежелания участвовать в экспертизе, наличия его прямой заинтересованности в некоторых определённых результатах экспертизы, наличия морального давления на эксперта со стороны некоторых лиц, отсутствия материального стимулирования, отсутствия научного интереса и возможности повышения научной, технической, либо иной квалификации эксперта в результате работы, большая трудоёмкость заполнения анкет и т.п.;

– недостаточная усреднённость мнений экспертов, связанная с ошибками анкетирования, построением процесса экспертизы; недостаточным количеством экспертов.

Таким образом, мерами для получения достоверных оценок является устранение вышеперечисленных источников ошибок. Методы реализации этих мер определяются ресурсами, находящимися в распоряжении лица, проводящего экспертизу (временем и средствами, отведёнными на экспертизу, количеством экспертов и т.п.).

Формально любая экспертиза может быть разделена на три этапа: подготовка, проведение и обработка результатов.

Этап подготовки экспертизы имеет целью создание условий для получения объективных и точных оценок альтернатив. Он обычно включает в себя:

- определение задачи экспертизы;
- составление анкеты (вопросника), по которому будут опрашиваться эксперты;
- определение шкалы оценок, которой должны пользоваться эксперты;
- определение состава (списка) экспертов, привлекаемых к участию в экспертизе;
- определение порядка проведения экспертизы, показателей компетентности оценок (характеристики их точности) и метода обработки результатов.

Этап проведения экспертизы имеет целью получение от экспертов конкретных оценок альтернатив, определённых анкетами опроса. Компетентность индивидуальных оценок обычно обеспечивается использованием итерационной процедуры с "обратной связью" на экспертов. В этом случае проведение экспертизы разделяется на несколько циклов опроса. Полученная информация, сообщаемая экспертам ("обратная связь" на экспертов), служит основанием для корректирования анкет опроса. Кроме того, эксперты могут ознакомиться с мнением своих коллег (возможна открытая дискуссия). Опрос повторяется на новом, более высоком информационном уровне. Объективность заключений достигается за счёт независимости экспертов, их незаинтересованности в предмете экспертизы и отсутствия непосредственной связи между ними в ходе экспертизы. Опросы прекращаются, как только будут получены удовлетворительные значения показателей компетентности оценок.

Этап обработки результатов опроса имеет целью повышение компетентности оценки альтернативы за счёт учёта степени конкретной компетентности экспертов, психологических особенностей выработки индивидуальных оценок, а также социального и статистического характера процесса экспертизы. Учёт компетентности эксперта может осуществляться методом "взвешивания" индивидуальных оценок.

Учёт психологических особенностей выработки человеком субъективных оценок альтернатив при их разработке может базироваться на общих положениях теории полезности, учёт социальных особенностей – на теоретических положениях группового выбора. Учёт статистического характера оценок выливается в использование при их обработке в целях повышения компетентности метода усреднения.

Каждый из этих типов обработки субъективных оценок может быть реализован в соответствующей конкретной ситуации оценивания. Таких ситуаций может быть три:

1) когда оценка должна быть дана одним человеком; в этом случае обработка этой оценки проводится с использованием общих положений теории полезности;

2) когда число привлеченных экспертов недостаточно для обеспечения статистической эффективности их оценок; в этом случае для получения групповой оценки следует базироваться на теории групповых решений;

3) когда для формирования оценки может быть привлечено такое число экспертов, которое обеспечивает статистическую эффективность результатов экспертизы; в этом случае средством получения объективных оценок является их усреднение.

Методы усреднения и экспертиз детально описаны во многих литературных источниках, поэтому нет необходимости останавливаться на них подробно. Необходимо, однако, отметить, что использование усреднения оценок требует предварительного анализа причин, вызывающих нивелирование мнения отдельных экспертов. Усреднение не должно быть абсолютным, т.е. не должно приводить к сглаживанию индивидуальных оценок, именно того, что в них есть самостоятельного, основанного на индивидуальном опыте эксперта.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляют собой субъективные оценки? На чём они основаны?
2. На каких положениях и чем базируются объективные оценки?
3. Сформулируйте аксиому несмещённости и аксиому транзитивности.
4. Какое положение вытекает из аксиом несмещённости и транзитивности?
5. Приведите примеры субъективных оценок.
6. Как Вы понимаете информированность эксперта?
7. К чему может привести увеличение числа экспертов?
8. Что представляет собой лингвистическая модель определения субъективных оценок?
9. Назовите основные источники ошибок при субъективной оценке.
10. Каковы меры получения достоверных оценок?
11. Из каких этапов состоит любая экспертиза?
12. Какова цель этапа подготовки экспертизы?
13. Какие положения входят в состав этапа подготовки экспертизы?
14. Какова цель этапа проведения экспертизы?
15. Какова цель этапа обработки результатов экспертизы?
16. Какие ситуации оценивания могут возникнуть при обработке субъективных оценок?
17. В каких случаях при обработке результатов эксперимента используется теория полезности?
18. Если число экспертов недостаточно, то на какой теории обработки результатов эксперимента следует базироваться?
19. В каких случаях используется усреднение для получения объективных оценок?

8. ФОРМИРОВАНИЕ СУБЪЕКТИВНЫХ ОЦЕНОК

8.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Подготовка к формированию субъективной оценки при любом её характере (как индивидуальном, так и групповом) включает:

- формулирование задачи экспертизы;
- разработку анкет опроса экспертов;
- выбор шкал оценок;
- выбор экспертов.

Задача оценки объекта экспертизы при системном проектировании должна ставиться таким образом, чтобы максимизировать достоверность результатов за счёт сближения субъективных шкал и оценок экспертов. С этой целью следует на сколько возможно уменьшать степень неопределённости объекта экспертизы, свести задачу оценки его к задаче определения весовых коэффициентов параметров объекта, имеющих объективный характер. При этом задача оценки объекта сводится к задаче определения его полезности.

Примером подобного подхода может служить формулирование задачи экспертного определения выгоды и затрат некоторой системы как задачи определения весовых коэффициентов параметров q_j ; заданных уравнениями (2) и (3):

$$Q = \sum_i \lambda_i q_i + \lambda_{i0} \text{ для } i = 1, \dots, k, \quad (2)$$

где $q_i \geq q_i^*$ – вектор управляющих параметров выгоды;

$$C = \sum_j \lambda_j q_j + \lambda_{j0} \text{ для } j = k+1, \dots, n, \quad (3)$$

где $q_j \geq q_j^*$ – вектор управляющих параметров затрат; q_i^*, q_j^* – пороговые значения параметров выгоды и параметров затрат; k – количество экспертов, определяющих выгоду; n – общее количество экспертов; λ_0 – начальное значение оценки выгоды или затрат.

Однако, методы определения полезности с использованием первичных измерений можно применять только в тех случаях, когда возможна проверка типа шкалы полученной информации от экспертов. Кроме того, использование этих

методов для определения коэффициентов важности в функции полезности представляется слабо обоснованным и весьма проблематичным. Для решения последней задачи целесообразно использовать аппроксимационные методы.

Под первичными измерениями здесь понимаются оценки, данные непосредственно экспертами как в ранговой, так и в количественной шкалах, а под аппроксимационными методами – методы, в которых оценка объекта получается как некоторая сложная функция оценок экспертов и объективных показателей, характеризующих качество объекта экспертизы.

8.2. РАЗРАБОТКА АНКЕТ

Наиболее эффективными способами работы с экспертами считаются интервьюирование и анкетирование. Первый способ заключается в том, что руководитель экспертизы последовательно берёт интервью (в общепринятой интерпретации этого понятия) у экспертов, второй – в том, что каждый эксперт самостоятельно заполняет заблаговременно разработанную анкету. К достоинствам первого способа относится возможность уточнять по ходу интервью оценки эксперта, используя для этого подходы метода психоинтеллектуальной генерации, второго – возможность экспертам не только глубоко сосредоточиться на решаемой проблеме, но и дополнительного изучения проблемы. Названные способы могут комбинироваться: например, проводится предварительное интервьюирование экспертов, затем эксперты заполняют анкеты, после чего осуществляется заключительное интервьюирование в целях изучения мотивов экспертов относительно их оценок и возможности уточнения этих оценок.

Поскольку научные основы анкетирования разработаны ещё недостаточно для их практического использования, рекомендации по формированию анкет носят, в основном, рецептурный характер.

Анкета, предназначенная для получения численных оценок, характеризующих ответы эксперта на поставленные в ней вопросы, может рассматриваться как целенаправленная лингвистическая модель объекта оценки. Формирование её базируется на общих системных представлениях: объект оценки считается подсистемой системы более высокого ранга и сам состоит из подсистем – систем более низкого ранга.

Подобный подход позволяет сформировать анкету, повышающую достоверность субъективных оценок за счёт:

- учёта влияния на объект экспертизы системы высшего уровня иерархии;
- упрощения объектов оценки (вопросов) за счёт дробления объекта экспертизы на подсистемы.

При таком подходе к составлению анкет вредны как недостаточная, так и излишняя их детализация. Первая вызывает уменьшение достоверности субъективных оценок за счёт излишней сложности объектов оценки, а вторая – за счёт потери возможности учёта внутренних связей объекта экспертизы.

Поиск оптимального уровня сложности анкеты проводится эвристически в два этапа.

На первом этапе руководитель экспертизы отбирает эвристически наиболее информативные вопросы, характеризующие объект оценки, выбирает шкалу оценок информативности и даёт пример её использования. При этом анкета должна быть логически обоснованной, соответствовать структуре объекта оценки, допускать только единственное толкование содержащихся в ней вопросов и позволять эксперту дать ответы на них в количественной форме. Кроме того, необходимо, чтобы анкета обеспечивала получение формализованных сведений о характере источников аргументации, а также степени влияния каждого источника на ответы эксперта и количественной оценки экспертом степени своего знакомства с областью, к которой относится предлагаемый ему вопрос.

Примером реализации первой возможности может быть табл. 2 [1].

2. Степень влияния источника аргументации на мнение эксперта

Источники аргументации	Степень влияния		
	высокая	средняя	низкая
Проведённый Вами теоретический анализ	0,30	0,20	0,10
Ваш производственный опыт	0,50	0,40	0,20
Обобщение работ отечественных авторов	0,05	0,05	0,05
Обобщение работ зарубежных авторов	0,05	0,05	0,05
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом	0,05	0,05	0,05
Ваша интуиция	0,05	0,05	0,05

На втором этапе формирования анкеты уточняется её содержание на основе численной оценки информативности включённых в неё вопросов.

Оценка проводится методом экспертизы. Задача экспертов состоит в оценке влияния каждого вопроса на результат экспертизы.

Обработка полученных мнений экспертов о содержании анкеты сводится к определению группы наиболее компетентных из них. На основании оценок экспертов, входящих в эту группу определяется информативность содержания анкеты.

Группа наиболее компетентных экспертов выделяется по степени близости их мнений. В качестве меры близости может служить любая мера рассеяния. В качестве одной из возможных может быть принята мера, предложенная Устюжаниновым [2]:

$$S_{ij} = \frac{2m_{ij}}{n_i \log_2 \left(1 + \frac{n_j}{n_i} \right) + n_j \log_2 \left(1 + \frac{n_i}{n_j} \right)}, \quad (4)$$

где S_{ij} – мера совпадения мнений i -го и j -го специалистов; m_{ij} – количество факторов, одинаково оцениваемых i -м и j -м специалистами; n_i, n_j – количество факторов, оцениваемых i -м и j -м специалистом, соответственно. $\sum_{j=1}^n S_{ij}$ рассматривается как показатель компетентности i -го специалиста, где

$$0 \leq S_{ij} \leq 1. \quad (5)$$

Так как в опросах бывает занято разное число специалистов, то удобнее пользоваться относительной оценкой мнений специалистов

$$S_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_{ij}, \quad (6)$$

где n – число специалистов, участвующих в опросе.

По величине S_i можно отобрать тех специалистов, мнения которых совпадают наилучшим образом.

Оценка важности (информативности) вопросов анкеты определяется по среднему значению их оценок важности, данной экспертами, входящими в группу. При этом полагается, что истинная оценка не смещена относительно центра рассеяния мнений большинства.

В состав анкеты включаются вопросы, оценка важности которых определяется неравенством

$$\varepsilon \geq \varepsilon^*, \quad (7)$$

где ε^* – пороговая величина важности, устанавливаемая эвристически.

8.3. ВЫБОР ШКАЛ ОЦЕНОК

При выборе шкалы оценок необходимо прежде всего выбрать метод формирования экспертных оценок

Данная задача относится к наиболее важной задаче в общей процедуре экспертных оценок. Она заключается в решении двух подзадач: выбора формы выражения оценки и выбора способа её формирования.

Форма выражения оценки может быть неявной и явной. Неявное выражение состоит в том, что эксперт ранжирует оцениваемые элементы (объекты, явления) по степени их важности (линейное ранжирование) или делит на группы с возможным ранжированием в группах (групповое). При явном выражении эксперты дают элементам лингвистические или количественные оценки. При этом количественная оценка может выражаться коэффициентом (весом) на непрерывной шкале (чаще всего от 0 до 1) или баллом из предложенного множества (пять, десять и т.п.).

По способу формирования оценки могут быть непосредственными (эксперт определяет значение каждого оцениваемого элемента на заданной шкале) и сравнительными, формируемыми на основе сравнения пар оцениваемых элементов и означающими ту степень предпочтения (значимости), которая, по мнению эксперта, имеет место в условиях решаемой задачи.

После определения состава анкеты выбираются шкалы оценок. Далее вопросы анкеты разделяются на группы в соответствии с принятыми для них шкалами оценок.

Выбор шкалы оценок зависит от характера вопроса; он проводится руководителем экспертизы.

Известны три типа шкал оценок, которые могут быть использованы в этом случае:

- 1) шкала типа да–нет, дающая возможность качественного сравнения двух альтернатив;
- 2) ранговая шкала; при её использовании эксперт упорядочивает совокупность объектов в соответствии с убыванием или возрастанием какого-либо количественно измеримого признака;
- 3) балльная шкала, при использовании которой объект оценивается в безразмерных единицах (баллах), характеризующих полезность объекта с точки зрения эксперта.

Качественное сравнение с использованием шкалы типа да – нет состоит в указании более предпочтительного объекта в каждой паре объектов (иногда разрешается заявлять, что они равноценны или несравнимы). Это способ выявления предпочтения эксперта "в чистом виде".

Считается, что качественное сравнение двух объектов осуществить гораздо легче, чем выражать свои предпочтения в балльной или ранговой шкале. В отличие от других этот метод не навязывает эксперту априорных условий. Так, например,

остальные перечисленные виды оценок требует транзитивности предпочтений: если $a > b$, $a > c$, то $b > c$. Парное сравнение транзитивности заранее не предполагает. Это сравнение несёт в себе минимальную информацию.

При использовании ранговой шкалы объекты экспертизы ранжируются, т.е. представляются в виде последовательности в соответствии с убыванием или возрастанием какого-либо количественно измеримого признака. При этом допускается указание на равноценность некоторых рядом расположенных объектов. Рангом объекта a , т.е. значением $f(a)$, считают номер места, которое он занимает в ранжировании при обратной нумерации мест. При этом считается, что равноценные объекты находятся на одном и том же месте. Наиболее предпочтительный объект получает ранг 1, следующий за ним – ранг 2 и т.д.

Метод ранговой корреляции даёт возможность получить объективную оценку относительной важности каждой из рассматриваемых альтернатив, оценку согласованности мнения экспертов при ранжировании, а также оценку статистической значимости результатов экспертизы, показывающую насколько удовлетворительно были преодолены последствия нестатического характера субъективных оценок экспертов, принимающих участие в экспертизе.

При использовании балльной шкалы её градации представляют собой ограниченный ряд дискретных чисел, отстоят друг от друга на равном расстоянии. Обычно при экспертных оценках в качестве значений шкалы берут начальный отрезок натурального ряда (или часть ряда чисел), симметричный относительно нуля ($0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm m$), где m равен 10 или 100.

Балльные оценки могут либо базироваться на некотором объективном талоне, либо иметь чисто субъективный характер.

В первом случае каждой оценке соответствует некоторый объективный показатель, во втором – такой показатель отсутствует, и оценки, выполненные в так называемой порядковой (ранговой) шкале, характеризуют полезность объектов с точки зрения эксперта.

Выбор типа шкал должен проводиться таким образом, чтобы способствовать повышению точности оценки. Ряд экспериментов, проведённых медиками и психологами [3], показал, что сложность задачи влияет на точность оценок. При оценке человек обычно учитывает действие двух-трёх факторов и игнорирует остальные. Это заставляет согласовывать характер принимаемой шкалы со сложностью задачи. Чем сложнее задача, тем проще должна выбираться шкала.

Благодаря тому, что в одной и той же анкете для оценок разных вопросов могут использоваться разные шкалы, вопросы её объединяются в группы, соответствующие принятым шкалам оценок. В результате анкета представляет собой некоторую иерархическую систему вопросов.

К первой группе относятся частные вопросы, ответы на которые содержат количественную оценку. К числу их относятся вопросы:

- относительно количественного значения параметров;
- вопросы оценки степени взаимного влияния факторов и т.п.

Ко второй группе относятся более общие вопросы, ответы на которые содержат оценку приоритета. Примером может служить вопрос о том, какие условия хранения являются предпочтительными: А, Б или В. Эксперт ранжирует $A > B > V$.

К третьей группе относятся вопросы общего характера, требующие короткого ответа типа да – нет. Например, какого типа детали из приведенного списка разумнее использовать в проектируемой системе А, Б, В, Г, Д ...? Эксперт отвечает АЛВАГ.

К четвёртой группе относятся вопросы, требующие словесного (качественного) ответа в развёрнутой форме. Они могут делиться на две группы:

- 1) вопросы, ответы на которые содержат информацию о предмете;
- 2) вопросы, требующие аргументирования "за" или "против" содержащегося в них тезиса.

Для облегчения восприятия материала экспертом в анкете должна быть указана форма ответа, шкала оценок и дан конкретный пример заполнения анкеты.

8.4. ВЫБОР ЭКСПЕРТОВ

В решении задачи выбора экспертов существенно значимыми представляются два вопроса: персональный подбор экспертов и формирование представительной их группы.

При персональном подборе экспертов рекомендуется руководствоваться следующей совокупностью критериев:

- компетентность – наличие знаний и опыта по решаемой проблеме;
- креативность – способность решать творческие задачи;
- антиконформизм – неподверженность влиянию авторитетов;
- конструктивность мышления – способность давать практически значимые решения;
- коллективизм – способность работать в коллективе в соответствии с общепризнанными этическими нормами поведения;
- самокритичность – способность критично относиться к собственной компетенции и своим суждениям;
- наличие времени для работы в экспертных группах;
- заинтересованность – наличие желания в решении рассматриваемой проблемы.

Численность группы должна быть достаточно представительной для того, чтобы на основе совокупной обработки их суждений можно было определить статистически устойчивую оценку. Считается, что группа должна иметь численность не менее 20 человек.

Одним из основных критериев этого этапа выбора экспертов являются оценки их компетентности, которые по своему характеру могут быть разделены на две группы:

- 1) оценки компетентности по эталону;
- 2) взаимные оценки компетентности.

Численно оценка компетентности выражается через её коэффициент α° , который может быть выражен в 10- или 100-балльной шкале.

Оценка по эталону сводится к определению положения эксперта на некоторой "шкале компетентности", градуированной в абсолютных единицах (баллах). Значимость этих единиц определяется на основе представления о некотором эталоне компетентности. Как эталон компетентности, так и шкала её, определяются лицом, проводящим экспертизу. Основой использования балльных шкал для оценки компетентности экспертов является практика, которая показывает, что взвешенные оценки достаточно устойчивы относительно изменения состава экспертов. Обычно используются 10- или 100-балльные шкалы.

Возможное для 10-балльной шкалы распределение значимости единиц показано ниже:

Степень компетентности	Оценка, баллы
Высшая	10
Достаточная	8
Удовлетворительная	5
Малая	2

Степень компетентности эксперта определяется путём его анкетирования. При этом компетентность рассматривается как сложная альтернатива, определяемая некоторым множеством факторов:

- уровнем теоретической подготовки экспертов;
- уровнем квалификации его в области предмета экспертизы;
- практическим опытом эксперта;
- широтой кругозора эксперта;
- остротой мышления эксперта;
- физическим состоянием эксперта.

В качестве примера рассмотрим анкеты (табл. 3), предназначенные для определения компетентности эксперта (научного сотрудника) и методику её использования, заимствованную из [4].

В данном случае эталоном достаточной компетенции (8 баллов) является доктор наук в возрасте 35 – 40 лет, написавший серию статей по предмету экспертизы, имеющий книгу, содержание которой не связано непосредственно с предметом экспертизы. По своему служебному положению он является начальником лаборатории, руководит или руководил разработкой подсистем, связанных и несвязанных с предметом экспертизы, делает сообщения на международных научных конференциях, свободно владеет английским языком.

При рассмотрении предмета экспертизы он базируется на теоретических исследованиях в области фундаментальных наук, занимается спортом или физической зарядкой четыре раза в неделю и один раз в месяц участвует в культурных или зрелищных мероприятиях.

При этом физическое состояние эксперта учитывается графами II, XI и XII, его научная квалификация – графой I. Уровень узкоспециальной квалификации – графами III, IV и VIII. Общая квалификация – графами IV, VII и широта кругозора – графами V, VIII, IX, X.

Результирующий балл получается путём сложения для каждой из граф оценок, приведённых в крайней левой графе со следующими исключениями: графы IV, VII, XI, XII – оцениваются в два раза ниже номинала; графа II – если ответ соответствует баллу больше номинального, то из номинального балла вычитается разность этих баллов, если меньше – прибавляется. Графа V – если ответ соответствует баллу, превышающему номинальный, то к сумме приплюсовывается номинальный балл.

В конце сумма баллов нормируется относительно 10. Нормированная сумма характеризует общую интегральную компетентность эксперта по десятибалльной шкале.

Пример определения интегральной компетентности эксперта. Предположим, что надо определить компетентность эксперта – научного сотрудника, доктора наук (I графа) в возрасте 33 года (II графа), имеющего печатную работу (монографию) в области специализации (III графа), а также работы (серию статей) в других областях (IV графа), начальника отдела института Академии наук (V графа), который в настоящее время занимается разработкой системы (II графа), а ранее участвовал в разработке ряда элементов подсистемы (VII графа). В международном научно-техническом сотрудничестве данный эксперт непосредственно не участвовал (VIII графа), он свободно владеет английским языком (IX графа); источником аргументации являются другие, кроме указанных (X графа); физической работой или спортом не занимается (XI графа), раз в месяц посещает кино или театр (XII графа).

Номинальный балл такого эксперта равен 8, а сумма баллов по всем вертикальным графам анкеты получается такой:

Графа	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Балл	8	9	10	5	8	10	2	4	7	4	1,5	2

Сумма баллов равна 69.

Нормированная сумма 6,9. Отсюда показатель объективной компетентности эксперта равен 7 баллам.

3. Пример определения компетентности эксперта

Оценка, баллы	Учёная степень или уровень квалификации	Возраст, лет	Наиболее значительная печатная работа по теме, которой Вы в настоящий момент занимаетесь	Наиболее значительная печатная работа по любой теме, кроме той, которой Вы в настоящий момент занимаетесь	Должность	Научная или научно-организационная работа по Вашей теме, проводимая в настоящий момент
1	2	3	4	5	6	7
1 2	Академик	60–70	Ряд монографий	Ряд монографий	Член Президиума АН или член коллегии министерства	
1 1	Академик	55–60	Ряд монографий	Ряд монографий	Начальник отдела Академии наук или министерства	
1 0	Академик	50–55	Монография	Ряд монографий	Директор института	Руководитель разработки системы
9	Член-корреспондент	40–50	Книга	Монография	Начальник отдела	Руководитель разработки подсистемы
8	Доктор наук	35–40	Серия статей	Книга	Заведующий лабораторией	Руководитель разработки подсистемы
7	Кандидат наук	32–35	Статья	Серия статей	Старший научный сотрудник или ведущий инженер	Руководитель разработки ряда элементов подсистем
6	Ведущий специалист	30–32	Отчёт на уровне Академии наук (или министерства)	Статья	Старший конструктор	Руководитель разработки элементов подсистемы
5	Специалист с опытом работы 5 лет	27–30	Отчёт на уровне Главка	Отчёт на уровне Академии наук или министерства	Старший инженер	Участие в разработке подсистемы
4	Специалист с опытом работы 3–5 лет	25–27	Отчёт на уровне предприятия, института	Отчёт на уровне Главка	Младший научный сотрудник	Участие в разработке ряда элементов подсистемы
3	Молодой специалист	22–25	Отчёт на уровне отдела, лаборатории	Отчёт на уровне предприятия	Инженер	Участие в разработке одного элемента подсистемы
2		22 и менее		Отчёт на уровне отдела, лаборатории		
1			Не имеется	Не имеется		

Оценка, баллы	Проводимая в настоящее время сейчас или ранее научная работа по любой другой теме	Участие в международном научно-техническом сотрудничестве	Владение языками (свободно)	Источники Ваших аргументаций	Регулярность занятий спортом или зарядкой	Регулярность участия в культурных, зрелищных и прочих мероприятиях
1	8	9	10	11	12	13
12						
11						
10	Руководитель разработки системы	Чтение лекций в зарубежных вузах	Английский, французский и немецкий	Эксперимент исследования в данной области	Семь раз в неделю	Один раз в неделю
9	Руководитель разработки подсистем	Доклады на международных научных конференциях	Английский, французский и немецкий	Теоретические исследования в данной области	Шесть раз в неделю	Один раз в две недели
8	Руководитель разработки подсистемы	Сообщение на международных научных конференциях	Английский или французский и немецкий	Теоретические исследования в области фундаментальных наук	Пять раз в неделю	Один раз в месяц
7	Руководитель разработки ряда элементов подсистем	Участие в дискуссии на международных научных конференциях	Английский	Аналитическое обобщение в данной области	Четыре раза в неделю	Один раз в месяц
6	Руководитель разработки элементов подсистемы		Французский или немецкий	Участие в работах данной области	Три раза в неделю	Один раз в три месяца
5	Участие в разработке подсистемы	Не участвовал		То же	Два раза в неделю	Один раз в четыре месяца
4	Участие в разработке ряда элементов подсистемы	Не участвовал	Английский или французский или немецкий (пассивно)	Другие источники	Один раз в неделю	Один раз в полгода
3	Участие в разработке одного элемента подсистемы	Не участвовал	То же	То же	Не занимаюсь	Менее одного раза в полгода
2			Не владею		Не занимаюсь	Менее одного раза в полгода
1						

МЕТОД ВЗАИМНОЙ ОЦЕНКИ

Метод взаимной оценки относится к разряду методов попарного сравнения, при котором один эксперт оценивает компетентность другого в баллах по некоторой заданной шкале.

Работа начинается с отбора n -экспертов в состав группы на основе балльной оценки их лицом, проводящим экспертизу. Эти оценки сводятся в вектор-столбец

$$\alpha^0 = (\alpha_1^0, \alpha_2^0, \dots, \alpha_i^0, \alpha_n^0), \quad (7)$$

где α_i^0 – балльная оценка i -го эксперта лицом, проводящим экспертизу.

Этот вектор-столбец определяет исходную нулевую иерархию экспертов. Естественно считать, что оценки начальной компетентности всех экспертов, проводящих экспертизу, одинаковы и соответствуют понятию "удовлетворительно", ибо такая оценка является основанием для включения эксперта в группу.

Далее проводится взаимная оценка, результаты которой сводятся в матрицу:

$$\mathbf{B} = \|\alpha_{ij}\|, \quad \alpha_{ij} \geq 0, \quad (8)$$

где α_{ij} – балльная оценка компетентности i -го эксперта, данная j -м экспертом.

Приведём пример такой матрицы для случая, когда в группу вошли пять экспертов и шкала оценок изменяется от 0 до 2 баллов, где 0 – некомпетентность; 1 – удовлетворительная компетентность; 2 – исчерпывающая компетентность.

Вектор-столбец оценок экспертов, определённых организатором экспертизы, определён как

$$\alpha^0 = (\bar{1}, \bar{1}, \bar{1}, \bar{1}, \bar{1}). \quad (9)$$

Это означает, что он считает компетентность всех экспертов примерно равной и удовлетворительной с точки зрения выполнения задач экспертизы. Предположим, что матрица \mathbf{B} имеет вид

	1	2	3	4	5
1	1	2	0	0	0
2	0	1	2	2	2
3	2	0	1	1	2
4	2	0	1	1	0
5	2	0	0	2	1

Обратим внимание на то, что оценка организатора экспертизы образует диагональ матрицы и заменяет самооценки.

На основании матрицы \mathbf{B} имеется возможность прямого определения относительной значимости экспертов путём простого суммирования баллов их оценки.

Тогда относительная оценка i -го эксперта в баллах определится как

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}. \quad (10)$$

Здесь суммирование проводится по строкам матрицы \mathbf{B} . Подобная оценка является грубой, так как она не учитывает относительной значимости, веса эксперта, дающего оценку. Эта "тонкая" особенность может иметь на практике весьма существенное значение. В самом деле, из матрицы \mathbf{B} вытекает, что относительная компетентность экспертов определяется вектор-столбцом

$$\alpha^{(i)} = (3, 7, 6, 4, 5), \quad (11)$$

т.е. первый эксперт оказывается на последнем месте по значимости, но наиболее компетентный эксперт **A2** оценил его компетентность максимальной оценкой. Представляется странным, что эксперт **A1**, получивший от наиболее компетентного эксперта **A2** высшую оценку, занимает последнее место.

Для учёта относительной компетентности эксперта, дающего оценку, будем умножать выдаваемую экспертом оценку на показатель его компетентности, т.е.

$$\alpha_{ij}^{(k)} = \alpha_{ij}^{(k-1)} \alpha_o^{(k-1)}, \quad (12)$$

где k – цикл определения компетентности.

Отсюда следует, что вектор-столбец оценок компетентности экспертов на k -цикле определения их выражается рекуррентной формулой

$$\alpha^{(k)} = \mathbf{B}\alpha^{(k-1)} \quad (13)$$

Естественно, учёт указанных "тонких" особенностей экспертов меняет распределение компетентности; будем определять её повторно до тех пор, пока процесс распределения компетентности не сойдётся.

Математически процесс определения относительной компетентности экспертов в указанной постановке может рассматриваться как процесс преобразования неотрицательных матриц $\alpha_{ij}^{(k)} \geq 0$. Эти процессы исследуются в линейной алгебре и связаны с теоремой Перрона-Фробениуса [5].

В том случае, когда $\alpha_{ij}^{(k)} \geq 0$ и эксперты не разбиваются на две враждующие партии, считающие друг друга абсолютно некомпетентными, можно показать, что нормированное значение вектора-столбца, характеризующего относительную компетентность экспертов, сходится к некоторому определённому значению

$$\bar{\alpha} = \lim_{k \rightarrow \infty} \bar{\alpha}^{(k)}, \quad (14)$$

где $\bar{\alpha}^{(k)}$ – нормированное значение вектор-столбца относительной компетентности экспертов на k -цикле итерации.

Это означает, что относительная компетентность экспертов с учётом указанных ранее "тонких" особенностей может быть определена достаточно корректно в ходе итерационного процесса.

Подчеркнём, что если второе условие не выполняется, и эксперты разбиваются на враждующие партии, то экспертиза невозможна, ибо не будет выполнено условие объективности экспертов, и тогда состав экспертов следует пересмотреть. Поясним метод определения относительной компетентности на примере.

Пусть матрица и условия взаимной оценки компетентности заданы матрицей \mathbf{B} , тогда

$$\alpha^0 = (\bar{1}, \bar{1}, \bar{1}, \bar{1}, \bar{1})$$

и грубая оценка относительной компетентности экспертов определится вектор-столбцом

$$\alpha^{(1)} = (3, 7, 6, 4, 5),$$

как указывалось ранее.

Здесь первый эксперт оказывается на последнем месте $\alpha_1^{(1)}=3$, что противоречит мнению наиболее компетентного эксперта.

Попытаемся уточнить относительное распределение мест экспертов, проведя следующий этап итерации:

$$\alpha^{(2)} = \mathbf{B}\alpha^{(1)}.$$

В соответствии с правилами перемножения матриц получаем

$$\alpha^{(2)} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 2 & 2 & 2 & 7 \\ 2 & 0 & 1 & 2 & 2 & 6 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 4 \\ 2 & 0 & 2 & 1 & 1 & 5 \end{pmatrix} \times$$

$$\alpha_1^{(2)} = 3 + 2 \cdot 7 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 5 = 3 + 14 = 17,$$

$$\alpha_2^{(2)} = 3 \cdot 0 + 7 \cdot 1 + 2 \cdot 6 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 5 = 37 \text{ и т.д.}$$

$$\alpha^{(2)} = (17, 37, 26, 16, 19).$$

Видно, что произошло перераспределение мест, и первый эксперт теперь находится не на последнем, а на четвёртом месте. Продолжая эту процедуру, получаем

$$\alpha^{(3)} = (91, 159, 114, 76, 85).$$

Теперь первый эксперт вышел на третье место по компетентности:

$$\alpha^{(4)} = (409, 709, 545, 372, 419).$$

Первый эксперт вернулся на четвёртое место:

$$\alpha^{(5)} = (182, 3375, 2198, 1732, 1981).$$

Распределение мест стабилизировалось.

В нормированной шкале

$$\bar{\alpha}^{(5)} = (0,164; 0,304; 0,198; 0,156; 0,178) .$$

Таким образом, относительный вес и порядок важности экспертов будут таковы:

2 – 0,304
3 – 0,198
5 – 0,178
1 – 0,164
4 – 0,156.

Вопросы для самопроверки

1. Какие моменты включает подготовка к формированию субъективной оценки?
2. Какова задача оценки объекта экспертизы при системном проектировании?
3. К какой задаче сводится задача оценки объекта экспертизы?
4. В каких случаях применяются методы определения полезности с использованием первичных измерений?
5. В каких случаях используются аппроксимационные методы?
6. Какие способы являются наиболее эффективными при работе с экспертами?
7. В чём заключается способ интервьюирования при работе с экспертами? В чём состоят его достоинства?
8. Каково назначение анкеты при работе с экспертами?
9. За счёт каких факторов можно сформировать анкету, повышающую достоверность субъективных оценок?
10. К чему может привести при составлении анкет недостаточная детализация?
11. Как определить оптимальный уровень сложности анкеты?
12. Каким образом проводится численная оценка информативности анкеты?
13. Каким образом выделяется группа наиболее компетентных экспертов?
14. Каким образом определяется оценка важности вопросов, включаемых в анкету?
15. Какие существуют формы выражения оценки?
16. В чём заключается явное выражение оценки?
17. Какими могут быть оценки по способу формирования?
18. Каким образом выбираются шкалы оценок?
19. Какие шкалы оценок Вам известны?
20. В каких случаях используется шкала «да–нет»?
21. Что представляет собой ранговая шкала?
22. Каким образом формируются балльные оценки?
23. Какой должна быть зависимость между принимаемой шкалой и сложностью задачи?
24. Возможно ли в одной анкете использовать различные шкалы?
25. Каким образом формируются группы вопросов в анкете при использовании различных шкал оценок?
26. Какими критериями руководствуются при подборе экспертов?
27. Что такое компетентность эксперта?
28. Как Вы понимаете креативность эксперта?
29. Что такое антиконформизм эксперта?
30. Что позволяет эксперту давать практически значимые решения?
31. Необходимы ли эксперту такие качества, как коллективизм и самокритичность?
32. Какими факторами определяется численность группы экспертов?
33. Как Вы понимаете оценки компетентности по эталону?
34. Что значат взаимные оценки компетентности?
35. Какими факторами определяется степень компетентность эксперта?
36. Каким образом определяется интегральная компетентность эксперта?
37. К какому разряду относится метод взаимной оценки?
38. Каким образом определяется относительная компетентность эксперта?

9. СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЦЕНКИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Человек, индивидуум, эксперт, определяющий субъективные оценки на некотором множестве альтернатив, подходит к их определению с точки зрения известной ему цели выбора. Следовательно, субъективная оценка при системном проектировании является сопоставительной*, целенаправленной; она может рассматриваться до некоторой степени (в силу сопоставительного характера) как субъективный эквивалент критерия эффективности, отвечая, как и он, требованию интегральности, заменяя собой все характерные признаки оцениваемых альтернатив.

Основным требованием, предъявляемым к сопоставительным оценкам, является их транзитивность, определяющая возможность однозначного объективного выбора оптимальной альтернативы. Условием соблюдения транзитивности является единственность (или почти единственность) сопоставительной оценки.

Транзитивность – характерная особенность сопоставительных оценок человека. Они могут быть не транзитивны только тогда, когда человек недостаточно информирован. При наличии дополнительной и независимой исходной информации он способен, уточнив оценки, обеспечить транзитивность.

Вторым требованием, предъявляемым к сопоставительным оценкам, является их достоверность.

Достоверность оценки является наибольшей при использовании качественных шкал. Сопоставление способствует повышению достоверности оценок.

Поведение человека при выборе и механизм сопоставительной оценки человеком альтернатив стали проблематикой специальной ветви науки, которая получила название теории полезности. Следует отметить, что они преследовали разные цели (экономисты исследовали вопросы, связанные с реализацией товаров на рынке, социологи – вопросы предпочтения избирателей) и исходили из различных предпосылок.

Тем не менее, положения теории полезности могут быть использованы при решении задачи формирования методики получения и использования субъективных индивидуальных сопоставительных оценок, повышающий их достоверность. При этом необходимо учитывать разницу, существующую между выработкой и использованием субъективных сопоставительных оценок при системном проектировании и в экономико-социологических случаях.

В экономике и социологии человек, проводящий оценку, сам принимает и решение о выборе. При проектировании оценка может проводиться одними лицами (экспертами), а принятие решения о выборе – другими (конструкторами). Далее, при проектировании мера и шкала оценки выбираются организатором оценки, а не проводящим ее лицом, как в экономике и социологии. Эти особенности вызывают необходимость трансформации известных аксиом теории полезности применительно к рассматриваемому случаю.

В теории полезности субъективная оценка альтернативы – мера, с помощью которой целенаправленно определяют её качество, получила название полезности. *Полезность* – целенаправленная мера, определяемая относительно задачи оценки, которая ставится руководителем процесса оценки, и фиксируемая в документации. Таким образом, всегда имеется цель, относительно которой определяется полезность объекта оценки [6].

Полезность в силу своей единственности рассматривается как субъективная интегральная оценка объекта, соответствующая заданной шкале. Она заменяет собой всё конечное множество признаков, характеризующих объект. Поскольку шкала полезности выбирается проводящим экспертизу произвольно и место всех оцениваемых альтернатив на шкале также определяется произвольно, полезность должна быть отнесена к разряду субъективных сопоставительных оценок.

Таково представление теории полезности о мере, используемой человеком при субъективной оценке. Оно соответствует нашим исходным представлениям, сформулированным ранее.

Перейдём к вопросу о методе определения этой меры человеком и свойствах этой меры.

В соответствии с общими положениями теории полезности полезность объекта должна определяться на основе опроса лица, проводящего оценку эксперта. Определение это проводится в условиях неопределённости, когда нет полной уверенности в правильности принятой оценки. Следовательно, определение полезности связано с риском. В силу этого теория полезности рекомендует придерживаться вероятностной процедуры при определении полезности, хотя ситуации, в которых проводятся оценки, не повторяются. Считается, что использование вероятностной процедуры поможет исключить или уменьшить колебания при выборе оптимальной альтернативы на базе представления об ее полезности. В соответствие с этой процедурой полагается, что полезность альтернативы равна сумме средних значений полезности её исходов*. Сопоставительный характер полезности как оценки делает необходимым использовать это понятие только в случае одновременной оценки, некоторого определённого и конечного множества альтернатив.

Для обеспечения в этом случае необходимой транзитивности оценок, оценка полезности должна быть единственной, или почти единственной. Выполнение этого условия обеспечивается с помощью определённых ограничений, накладываемых на это понятие.

Эти ограничения вытекают из сложившегося представления о психической деятельности человека. Они представляют собой лингвистическую модель психической деятельности человека при сопоставительной оценке некоторого множества объектов.

Выпишем лингвистическую модель теории полезности [6] применительно к задачам проектирования.

1. Каждому объекту оценки φ_i соответствует действительное неотрицательное число $u(\varphi_i)$, которое рассматривается как показатель полезности φ_i .

2. Если объект φ_i более важен, чем объект φ_j , то

* Под сопоставительной оценкой понимаем оценку, служащую для выбора оптимальной альтернативы из некоторого множества возможных.

* Под исходами понимаются последствия, которые влекут за собой выбор данной альтернативы.

$$u(\varphi_i) > u(\varphi_j). \quad (19)$$

3. Если объекты φ_i и φ_j равноценны, то

$$u(\varphi_i) = u(\varphi_j). \quad (20)$$

4. Если полезности $u(\varphi_i)$ и $u(\varphi_j)$ соответствуют совместным объектам φ_i и φ_j , то результату суммарного использования φ_i и φ_j соответствует полезность

$$u(\varphi_i + \varphi_j) = u(\varphi_i) + u(\varphi_j), \quad (21)$$

Если же объекты φ_i и φ_j несовместимы, то данное допущение не выполняется. В таких случаях общий результат невозможен и пользоваться оценкой $u(\varphi_i) + u(\varphi_j)$ нельзя.

5. В том случае, когда альтернатива φ является сложной, т.е. влечёт за собой исход φ_1 или φ_2 ,

$$u(\varphi) = pu(\varphi_1) + (1-p)u(\varphi_2). \quad (22)$$

Здесь полагается, что вероятность появления исхода φ_1 равна p , а вероятность появления исхода φ_2 равна $1-p$, т.е. полезность сложной альтернативы равна сумме средних полезностей её исходов. Последнее выражение называется индексом (показателем) Неймана-Моргенштерна по имени предложивших его учёных.

Отметим, что данная лингвистическая модель полезности не противоречит общим представлениям о мере [7]. Выбор полезности как меры субъективной оценки оправдан.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой субъективная оценка?
2. Какие требования предъявляются к сопоставительным оценкам?
3. Что такое транзитивность?
4. Что обозначает достоверность оценки?
5. Как Вы понимаете полезность объекта оценки?
6. Каким образом определяется полезность? Что такое шкала полезности?
7. Что представляет собой лингвистическая модель теории полезности применительно к задачам проектирования?
8. Является ли полезность мерой субъективной оценки?

10. МЕТОДИКА ОПРОСА ЭКСПЕРТА

Перейдём к изложению методики опроса эксперта (изложению анкеты опроса) с целью определения полезности некоторого множества альтернатив при системном проектировании.

Пусть требуется определить полезность пяти альтернатив:

$$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4 \text{ и } \varphi_5.$$

Пусть проводящий экспертизу (или может быть и сам эксперт) выбрал шкалу оценок от 0 до 10.

Далее порядок оценки таков:

1. Эксперту предлагается осуществить частичное ранжирование альтернатив по важности, т.е. определить из состава альтернатив наиболее и наименее предпочтительные. Предположим, что наименее предпочтительной альтернативой определена φ_1 и наиболее предпочтительной – φ_5 .

2. Эксперту предлагается определить полезность наиболее и наименее предпочтительных альтернатив. Поскольку абсолютные значения полезности определяются произвольно, можно считать, что

$$u(\varphi_1) = 0 \quad \text{и} \quad u(\varphi_5) = 10. \quad (23)$$

Такие значения обеспечивают наиболее полное использование выбранной шкалы и, следовательно, наиболее удобное сравнение альтернатив.

3. Эксперту предлагается приступить к определению полезностей промежуточных альтернатив φ_2 , φ_3 и φ_4 . Определение производится с использованием индекса Неймана-Моргенштерна.

Так, для того чтобы определить полезность – $u(\varphi_4)$, используется выражение

$$u(\varphi_4) = pu(\varphi_5) + (1 - p)u(\varphi_1) . \quad (24)$$

При этом эксперт должен определить, при каком значении вероятности реализации оценки $u(\varphi_5)$ он считает по полезности альтернативу φ_4 эквивалентной сумме альтернатив φ_5 и φ_1 .

Предположим, что для этого случая $p = 0,99$, тогда

$$u(\varphi_4) = 0,99 \cdot 10 + 0,01 \cdot 0 = 9,9. \quad (25)$$

Аналогичным образом определяют $u(\varphi_3)$ и $u(\varphi_2)$.

Полученные значения u наносят на график в координатах $u = u(\varphi_i)$ и соединяют кривой, которая называется функцией полезности (рис. 5).

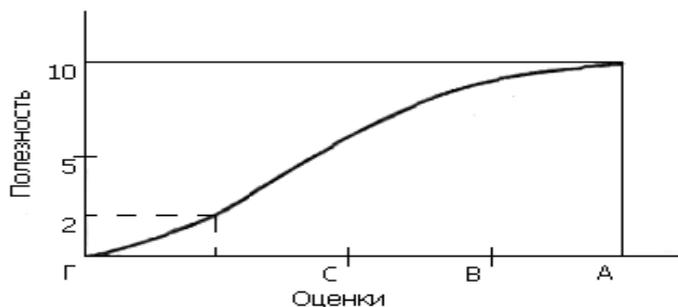


Рис. 5. Кривая полезности

Из сказанного вытекает, что основными факторами, определяющими достоверность (поскольку полезность есть сопоставительная оценка объекта, достоверность рассматривается как эквивалент понятия сопоставительной точности) субъективных оценок эксперта, являются:

- знание цели экспертизы;
- размер шкалы и её использование;
- характер оценок, которые должен давать эксперт (количественные или качественные);
- ресурсы, выделенные на экспертизу (время, отведённое на оценку).

С психологией эксперта, проводящего оценку, непосредственно связаны два фактора: характер оценок и ресурсы времени.

Психологами установлено, что достоверность качественных оценок, даваемых человеком, выше достоверности количественных оценок, и человек способен уточнять оценки методом последовательных приближений. Отсюда следует считать, что эти два фактора могут быть использованы в целях повышения достоверности субъективных оценок эксперта.

Вопросы для самопроверки

1. Каким образом определяется полезность альтернатив?
2. Как эксперт определяет полезность одной альтернативы, эквивалентной сумме других альтернатив?
3. Назовите основные факторы, определяющие достоверность субъективных оценок эксперта.
4. Какие факторы связаны с психологией эксперта, проводящего оценку?
5. Какие факторы используются в целях повышения достоверности субъективных оценок эксперта?

11. МЕТОД ИТЕРАЦИЙ

Приведём описание метода субъективной оценки экспертом, использующим эти возможности повышения достоверности. Назовём его условно *методом последовательных приближений (итераций)*.

В данном методе последовательное уточнение величин полезностей оцениваемых альтернатив осуществляется за счёт использования принципа транзитивности предпочтений, определяемых на рассматриваемом множестве исходов.

В методе итераций полная оценка осуществляется за несколько циклов. Как и во всех методах, работа начинается с эвристического выбора шкалы оценок. Шкала задаётся в виде некоторого интервала действительных переменных.

В ходе первого цикла опроса эксперт ранжирует рассматриваемое множество альтернатив по признаку полезности их и затем эвристически устанавливает предварительные оценки полезности каждой альтернативы по принятой шкале.

На втором цикле эксперт образует из множества оцениваемых альтернатив множество, включающее как оцениваемые альтернативы, так и их комбинации (их суммы). Определяя предпочтение на этом новом множестве, эксперт получает новую информацию о предпочтении. Последняя, используемая совместно с принципом транзитивности предпочтений, позволяет провести уточнение полезности альтернатив. При этом полагается, что ответы на вопросы второго цикла не определяются полностью исходным мнением экспертов о полезности альтернатив.

Так, если эксперт на первом цикле определил полезность некоторых альтернатив φ_1 , φ_2 и φ_3 как и $u(\varphi_1) = 0,7$, $u(\varphi_2) = 0,5$ и $u(\varphi_3) = 0,4$, то это не обязательно означает, что на втором цикле он будет утверждать, что альтернатива φ_1 менее предпочтительнее, чем сумма альтернатив φ_2 и φ_3 . Таким путём обеспечивается последовательное улучшение достоверности оценок.

Поясним сказанное примером. Пусть проводится оценка четырёх альтернатив φ_1 , φ_2 , φ_3 и φ_4 . При этом установлено, что шкала полезности соответствует действительным числам, лежащим в интервале $0 \dots 1$.

Последовательность определения полезности событий такова.

1. Эксперт ранжирует оценки альтернатив на принятой шкале. Предположим, что им установлено

$$u(\varphi_1) > u(\varphi_2) > u(\varphi_3) > u(\varphi_4). \quad (26)$$

2. Эксперт присваивает наибольшее возможное значение полезности наиболее важной с его точки зрения альтернативе, а некоторые другие значения полезности – всем остальным альтернативам, причём величины полезности отражают установленную экспертом степень значимости альтернатив (32). Пусть им установлено, что

$$u(\varphi_1) = 1,00; u(\varphi_2) = 0,80; u(\varphi_3) = 0,50; u(\varphi_4) = 0,30. \quad (27)$$

Установленные значения полезности следует рассматривать как первое приближение истинных полезностей рассматриваемых альтернатив φ_1 , φ_2 , φ_3 и φ_4 .

3. Эксперт сравнивает альтернативу φ_1 с суммарной альтернативой, $\varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4$, т.е. выясняет, что он предпочтет, если ему будет предоставлена свобода выбора: альтернативу φ_1 или сумму альтернатив φ_2 , φ_3 и φ_4 . Предположим, что эксперт предпочтет φ_1 , тогда для обеспечения транзитивности оценок значение полезности альтернативы φ_1 ему следует изменить таким образом, чтобы выполнялось неравенство

$$u(\varphi_1) > u(\varphi_2) + u(\varphi_3) + u(\varphi_4). \quad (28)$$

Например, можно принять $u(\varphi_1) = 2,00$; $u(\varphi_2) = 0,8$; $u(\varphi_3) = 0,5$; $u(\varphi_4) = 0,3$.

Отметим, что первоначальные значения полезности альтернатив φ_2 , φ_3 и φ_4 , оставлены при этом без изменений. Это определяется стремлением к последовательному уточнению оценок в порядке $u(\varphi_1)$, $u(\varphi_2)$, $u(\varphi_3)$ и $u(\varphi_4)$.

4. Эксперт сравнивает полезность φ_2 с φ_3 и φ_4 . Предположим, что суммарный результат φ_3 и φ_4 более предпочтителен, т.е. $u(\varphi_3) + u(\varphi_4) > u(\varphi_2)$. Тогда требуется дальнейшее изменение значений полезности альтернатив. Предположим, что экспертом принято, что

$$u(\varphi_1) = 2,00; u(\varphi_2) = 0,7; u(\varphi_3) = 0,5; u(\varphi_4) = 0,3. \quad (29)$$

Теперь все значения полезностей удовлетворяют требованиям транзитивности, выявленных экспертом в результате определения предпочтений на новом множестве объектов.

5. Экспертом определение значений полезностей на базе сравнения условий обеспечения транзитивности закончено. Осталось определить положение событий на принятой шкале полезностей. Для этого достаточно нормировать полученные оценки, разделив их на сумму полезностей $\sum_i u(\varphi_i)$, которая в рассматриваемом случае равна 3,50. В результате получим

$$u(\varphi_1) = 0,57; u(\varphi_2) = 0,2; u(\varphi_3) = 0,14; u(\varphi_4) = 0,09. \quad (30)$$

Эти значения полезностей и следует рассматривать как окончательные, удовлетворяющие как принятой шкале полезностей, так и условиям транзитивности.

Сравнивая два описанных метода определения субъективных сопоставительных оценок, представляется, что предпочтение должно быть отдано методу итераций, так как при этом методе численные оценки подвергаются уточнениям на основании оценок, имеющих качественный характер (оценки предпочтения), в то время как в первом методе численные оценки величины p , не подвергающиеся никакому уточнению, должны определяться субъективно. Нет, однако, сомнения, что метод последовательного уточнения может быть реализован и для величины p .

Следует также отметить, что оба приведённых метода определения полезностей базировались на вероятностных и лингвистических моделях поведения человека при выборе, предложенном фон-Нейманом. Их следует рассматривать как предположительные.

Позже Фишборном* были предложены другие системы аксиом и другие доказательства.

Таковы аксиомы:

- каждое решение воспринимается по его результату;

* Fishburn P.C. Utility Theory. Management Science. Vol. 4. № 5 January. P. 335 – 378.

- любое решение относительно другого решения может быть оценено и т.д.

На базе этих аксиом Фишборном отработана методика определения приближённых оценок полезности.

Основой методики является качественная оценка характера множества альтернатив. Предполагается, что состояние среды постоянно, и полезность принимает значения от 0 до 1.

Оценки альтернатив рассматриваются для четырех ситуаций:

1. При полной неупорядоченности множества альтернатив $\varphi_1, \dots, \varphi_m$ для заданного состояния среды при любых φ_i и φ_j получим, что $\varphi_i > \varphi_j$, и в качестве оценки значения функции полезности $u(\varphi_k)$ или $\varphi_k \in D_\varphi$ используется величина

$$\hat{u}(\varphi_k) = \frac{1}{m}, \quad (k = 1, \dots, m). \quad (31)$$

2. В случае, когда множество альтернатив с точки зрения предпочтений представляет собой цепь (случай полной транзитивности) вида

$$\varphi_1 \geq \varphi_2 \geq \dots \geq \varphi_m. \quad (32)$$

Для оценки значений функции полезности может использоваться выражение

$$\hat{u}(\varphi_k) = \frac{2(m-k+1)}{m(m+1)}, \quad (k = 1, \dots, m). \quad (33)$$

3. При наличии так называемой "сильной транзитивности" альтернатив

$$\varphi_k \geq (\varphi_{k+1} \wedge \varphi_{k+2} \wedge \dots \wedge \varphi_m), \quad (34)$$

где \wedge – логический знак конъюнкции (знак "и").

Для оценки функции полезности в этом случае может использоваться выражение

$$\hat{u}(\varphi_k) = \frac{2^{m-k}}{2^{m-1}}, \quad (k = 1, \dots, m). \quad (35)$$

4. При наличии частных оценок вида

$$\alpha_k \leq \hat{u}(\varphi_k) \leq \alpha_k + \varepsilon_k, \quad (36)$$

где $\alpha_k > 0$ и $\varepsilon_k > 0$.

Для оценки значений функции полезности может использоваться выражение

$$\hat{u}(\varphi_k) = \alpha_k + \frac{\varepsilon_k \left(1 + \sum_{k=1}^m \alpha_k \right)}{\sum_{k=1}^m \varepsilon_k}. \quad (37)$$

Практикам можно рекомендовать использовать те методы определения оценок, которые связаны с моделью в наибольшей степени, соответствующей конкретной ситуации [8].

Приведённый материал даёт основание считать возможной индивидуальную субъективную сопоставительную оценку альтернатив на базе теории полезности. При этом условием увеличения достоверности сопоставительных оценок является использование:

- всего диапазона выбранных шкал оценок;
- предварительных качественных оценок;
- методов сопоставления оценок и принципа транзитивности в целях уточнения оценок.

Вопросы для самопроверки

1. С какой целью используется метод последовательных приближений (итераций)?
2. За счёт чего в методе итераций происходит уточнение величин полезностей оцениваемых альтернатив?
3. С чего начинается работа метода итераций?
4. Сформулируйте работу метода итераций на первом и втором цикле работы?
5. Какова последовательность определения полезности событий?
6. В чём заключаются достоинства метода итераций?
7. В чём заключается методика определения приближенных оценок полезности?

8. Что является основой методики определения приближенных оценок полезности?
9. Что является условием увеличения достоверности сопоставительных оценок?
10. Какие методы рекомендуется использовать практикам для определения оценок?

12. НЕФОРМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРТИЗЫ

Классификационная структура неформальных методов оценивания результатов экспертизы может быть представлена оценкой экспертизы, осуществляемой:

- а) в форме ранжирования;
- б) в количественном выражении по непрерывной шкале;
- в) в количественном выражении по способу парных сравнений;
- г) в бальном выражении;
- д) в лингвистическом выражении.

Примеры возможных конечных результатов для всех разновидностей неформальных методов оценивания результатов экспертизы приведены в табл. 4. Рассмотрим каждый из этих методов.

Оценка экспертизы осуществляется в форме ранжирования. Пусть r_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$) есть ранг, присвоенный i -му элементу j -м экспертом.

4. Классификация и возможные результаты разновидностей экспертных оценок

Форма выражения оценки		Способ формирования оценки	
		непосредственный	сравнительный
Неявное	Линейное ранжирование	Не имеет места	Последовательность элементов в соответствии с их рангом
	Групповое ранжирование	Не имеет места	Несколько последовательностей с расположением их по рангам
Явное	Количественная	По непрерывной шкале	1. Групповые оценки объектов, параметров, явлений. 2. Веса оцениваемых элементов
		Бальная	
	Лингвистическая	1. Согласованная лингвистическая оценка. 2. Количественная оценка	

Обработка результатов заключается в построении обобщенной ранжировки. Для этого вводится конечномерное дискретное пространство ранжировок и метрика этого пространства. Ранжировка каждого эксперта представляется точкой в данном пространстве, а обобщенная – такой точкой в нём, которая наилучшим образом согласуется с точками, являющимися ранжировками экспертов. Однако определение обобщенной ранжировки представляется чрезвычайно сложной процедурой, что существенно ограничивает возможности практической реализации. Поэтому излагать здесь эту процедуру не будем, заинтересованным рекомендуем обратиться к специальным публикациям.

Более простым является метод ранжирования по величинам сумм рангов, присвоенных каждому элементу всеми экспертами. В этих целях для матрицы $\|r_{ij}\|$ вычисляются величины $r_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) и элементы упорядочиваются по возрастанию величины r_i .

Оценка экспертов осуществляется в количественном выражении по непрерывной шкале. Пусть x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$) есть оценка i -го элемента j -м экспертом. Тогда в самом простом случае групповая оценка определяется как среднее арифметическое оценок экспертов, т.е.

$$x_i = \left(\sum_{j=1}^m x_{ij} \right) / m.$$

Для более точного определения x_i весов вводится понятие весов оценок экспертов как некоторой меры близости их к групповой оценке. В этом случае групповая оценка вычисляется по рекуррентной процедуре, имеющей вид

$$\begin{aligned} x_i^t &= \sum_{j=1}^m x_{ij} K_j^{t-1} (j=1, 2, \dots, m), t=1, 2, \dots; \\ K_j^t &= \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij} x_i^t}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} x_i^t} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m); \\ K_0 &= \frac{1}{m}. \end{aligned}$$

Доказано, что сходимость этой процедуры обеспечивается практически во всех случаях.

Заметим, однако, что приведённая рекуррентная процедура справедлива лишь для случая нормированных оценок группы взаимооцениваемых элементов. В случае же ненормированных оценок или независимого оценивания отдельных элементов групповая оценка может быть вычислена по такой же (тоже рекуррентной процедуре):

$$\begin{aligned} x_i^t &= \left(\sum_{j=1}^m x_{ij} \right) K_j^{t-1}; \\ K_j^t &= 1 - \frac{|x_{ij} x_i^t|^2}{\sum_{j=1}^m |x_{ij} x_i^t|^2}; \\ K^0 &= 1/m. \end{aligned}$$

Оценка экспертов осуществляется в количественном выражении по способу парных сравнений. Пусть $\left(\frac{W_i}{W_{i'}} \right)_j (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ есть степень предпочтения i -го элемента над элементом i' , оценённая j -м экспертом.

Степень предпочтения всех элементов относительно всех других образуют матрицу $\left\| \frac{W_i}{W_{i'}} \right\|_j$. Такую матрицу формирует каждый эксперт. Обработка каждой матрицы осуществляется в такой последовательности:

1-й шаг – вычисляются значения собственных векторов строк матрицы:

$$a_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \left(\frac{W_i}{W_{i'}} \right)_j}, (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m).$$

2-й шаг – вычисляются нормированные значения собственных векторов:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m).$$

Вектор $\overline{x_{ij}}$ называется вектором приоритетов j -го эксперта.

3-й шаг – вычисляются значения локальных приоритетов каждого эксперта:

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \left(\frac{W_i}{W_1} \right)_j x_{1j} + \left(\frac{W_i}{W_2} \right)_j x_{2j} + \dots + \left(\frac{W_i}{W_n} \right)_j x_{nj}, \\ & i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m. \end{aligned}$$

4-й шаг – на основе величин y_{ij} по процедуре, изложенной ранее, определяются значения групповых оценок $y_i (i = 1, 2, \dots, n)$.

Оценка экспертов осуществляется в бальном выражении. Пусть b_{ij} есть балл, присвоенный i -му элементу j -м экспертом. Тогда коэффициент относительной важности i -го элемента определяется по следующей зависимости:

$$B_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}} .$$

Нетрудно видеть, что в данном случае может быть построена рекуррентная процедура аналогично тому, как это представлено выше.

Оценки экспертов осуществляются в лингвистическом выражении. Согласно табл. 4 в данном случае могут быть получены две групповые оценки: лингвистические значения оцениваемых элементов и/или количественная оценка. Лингвистические оценки могут быть получены процедурой "голосования", т.е. выбором того значения, которое дано большинством экспертов. Для элементов повышенной значимости может быть использовано правило квалификационного большинства ("за" – не менее 75% оценок экспертов).

Количественная групповая оценка по совокупности оценок лингвистических может быть определена следующим образом [9]. Пусть, например, каждому эксперту предлагается дать лингвистическую оценку требуемого уровня защиты информации на конкретном объекте одним из следующих значений: 1) не нужна; 2) невысокая; 3) средняя; 4) высокая; 5) очень высокая. Кроме этого каждый эксперт приводит тот диапазон на шкале 0–1, в котором, по его мнению, находится его оценка. Тогда в качестве количественной его оценки может быть принята середина указанного интервала, а затем оценки всех экспертов могут быть обработаны по методике, рассмотренной выше.

Такая лингвистико-количественная экспертиза особенно целесообразна в тех случаях, когда оценке подвергается сложное многофакторное событие с высоким уровнем неопределенности.

Вопросы для самопроверки

1. Какова классификационная структура неформальных методов оценивания результатов экспертизы?
2. В чём суть оценки экспертизы в форме ранжирования?
3. Как может определяться групповая оценка экспертов?
4. Что представляет собой рекуррентная процедура вычисления групповой оценки?
5. Как Вы понимаете оценку экспертов, которая осуществляется в количественном выражении по способу парных сравнений?
6. Сформулируйте порядок обработки матриц для получения оценки эксперта в количественном выражении по способу парных сравнений?
7. Что представляет собой оценка экспертов, осуществляемая в бальном выражении?
8. Сформулируйте суть оценки экспертов, осуществляемой в лингвистическом выражении?
9. Какой процедурой могут быть получены лингвистические оценки?
10. Каким образом определяется количественная групповая оценка по совокупности лингвистических оценок?
11. В каких случаях целесообразна лингвистико-количественная экспертиза?

13. РИСК ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

13.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Принятие того или иного решения практически всегда, связано с риском. Риск включает неуверенность, произойдёт ли нежелательное событие и возникнет ли неблагоприятное состояние. Недостаток информации роднит риск с принятием решений в условиях недетерминированных параметров.

Понятие риска связано с представлением о возможных или грозящих событиях с катастрофическими последствиями и потерями, которых следует избежать любой ценой.

Величина риска определяется как произведение величины события на меру возможности его наступления. Мерой возможности наступления события служит вероятность q его наступления. Отсюда следует, что величина риска количественно определяется как

$$R = Aq .$$

При угрозе материальным ценностям степень риска часто измеряется в денежном выражении. Если различные последствия нежелательного события одинаковы или очень велики, то для сравнения достаточно рассматривать одни

соответствующие вероятности. На практике возможна угроза ценностям, которые нельзя выразить количественно, например, когда последствия событий нельзя предусмотреть достаточно полно (выход из строя прибора, используемого в различных отраслях производства). При риске, связанном со здоровьем, последствия количественно могут быть оценены только частично в таких категориях, как простои в работе, расходы, связанные с оплатой подменяющего персонала и т.п. При риске, связанном с летальным исходом, количественные оценки последствий в большинстве случаев отсутствуют, но тем не менее при существовании угрозы жизни людей в большинстве случаев работают. Особые проблемы возникают, когда опасность грозит и материальным ценностям, и людям одновременно. Здесь риск целесообразно выражать в векторной форме с соответствующими весовыми коэффициентами.

Риск может быть также связан с факторами, неподдающимися учёту (эстетический вред, нанесённый ландшафту, историческим памятникам и т.п.).

Рассмотрение риска проводится в несколько стадий:

1. Учёт: причины, результат.
2. Оценка: субъективная оценка, сравнение, многоцелевая оценка.
3. Решение: варианты, факторы неподдающиеся учёту.

В источниках риска разбираются путём систематического анализа. Вспомогательным средством является построение дерева ошибок. Последствия задаются применительно к конкретной проблеме. Результатом стадии анализа (учёте рискованных ситуаций) является выявленный и, насколько возможно, количественно описанный риск.

Оценка риска целиком и полностью зависит от его вида. При угрозе материальным ценностям возможный ущерб выражается количественной оценкой, пусть даже и приблизительной.

Субъективные оценки риска сильно отклоняются от известных частот реализаций тех или иных нежелательных событий. При этом значение риска субъективно привлекательной деятельности обычно занижается, а риск событий, на которые оценивающему лицу трудно или невозможно оказать влияние, наоборот, обычно переоценивается. Кроме того, субъективные оценки со временем меняются, поэтому эти оценки не могут быть положены в основу технических решений. Надёжные исходные предпосылки для оценки риска даёт сравнение рискованной ситуации с аналогичными ситуациями, возникавшими в прошлом. Подобные оценки применяются главным образом только к основному риску.

При оценке риска, связанного с угрозой жизни и материальном ущербе, целесообразно использовать многоцелевую оценку. Здесь, прежде всего, исключают все нерациональные варианты, так как может быть получен результат в виде единственного оптимального решения. Любой математический алгоритм оценки риска должен исходить из того, что установлен экономический эквивалент угрозы, который должен быть обоснован в том смысле, что он соответствует затратам, которые общество при данных условиях может себе позволить, чтобы предотвратить или уменьшить угрозу. Необходимо воспрепятствовать тому, чтобы, с одной стороны, ценой больших затрат был уменьшен и без того незначительный риск, а с другой стороны – чтобы оставался большой риск, который можно было устранить с небольшими затратами. При многоцелевых решениях такой эквивалент не удаётся получить без влияния субъективных факторов. Однако, подобные эквиваленты делают ясным риск при принятии решений и помогают лучше определить ответственность за сделанную оценку.

Этапы процедуры принятия решения с риском делят на следующие группы решений:

- с уменьшением риска;
- с минимизацией риска;
- с оптимизацией риска.

Порядок перехода от одной группы решений к другой должен следовать строго указанной последовательности. В заключение следует субъективно определить влияние неподдающихся учёту факторов.

Решения, связанные с риском всегда остаются сомнительными, так как нельзя заранее определить затраты для чёткого разделения во всех случаях оправданного и неоправданного риска. Проконтролировать был ли оправдан риск удаётся всегда только после наступления нежелательного события, и возможно это только при оправданных убытках.

13.2. ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ РИСКА

Количественное описание риска опирается на теоретико-вероятностный подход [10].

Пусть $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ множество всех возможных неблагоприятных событий. В конкретной ситуации одновременно могут наступать многие из этих событий. Каждое мыслимое сочетание таких событий обозначается C . Множество всех возможных сочетаний K называется булеаном S (множество всех подмножеств). К K целесообразно причислить как само множество S , так и пустое множество \emptyset , тогда определенное сочетание K является подмножеством неблагоприятных событий множества S : $K = \{s_{k1}, s_{k2}, \dots, s_{ki}\}; s_{kj} \in S, j = 1, \dots, l$. В множестве всех сочетаний можно выполнять обычные операции алгебры множеств.

Пусть с некоторым рискованным вариантом решения E_i связаны элементарные сочетания неблагоприятных событий $K_{i1}, K_{i2}, \dots, K_{iki}$. Формула "элементарные сочетания неблагоприятных событий" означает, что никакое собственное подмножество сочетания K_{ij} не может само встречаться как сочетание неблагоприятных событий. Если N_i гарантированное отсутствие неблагоприятных событий для рискованного варианта решения E_i , то $K_i = \{K_{i1}, K_{i2}, \dots, K_{iki}, N_i\}$ образует полную связанную с решением E_i систему событий.

Каждому сочетанию неблагоприятных событий $K_{ij} (j = 1, \dots, k_i)$, которое может реализоваться в результате принятия решения $E_i \in E$, а также событию N_i приписываются вероятности $p_i(K_{ij})$ и $p_i(N_i)$:

$$0 \leq p_i(K_{ij}) \leq 1, \sum_{j=1}^{k_i} p_i(K_{ij}) + p_i(N_i) = 1.$$

Если каждому сочетанию K_{ij} может быть поставлено в соответствие количественное описываемое последствие A_{ij} , то величина сопутствующего решению E_i риска R_i определяется формулой

$$R_i = \sum_{j=1}^{k_i} A_{ij} p_i(K_{ij}).$$

Величина K_j представляет среднюю – ожидаемую величину ущерба при принятии варианта решения E_j .

В некоторых случаях под риском можно понимать просто вероятность наступления определённого сочетания неблагоприятных событий $S_0 \in K_i$. Такой подход целесообразен, когда последствия A_{j0} риска для E_j и S_0 не даны.

При использовании функции-индикатора $S_i \rightarrow I_0(S_i)$, определяемой условиями

$$\begin{aligned} I_0(S_i) &= 1 \text{ при } S_i = S_0, S \in K_i; \\ I_0(S_i) &= 0 \text{ при } S_i \neq S_0; \\ A_{ij} &= I_0(S_i), \end{aligned}$$

риск определяется как

$$R_i = p_i(S_0).$$

Если при принятии решения E_i все вероятности реализации сочетания неблагоприятных событий $K_{ij} \in K_i$ одинаковы, т.е. $p_i(K_{ij}) = p_i$, то

$$R_i = p_i \sum_{j=1}^{k_i} A_{ij} p_i.$$

Здесь особый интерес представляют два частных случая.

Если для двух взаимоисключающих сочетаний K_{ij} и K_{il} , $j \neq l, K_{ij} \cap K_{il} = 0$ справедливо равенство

$$A_i(K_{ij} \cup K_{il}) = A_i(K_{ij}) + A_i(K_{il}),$$

то в этом случае говорят об аддитивных штрафных функциях и соответственно аддитивных функциях риска.

Для сочетаний, состоящих из единственного неблагоприятного события $K_{i1} = \{s_1\}, K_{i2} = \{s_2\}, \dots, K_{in} = \{s_n\}$, справедливо соотношение

$$A_i(s_1 \cup s_2, \dots, s_n) = A_i(s_1) + A_i(s_2) + \dots + A_i(s_n),$$

и риск определяется как

$$R_i = \sum_{s \in S} A_i(s) p_i(s).$$

13.3. ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСК

Технические риски сопутствуют строительству новых объектов и их дальнейшей эксплуатации. Установки и приборы подвергаются опасности при возрастании нагрузки. Если при этом будет превзойдён допустимый предел (например, прочности), произойдёт выход из строя и т.д.

Технический риск характеризуется вероятностью превышения предела p . Если X и Y – случайные переменные, причем X характеризует нагрузку, а Y – несущую способность, то для технического риска справедливо соотношение

$$R_i = p = p(X > Y),$$

что в случае существования плотностей вероятности f_X и f_Y соответственно для нагрузки и несущей способности и при стохастической независимости X и Y даёт

$$R_t = p = \int_{-\infty}^0 \left(\int_{-\infty}^{\infty} f_X(u-v) f_Y(u) du \right) dv.$$

Если можно описать временной ход нагрузки X и несущей способности Y плотностями вероятности $f_X(x,t)$ и $f_Y(y,t)$ соответственно, то риск определяется как

$$R_t(t) = p(t) = \int_{-\infty}^0 \left(\int_{-\infty}^{\infty} f_X(u-v,t) f_Y(u,t) du \right) dv.$$

Если существует множество независимых друг от друга величин нагрузки X_i и соответствующих несущих способностей Y_i , $i = 1, \dots, n$, то справедливо соотношение

$$R_t = p = 1 - \prod_{i=1}^n p_i(Y_i < X_i).$$

При некоторых известных условиях задачу определения технического риска можно облегчить, предполагая наличие односточечного распределения, исходя при этом из наиболее неблагоприятного случая и моделируя решаемую задачу путём соответствующего преобразования формул для случая принятия решения в условиях неопределённости.

13.4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РИСК

В некоторых случаях последствия при конкретной нагрузке X и несущей способности Y можно описать функцией $a : (X, Y) \rightarrow a(X, Y)$. Критическим случаем является случай, когда несущая способность ниже уровня нагрузки – $Y < X$. Теоретически можно было бы утверждать, что $a(X, Y) = 0$ для $Y \geq X$ и $a(X, Y) = 1$ для $Y < X$. Однако, данные практики показывают, что иногда первые признаки разрушения появляются ещё до достижения нагрузкой несущей способности, и наоборот, в других случаях, при нагрузке, превышающей несущую способность, конструкция ещё не работает. Таким образом, ограничение функции $(X, Y) \rightarrow a(X, Y)$ всего двумя значениями – 0 и 1 может оказаться очень грубым.

При стохастической независимости нагрузки X и несущей способности Y и данных плотностях вероятности f_X и f_Y ожидаемых случайных величин $a(X, Y)$ определяют экономический риск

$$R_3 = \int_{X=-\infty}^{\infty} \int_{Y=-\infty}^{\infty} a(X, Y) f_Y(Y) f_X(X) dXdY.$$

Для определённого данного значения нагрузки X условное математическое ожидание риска определяется как

$$R_3(X) = \int_{Y=-\infty}^{\infty} a(X, Y) f_Y(Y) dY.$$

13.5. УГРОЗА БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ

При эксплуатации технических средств возможна угроза безопасности людей, которая определяется двумя категориями влияний – представляющими угрозу событиями и попаданием в опасную зону.

Если в случае угрозы риска людям можно задать функцию риска, то в этом случае будут справедливы соотношения, аналогичные формулам определения технико-экономического риска. В противном случае, как и в случае технического риска, необходимо применять в качестве меры риска вероятность угрозы, но дополнительно следует рассматривать ещё ряд связей.

Как правило, представляющие угрозу события и попадание в опасную зону – явления случайные, поэтому в предположении равномерных распределений анализ во временной области даёт следующие выражения для вероятности наступления представляющего угрозу события

$$p_E = T_E / T$$

и для вероятности попадания в опасную зону

$$p_A = T_A / T,$$

где T_E – суммарная продолжительность представляющего угрозу события; T_A – продолжительность пребывания в опасной зоне; T – весь рассматриваемый интервал времени.

Как видно из записанных выше соотношений, вероятности выражаются отношением интервалов времени.

Если представляющее угрозу событие E и пребывание в опасной зоне событие A независимы, то для вероятности $p(E \cap A)$ их совместной реализации $E \cap A$ справедлива формула

$$p(E \cap A) = p_E p_A,$$

которая говорит о том, что при данных значениях p_E и p_A следует считаться с вероятностью совпадения опасностей $p_E p_A$.

13.6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ

Управление риском – это многоступенчатый процесс, который имеет своей целью уменьшение или компенсирование ущерба для объекта при наступлении неблагоприятного события. При этом важно помнить, что минимизация ущерба и снижение риска не являются адекватными понятиями.

Риск означает уменьшение возможного ущерба или понижение вероятности наступления неблагоприятных событий. Следует знать, что на практике существуют различные финансовые механизмы управления риском, которые обеспечивают компенсацию ущерба, никак не влияя ни на его размер, ни на вероятность наступления, например страхование.

Управление риском складывается из нескольких этапов:

1. Анализ риска – начальный этап, имеющий целью получение необходимой информации о структуре, свойствах объекта и имеющихся рисках. Собранной информации должно быть достаточно для принятия адекватных решений на последующих этапах. Здесь производится оценка выявленных рисков, в ходе которой определяются такие характеристики, как вероятность и размер возможного ущерба, формируется набор сценариев развития неблагоприятных ситуаций, строятся функции распределения вероятности наступления ущерба в зависимости от его размера для различных рисков. Анализ риска часто идёт в двух противоположных направлениях – от оценки к выявлению и наоборот. В первом случае уже имеются убытки и необходимо выявить причины. Во втором случае на основе анализа системы выявляются риски и возможные последствия.

2. Выбор методов воздействия на риск при оценке их сравнительной эффективности производится с целью минимизации возможного ущерба в будущем. Каждый вид риска допускает два–три традиционных способа его уменьшения, поэтому возникает проблема оценки сравнительной эффективности методов воздействия на риск для выбора наилучшего из них. Сравнение может происходить на основе различных критериев, в том числе и экономических. Заканчивается этап формированием общей стратегии управления всем комплексом рисков.

3. Принятие решения – определение требуемых финансовых и трудовых ресурсов, постановка и распределение задач среди менеджеров, анализ рынка соответствующих услуг, консультации со специалистами. Процесс непосредственного воздействия на риск осуществляется тремя различными способами: снижение, сохранение и передача риска.

4. Контроль и корректировка результатов процесса управления. Контроль состоит в получении информации от менеджеров о произошедших убытках и принятых мерах по их минимизации; он выражается в выявлении новых обстоятельств, изменяющих уровень риска, передаче этих сведений страховой компании, наблюдении за эффективностью работы систем обеспечения безопасности и т.д. Раз в несколько лет следует пересматривать данные об эффективности используемых мер по управлению рисками с учётом информации об убытках, произошедших за этот период.

13.7. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РИСКИ

Под промышленными рисками понимают опасность нанесения ущерба предприятию и третьим лицам вследствие нарушения нормального хода производственного процесса. К ним также относятся опасность повреждения или утери производственного оборудования и транспорта, разрушение зданий и сооружений в результате воздействия таких внешних факторов как силы природы и злоумышленные действия.

Для промышленного производства наиболее серьёзными и часто встречающимися является риск возникновения отказов машин и оборудования, а в наиболее тяжёлых проявлениях – возникновение аварийной ситуации. Это может произойти в результате событий различного характера:

- природного землетрясения, наводнения, урагана и т.д.;
- техногенного характера – износ зданий, сооружений, машин и оборудования, ошибки при проектировании или монтаже, злоумышленного действия, ошибки персонала и др.;
- смешанного характера – нарушения природного равновесия в результате техногенной деятельности человека, например, возникновение нефтегазового фонтана при разведочном бурении.

Перечисленные события вызывают несколько групп неблагоприятных последствий. Так, взрыв может произойти в результате утечки газа и образования горючей газозооудшной смеси, пожар может возникнуть в результате взрыва или

возгорания легковоспламеняющихся веществ. Поломка механизмов и оборудования включает в себя наиболее широкий класс последствий – механическая поломка или повреждение, нарушения электрической части оборудования, разрушение материалов в результате химического воздействия, коррозия. Наиболее часто происходит разрушение вращающихся частей оборудования.

Нанесение ущерба окружающей среде может происходить в процессе промышленного производства при утечке и выбросах в атмосферу ядовитых веществ, взрывах, загрязнении акватории Мирового океана в результате аварии судов и т.д. Кроме того, ущерб окружающей среде наносится при освоении природных ресурсов, строительстве промышленных объектов.

Нанесение ущерба персоналу – это следствие возникновения аварийных ситуаций на предприятии. Авария может привести к гибели людей или к потере трудоспособности. Персонал может понести также экономический ущерб, связанный с временной безработицей в результате остановки производства.

Нанесение ущерба третьим лицам происходит в результате взрыва или распространении ядовитых веществ за пределы предприятия. При этом возможен как имущественный ущерб населению и организации, так и физический ущерб здоровью людей.

Вопросы для самопроверки

1. Как Вы понимаете риск принятия решения?
2. Каким образом определяется величина риска?
3. Какие виды риска Вам известны?
4. Сколько существует стадий рассмотрения риска?
5. Каковы источники риска?
6. От чего зависит оценка риска?
7. Дайте характеристику субъективным оценкам риска?
8. В каких случаях используется многоцелевая оценка риска?
9. На какие этапы делятся процедуры принятия решения с риском?
10. На какой подход опирается количественное описание риска?
11. В каких случаях возникает технический риск?
12. Чем характеризуется технический риск?
13. При каких условиях задачу определения технического риска можно облегчить?
14. Чем характеризуется технико-экономический риск?
15. В каких случаях возникает угроза безопасности людей?
16. Как определить вероятность наступления события, представляющего угрозу, и вероятность попадания в опасную зону?
17. Что такое управление риском?
18. Из каких этапов складывается управление риском?
19. Что понимается под промышленными рисками?
20. Какие промышленные риски наиболее серьёзны и часто встречаются?
21. Что может быть причиной промышленного риска?
22. В каких случаях может быть нанесён ущерб окружающей среде?
23. Что является причиной нанесения ущерба персоналу?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время всё шире применяются различные методы экспертных оценок. Они незаменимы при решении сложных задач оценивания и выбора технических объектов в том числе специального назначения, при анализе и прогнозировании ситуаций с большим числом значимых факторов, при принятии решений в неструктурированных или качественно выраженных проблемах, а также в слабо структурированных или смешанных проблемах – всюду, когда необходимо привлечение знаний, интуиции и опыта многих высококвалифицированных специалистов-экспертов.

Проведение экспертных исследований основано на использовании современных методов прикладной математической статистики, прежде всего, статистики объектов нечисловой природы, и современной компьютерной техники.

Поэтому целесообразно при поддержке принятия решений использовать современные достижения в области теории и практики экспертных оценок, в области прикладной математической статистики.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИМЕРЫ ЭКСПЕРТНЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

1. *Задача экологической безопасности.* Что будет с окружающей природной средой через десять лет? Как изменится экологическая обстановка? Будет ли обеспечена экологическая безопасность промышленных производств или же вокруг станет простираться рукотворная пустыня? Достаточно вдуматься в эту постановку вопроса, проанализировать, как десять или тем более двадцать лет назад представляли сегодняшний день, чтобы понять, что стопроцентно надёжных прогнозов просто не может быть. Как видно из вышесказанного, вместо утверждений с конкретными числами можно ожидать лишь качественных оценок. Тем не менее, в этих условиях необходимо принимать решения, например, об экологических и иных проектах и инвестициях, последствия которых скажутся через десять, двадцать и т.д. лет. Как быть? Остаётся обратиться только к методам экспертных оценок.

2. *Оценка номеров в КВН.* Каждый из членов жюри поднимает фанерку со своей оценкой, а технический работник вычисляет среднюю арифметическую оценку, которая и объявляется как коллективное мнение жюри.

3. *Фигурное катание.* В фигурном катании процедура усложняется – перед усреднением отбрасываются самая большая и самая маленькая оценки. Это делается для того, чтобы не было соблазна зависить оценку одной спортсменке (например, соотечественнице) или занижить другой. Такие резко выделяющиеся из общего ряда оценки будут сразу отброшены.

4. *Выбор варианта технических средств, проекта научно-исследовательских работ, инвестиционных проектов.* Экспертные оценки используются также при выборе одного варианта технических устройств из нескольких, набора проектов научно-исследовательских работ для финансирования из массы заявок, выбора инвестиционных проектов для реализации среди представленных и т.д.

5. *Поддержка принятия решений методом «Дельфи».* В средние века для получения поддержки при принятии решений обращались в Дельфийский храм. Он был расположен у выхода ядовитых вулканических газов. Жрицы храма, надышавшись отравленными газами, начинали пророчествовать, произнося непонятные слова. Специальные "переводчики" – жрецы храма толковали эти слова и отвечали на вопросы пришедших со своими проблемами паломников. По традиции говорят, что Дельфийский храм находился в Греции. Но там нет вулканов. Видимо, он был в Италии – у Везувия или Этны, а сами описанные предсказания происходили в XII–XIV вв. Это вытекает из высшего достижения современной исторической науки – новой статистической хронологии.

С помощью метода «Дельфи» была предсказана высадка американцев на Луну с точностью до месяца,

6. *Мозговой штурм* – организуется как собрание экспертов, на выступления которых наложено одно, но очень существенное ограничение – нельзя критиковать предложения других. Можно их развивать, можно высказывать свои идеи, но нельзя критиковать. В ходе заседания эксперты, "заражаясь" друг от друга, высказывают все более экстравагантные соображения. Часа через два записанное на магнитофон или видеокамеру заседание заканчивается, и начинается второй этап мозгового штурма – анализ высказанных идей. Обычно из 100 идей 30 заслуживают дальнейшей проработки, 5–6 дают возможность сформулировать прикладные проекты, а 2–3 оказываются в итоге приносящими полезный эффект – прибыль, повышение экологической безопасности, оздоровление окружающей природной среды и т.п. При этом интерпретация идей – творческий процесс. Например, при обсуждении возможностей защиты кораблей от торпедной атаки была высказана идея: "Выстроить матросов вдоль борта и дуть на торпеду, чтобы изменить её курс". После проработки эта идея привела к созданию специальных устройств, создающих волны, сбивающих торпеду с курса.

7. *Оценка автомобиля.* Так, каждый объект можно оценивать по многим показателям качества. Для оценки автомобиля необходимо определить обобщённые показатели качества, технического уровня и аналогичных им других показателей качества автомобиля.

Легковой автомобиль можно оценивать по таким показателям, как:

- расход бензина на 100 км пути (в среднем);
- надёжность (средняя стоимость ремонта за год);
- экологическая безопасность, оцениваемая по содержанию вредных веществ в выхлопных газах;
- манёвренность;
- быстрота набора скорости 100 км/ч после начала движения; максимальная достигаемая скорость;
- длительность сохранения в салоне положительной температуры при низкой наружной температуре (–50 °С) и выключенном двигателе;
- дизайн (привлекательность и "модность" внешнего вида и отделки салона);
- представительность;
- вес;
- срок службы;
- эксплуатационные расходы (за год);
- цена;
- приведённая к сопоставимым ценам стоимость 1 км пробега и т.д.

Для сведения оценок по этим показателям вместе определяющим является конкретная ситуация, для которой выбирается автомашина. Максимально достигаемая скорость важна для гонщика, но не имеет большого практического значения для водителя рядовой частной машины, особенно в большом городе с суровым ограничением на максимальную скорость. Для такого водителя важнее расход бензина, маневренность и надёжность. Для машин различных служб государственного управления, видимо, надёжность важнее, чем для частника, а расход бензина – наоборот.

Представительность важна для высших менеджеров и чиновников, занимающих высокие посты. Для районов Крайнего Севера важна теплоизоляция салона, а для южных районов – нет и т.д.

Таким образом, при принятии решения о выборе автомобиля важна конкретная (узкая) постановка задачи перед экспертами. Но такой постановки зачастую нет. А тогда "игры" по разработке обобщённого показателя качества – например, в виде линейной функции от перечисленных переменных – могут не дать объективных выводов. Альтернативой единственному обобщённому показателю является математический аппарат типа многокритериальной оптимизации – множества Парето и т.д.

В некоторых случаях все-таки можно глобально сравнить объекты – например, с помощью экспертов получить упорядочение рассматриваемых объектов – изделий или проектов. Тогда можно *подобрать* коэффициенты при отдельных показателях так, чтобы упорядочение с помощью линейной функции возможно точнее соответствовало глобальному упорядочению (например, найти эти коэффициенты методом наименьших квадратов). Наоборот, в подобных случаях *не следует* оценивать указанные коэффициенты непосредственно с помощью экспертов. Эта простая идея до сих пор не стала очевидной при проведении экспертных опросов и анализа их результатов. Часто экспертов стараются заставить делать то, что они выполнить не в состоянии – указывать веса, с которыми отдельные показатели качества должны входить в итоговый обобщённый показатель.

Эксперты обычно могут сравнить объекты или проекты в целом, но не могут вычленить вклад отдельных факторов. Раз организаторы опроса спрашивают, эксперты отвечают, но эти ответы не несут в себе надёжной информации о реальности.

Отметим, что есть экспертные процедуры, в которых веса отдельных факторов вычисляются в результате тщательного анализа иерархической системы показателей. Для таких процедур приведённые выше критические замечания по поводу экспертного определения весов факторов не имеют силы.

8. *Защита дипломного проекта* – представляет собой комбинацию различных видов экспертизы. Сначала идёт многотуровая очная экспертиза, проводимая научным руководителем и консультантами, в результате учёта результатов этой экспертизы студент подготавливает проект к защите. Затем два эксперта работают заочно – это автор отзыва сторонней организации и заведующий кафедрой, допускающий работу к защите. Обратите внимание на различие задач этих экспертов и объёмов выполняемой ими работы – один пишет подробный отзыв и даёт оценку проекту, второй росписью на титульном листе проекта разрешает его защиту. Наконец, очная экспертиза без ограничений (для членов государственной аттестационной комиссии). Дипломный проект оценивается коллегиально, по большинству голосов, при этом лишь один из экспертов (научный руководитель) знает работу подробно, а остальные – в основном лишь по докладу студента. Таким образом, имеется сочетание многотуровой и одностуровой, заочных и очных экспертиз. Подобные сочетания характерны для многих реально проводящихся экспертиз.

9. *Пример выбора проекта.* По заданию руководства фирмы анализируется восемь проектов, предлагаемых для включения в план стратегического развития фирмы. Эти проекты обозначаются следующим образом: Д, Л, М-К, Б, Г-Б, Сол, Стеф, К (по фамилиям менеджеров, предложивших их для рассмотрения). Все проекты направляются 12 экспертам, назначенным Советом директоров фирмы. В таблице 1 приведены ранги восьми проектов, присвоенные им каждым из 12 экспертов в соответствии с представлением экспертов о целесообразности включения проекта в стратегический план фирмы. При этом эксперт присваивает ранг 1 самому лучшему проекту, который обязательно надо реализовать. Ранг 2 получает от эксперта второй по привлекательности проект и т.д. и, наконец, ранг 8 – наиболее сомнительный проект, который реализовывать стоит лишь в последнюю очередь).

Таблица 1П

№ эксперта	Д	Л	М-К	Б	Г-Б	Сол	Стеф	К
1	5	3	1	2	8	4	6	7
2	5	4	3	1	8	2	6	7
3	1	7	5	4	8	2	3	6
4	6	4	2,5	2,5	8	1	7	5
5	8	2	4	6	3	5	1	7
6	5	6	4	3	2	1	7	8
7	6	1	2	3	5	4	8	7
8	5	1	3	2	7	4	6	8
9	6	1	3	2	5	4	7	8
10	5	3	2	1	8	4	6	7
11	7	1	3	2	6	4	5	8
12	1	6	5	3	8	4	2	7

Анализируя результаты работы экспертов, члены Правления фирмы были вынуждены констатировать, что полного согласия между экспертами нет, а потому данные, приведенные в табл. 1П, следует подвергнуть более тщательному математическому анализу. С этой целью был использован метод средних арифметических рангов. Для этого прежде всего была подсчитана сумма рангов, присвоенных проектам (табл. 1П). Затем эта сумма была разделена на число экспертов, в результате был рассчитан средний арифметический ранг. По средним рангам строится итоговая ранжировка (упорядочение), исходя из принципа – чем меньше средний ранг, тем лучше проект.

Результаты анализа показывают, что эксперт № 4 считает проекты

М–К и Б равноценными, они уступают лишь одному проекту – проекту Сол. Поэтому проекты М–К и Б должны были бы стоять на втором и третьем местах и получить баллы 2 и 3. Поскольку они равноценны, то получают средний балл $(2+3) / 2 = 5/2 = 2,5$.

Наименьший средний ранг, равный 2,625, у проекта Б, следовательно, в итоговой ранжировке он получает ранг 1. Следующая по величине сумма, равная 3,125, у проекта М–К. И он получает итоговый ранг 2. Проекты Л и Сол имеют одинаковые суммы (равные 3,25), значит, с точки зрения экспертов они равноценны (при рассматриваемом способе сведения вместе мнений экспертов с целью получения итоговой ранжировки), а потому они должны бы стоять на 3 и 4 местах и получают средний балл $(3+4) / 2 = 3,5$. Дальнейшие результаты приведены в табл. 2П.

Таблица 2П

	Д	Л	М-К	Б	Г-Б	Сол	Стеф	К
Сумма рангов	60	39	37,5	31,5	76	39	64	85
Среднее арифметическое рангов	5	3,25	3,125	2,625	6,333	3,25	5,333	7,083
Итоговый ранг по среднему арифметическому	5	3,5	2	1	7	3,5	6	8
Медианы рангов	5	3	3	2,25	7,5	4	6	7
Итоговый ранг по медианам	5	2,5	2,5	1	8	4	6	7

Итак, ранжировка по суммам рангов (или, что то же самое, по средним арифметическим рангам) имеет вид

$$Б < М-К < \{Л, Сол\} < Д < Стеф < Г-Б < К,$$

где запись типа "А<Б" означает, что проект А предшествует проекту Б (т.е. проект А лучше проекта Б). Поскольку проекты Л и Сол получили одинаковую сумму баллов, то по рассматриваемому методу они эквивалентны, а потому объединены в группу – класс эквивалентности.

Таким образом, наука сказала своё слово, итог расчётов – полученная ранжировка, и на её основе предстоит принять решение? Один из членов Совета директоров, наиболее знакомый с методами экспертных оценок, вспомнил, что ответы экспертов измерены в порядковой шкале, а потому для них неправомерно проводить усреднение методом средних арифметических, следует использовать метод медиан, согласно которому надо взять ответы экспертов, соответствующие одному из проектов, например, проекту Д. Это ранги 5, 5, 1, 6, 8, 5, 6, 5, 6, 5, 7, 1. Затем их необходимо расположить в порядке убывания. В результате получается последовательность: 1, 1, 5, 5, 5, 5, 5, 6, 6, 6, 7, 8. На центральных местах – шестом и седьмом – стоят 5 и 5. Следовательно, медиана равна 5.

Медианы совокупностей из 12 рангов, соответствующих определённым проектам, приведены в предпоследней строке табл. 2П. Итоговое упорядочение по методу медиан приведено в последней строке табл. 2П.

Ранжировка (т.е. упорядочение – итоговое мнение комиссии экспертов) по медианам имеет вид

$$Б < \{М-К, Л\} < Сол < Д < Стеф < К < Г-Б.$$

Поскольку проекты Л и М–К имеют одинаковые медианы баллов, то по рассматриваемому методу ранжирования они эквивалентны, а потому объединены в группу (кластер).

Сравнение ранжировок по методу средних арифметических и методу медиан показывает их близость. Можно принять, что проекты М–К, Л, Сол упорядочены как М–К < Л < Сол, но из-за погрешностей экспертных оценок в одном методе признаны равноценными проекты Л и Сол, а в другом – проекты М–К и Л. Существенным является только расхождение, касающееся упорядочения проектов К и Г–Б: в первой ранжировке Г-Б<К, а во второй ранжировке, наоборот, К<Г-Б. Однако эти проекты - наименее привлекательные из восьми рассматриваемых, и при выборе наиболее привлекательных проектов для дальнейшего обсуждения и использования на указанное расхождение можно не обращать внимания.

Рассмотренный пример демонстрирует сходство и различие ранжировок, полученных по методу средних арифметических рангов и по методу медиан, а также пользу от их совместного применения. Однако нельзя не отметить, что только что проведённое сравнение двух ранжировок осуществлено не вполне строго.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов, Л.П. Методика коллективной экспертной оценки перспектив развития конкретной отрасли техники / Л.П. Смирнов, Ю.В. Ершов // Материалы международного симпозиума по методологическим вопросам прогнозирования науки и техники. – М. : АН СССР, 1969.
2. Устюжанинов, В.Л. Информационные меры и их использование в социологическом анализе / В.Л. Устюжанинов // Измерение и моделирование в социологии / под ред. Ю.П. Воронова. – Новосибирск : Наука. 1969.
3. Справочник по системотехнике / под ред. Р. Макола. – М. : Советское радио, 1970.
4. Лисичкин, В.А. Отраслевое научно-техническое прогнозирование / В.А. Лисичкин. – М. : Экономика, 1971.
5. Зак, Ю.А. Принцип разложения и итеративные методы решения задачи линейного программирования большого размера / Ю.А. Зак // Автоматика и телемеханика. – 1972. – № 12.
6. Фон Нейман Д. Теория игр и экономическое поведение / Фон Нейман Д., О. Моргенштерн – М. : Наука, 1970.
7. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. – М. : Наука. – 1972.
8. Матвеевский, С.Ф. Основы системного программирования / С.Ф. Матвеевский ; СНПО «Алгоритм». – М. : МосНУЦ, 1981.
9. Герасименко, В.А. Основы защиты информации / В.А. Герасименко, А.А. Малюк. – М. : ООО "Инкомбук", 1997. – 538 с.
10. Мушик, Э. Методы принятия решений в технике / Э. Мушик, П. Мюллер. – М. : Мир. 1990. – 208 с.

Содержание

1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	3
Вопросы для самопроверки.....	3
2. КРАТКАЯ ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА.....	4
Вопросы для самопроверки.....	6
3. ЭТАПЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	7
Вопросы для самопроверки.....	9
4. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	10
Вопросы для самопроверки.....	12
5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	14
Вопросы для самопроверки.....	17
6. НЕФОРМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ.....	18
Вопросы для самопроверки.....	20
7. МЕТОД ЭКСПЕРТОВ.....	21
Вопросы для самопроверки.....	26
8. ФОРМИРОВАНИЕ СУБЪЕКТИВНЫХ ОЦЕНОК.....	27
8.1. Постановка задачи.....	27
8.2. Разработка анкет.....	28
8.3. Выбор шкал оценок.....	30
8.4. Выбор экспертов.....	33
8.5. Метод взаимной оценки.....	40
Вопросы для самопроверки.....	43
9. СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЦЕНКИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ....	45
Вопросы для самопроверки.....	48
10. МЕТОДИКА ОПРОСА ЭКСПЕРТА.....	49
Вопросы для самопроверки.....	50
11. МЕТОД ИТЕРАЦИЙ.....	51
Вопросы для самопроверки.....	55
12. НЕФОРМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРТИЗЫ.....	56
Вопросы для самопроверки.....	60
13. РИСК ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	61
13.1. Общие понятия.....	61
13.2. Формальное описание риска.....	63
13.3. Технический риск.....	65
13.4. Техничко-экономический риск.....	66
13.5. Угроза безопасности людей.....	66
13.6. Организация процесса управления риском.....	67
13.7. Промышленные риски.....	68
Вопросы для самопроверки.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	72
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	78