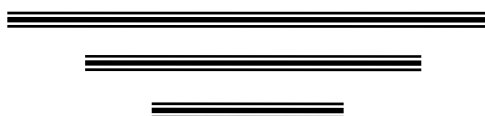


Крючковский В.В., Петров Э.Г.,
Соколова Н.А., Ходаков В.Е.

ИНТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ



МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Херсон
Издательство Гринь Д.С.
2011

ББК 32.973

УДК 519.81

К858

Рекомендовано к печати учеными советами

Херсонского национального технического университета

(Протокол № 8 от 01.07.2011 г.)

Харьковского национального университета радиоэлектроники

(Протокол № 5 от 29.10.2011 г.)

ISBN 978-966-2660-31-9

Крючковский В.В. и др.

К858 Интроспективный анализ. Методы и средства экспертного оценивания: монография / В.В.Крючковский, Э.Г.Петров, Н.А.Соколова, В.Е.Ходаков; под ред. Э.Г.Петрова. – Херсон: Гринь Д.С., 2011. – 168 с.

Рецензенты: **В.П.Авраменко**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экономической кибернетики Харьковского национального университета радиоэлектроники;

И.И.Коваленко, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры интеллектуальных информационных систем Черноморского государственного университета им. Петра Могилы;

С.В. Мышко, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и теории систем управления Донецкого национального университета;

А.Н.Хомченко, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и математического моделирования Херсонского национального технического университета.

В монографии рассматриваются: коллективные методы подготовки, организации и проведения экспертных оценок по разнообразным сложным неформализуемым проблемам; задачи сбора экспертной информации; методы анализа, обработки и интерпретации полученной информации. Приведены примеры использования коллективных экспертных методов в процессе принятия решений.

Для специалистов, работающих в областях искусственного интеллекта, теории принятия решений, экономистов, инженерно-технических работников, применяющих экспертные методы в своей научной и практической деятельности, а также для студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

ББК 32.973

ISBN 978-966-2660-31-9

© Крючковский В.В., Петров Э.Г.,
Соколова Н.А., Ходаков В.Е., 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ И СТРУКТУРИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ КАК НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ	10
1.1. Системологический анализ проблемы принятия решений	10
1.2. Структуризация процедуры коллективного экспертного оценивания.....	17
ГЛАВА 2. ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ	23
2.1. Общие положения	23
2.2. Формализация процесса формирования экспертной группы.....	29
2.3. Оценивание компетентности потенциальных экспертов	31
2.4. Определение количественного и персонального состава экспертной группы	39
2.5. Алгоритмизация и автоматизация решения задачи выбора состава экспертной группы на основе теории прецедентов.....	43
2.6. Формирование эталонного варианта модели эксперта с использованием теории прецедентов	51
ГЛАВА 3. ГЕНЕРАЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ	56
3.1. Основные операции этапа генерации экспертной информации.....	56
3.2. Ориентировка экспертов по существу проблемы и принципов подхода к ее решению.....	57
3.3. Стадия генерации идей	61
3.4. Анкетирование	64
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРТИЗА	70
4.1. Смысл задачи экспертного оценивания	70
4.2. Особенности мыслительной деятельности при экспертном оценивании	75
4.3. Анализ экспертной информации	83
4.4. Оценка степени согласованности мнений экспертов	88

4.4.1. Оценка степени согласованности мнений экспертов при использовании коэффициента конкордации Кендалла-Б.Смита.....	90
4.4.2. Оценка степени согласованности мнений экспертов при использовании коэффициента парной ранговой корреляции Кендалла и Спирмена.....	93
4.4.3. Оценка степени согласованности мнений двух групп экспертов при использовании обобщенного коэффициента конкордации Шукени-Фроли.....	97
4.4.4. Тестовое решение задачи по оценке согласованности мнений экспертов.....	98
4.5. Роль весовых коэффициентов при экспертном оценивании.....	99
4.6. Методы, используемые в экспертном коллективном оценивании	101
ГЛАВА 5. АГРЕГАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СУЖДЕНИЙ	118
5.1. Подготовка и принятие экспертных решений с учетом коэффициентов компетентности, согласованности и объективности.....	118
5.2. Применение метода парных сравнений на этапе агрегации экспертных суждений	126
5.3. Модификация критериев принятия решений в условиях неопределенности с учетом коллективного экспертного оценивания.....	135
ГЛАВА 6. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ.....	141
6.1. Программное обеспечение для поддержки коллективных методов принятия решений.....	141
6.2. Реализация алгоритма агрегирования оценок и ранжирования объектов	150
6.3. Тестовое использование алгоритма ранжирования объектов.....	152
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	160

ВВЕДЕНИЕ

Вся целенаправленная бытовая, научная, профессиональная, социальная, общественно политическая и другие виды деятельности представляют собой последовательность актов принятия и реализация решений. При этом под актом принятия решения понимается осознанный выбор способа решения проблемы, достижения цели. Ключевым здесь является словосочетание «осознанный выбор», это означает, что индивидуум реализует интроспективный, т.е. внутренний процесс интеллектуального анализа и оценивания возможных способов решения проблемы и выбирает из них самое лучшее, по его мнению, решение.

Указанный процесс, несмотря на его субъективную уникальность, можно структурировать и выделить инвариантные решаемой проблеме этапы. К ним относятся: осознание цели, определение возможных путей ее достижения, выбор метрики (системы критериальных оценок), в которой можно качественно или количественно оценить предпочтительность (эффективность) допустимых решений и установить на них отношение линейного порядка. Наиболее предпочтительным будет экстремальный (крайний) элемент этой последовательности.

Реализация описанного процесса выбора решения не представляет принципиальных трудностей, если критерий эффективности является скалярным, но такая ситуация является идеализированной. В реальной жизни, даже в простейших случаях не удастся обосновать единственный скалярный критерий оценки эффективности, который достаточно полно характеризовал бы решение. По необходимости приходится учитывать несколько различных по размерности, измерительной шкале, интервалу возможных значений, направлению доминирования, противоречивых критериев. Каждый из них характеризует некоторое частное (локальное) свойство решения, а их совокупность характеризует качество решения в целом. В этом

случае тривиальная для скалярного критерия задача становится математически некорректной, так как не имеет единственного решения. Можно только выделить подмножество допустимых решений, которые являются несравнимыми из-за противоречивости частных критериев. Это подмножество известно в теории принятия решений как область компромиссов, множество Парето (по имени математика его выделившего), переговорное множество. На этом подмножестве невозможно установить отношение линейного порядка, а, следовательно, выделить экстремальное решение. Определение единственного решения в этом случае требует регуляризации некорректной задачи принятия решения путем дополнения ее некоторой внешней информацией в виде некоторого правила.

Регуляризацию можно осуществить на основе двух подходов:

– неформального (эвристического), когда роль регуляризатора выполняет лицо, принимающее решение (ЛПР), восполняя недостающую регуляризирующую информацию своим опытом, знаниями, интуицией, субъективными предпочтениями. В качестве ЛПР может выступать как индивидум, так и группа специалистов, которым делегировано право принимать решение;

– формального, когда в качестве регуляризатора выступает некоторое формальное право, например, принцип главного критерия, последовательной оптимизации, функционально-стоимостной анализ, обобщенной полезности, анализа иерархий, «Электра» и др., но формирование всех правил и выбор одного из них для конкретной реализации осуществляет ЛПР на основе все тех же эвристических соображений.

Таким образом, в настоящее время принятие всех решений, даже самых важных и судьбоносных, осуществляется на основе «осознанного выбора» эксперта или группы экспертов, т.е. базируется на индивидуальном или групповом интроспективном анализе проблемы и выборе способа ее решения. Методология такого анализа известна как индивидуальное и групповое

экспертное оценивание.

Групповое экспертное оценивание как методология решения важнейших проблем получила широкое распространение во всем мире [1]. При этом можно привести множество позитивных примеров эффективного применения методологии. К ним относятся широко известный план ГОЭРЛО, разработанный Советом экспертов, созданном в 1918 году при Высшем Совете народного хозяйства, планы крупнейших стратегических военных операций, выработанных коллективно на совещаниях в Ставке Верховного командирования СССР, доклады группы ученых, объединившихся в неформальный «Римский клуб» и множество других.

Вместе с этим, существует широко распространенное мнение о низкой эффективности метода коллективного экспертного оценивания, плохой воспроизводимости его результатов, высокой зависимости от состава экспертов, подверженности влиянию множества внешних, в том числе неконтролируемых факторов. На II Международном симпозиуме по проблемам экспертных оценок в Португалии было отмечено, что только 8% исследователей согласны с тем, что «экспертное оценивание является достаточно эффективным инструментом». Ряд авторитетных ученых считают, что «экспертные оценки – это необоснованная шарада, дающая результаты чуть лучше, чем просто случайные».

Отмеченный скептицизм во многом справедлив, этому есть также множество примеров, но причина его кроется не столько в принципиальных недостатках самого метода, сколько в погрешностях его практической реализации. Во многом это обусловлено практически полным отсутствием профессионально подготовленных специалистов по получению и обработке интроспективной информации (когнитологов). В ВУЗах Украины вообще не готовят таких специалистов. Поэтому экспертиза часто производится на дилетантском, любительском уровне, случайными людьми без соблюдения обязательных необходимых условий, гарантирующих корректность и эффективность результатов [2, 3].

В.М. Глушков [4] сформулировал необходимые условия эффективности принимаемых решений. К ним относятся: своевременность (оперативность), полнота исходной информации и оптимальность. Рассмотрим способы реализации этих требований.

Основная гипотеза, которая лежит в основе метода комплексного экспертного оценивания, заключается в том, что человечество в целом обладает некоторым уровнем объективных знаний по любой проблеме. Эти знания зафиксированы в некоторой знаковой системе в монографиях, статьях, учебниках, докладах, аналитических справках, отчетах и других деловых документах, но первичными источниками этих документов и носителями всех знаний и информации являются специалисты – их авторы. В этих условиях можно при решении конкретной проблемы попытаться собрать полную информацию, рассеянную во множестве знаковых источников, но в условиях избыточного потока информации, ее дублирования, быстрого старения и потери актуальности, эта работа требует больших временных, материальных и интеллектуальных затрат, т.е. указанные выше условия своевременности и полноты информации в принципе не выполнимы. Кроме того, зарегистрированная информация теряет эмоциональную окраску, утрачивается ее очень важная интуитивная компонента.

Альтернатива заключается в том, чтобы сформировать группу квалифицированных специалистов, являющихся носителями исходных знаний по конкретной проблеме, инициировать проведение ими интроспективного анализа проблемы, выдачу его результатов внешнему наблюдателю (когнитологу), который должен обработать их с целью получения обобщенного результата (решения). При этом предполагается, что выполняется гипотеза о том, что каждый эксперт формирует субъективное мнение, но обобщенная оценка приближается к объективной.

Степень объективности и достоверности результатов коллективного экспертного оценивания в определяющей степени зависит от количественного и качественного состава экспертной

группы, принципов ее формирования, профессиональной и интеллектуальной однородности, способа и формы получения результатов интроспективного анализа, методами их последующей обработки. Для этого необходима целостная, научно обоснованная методология подготовки и принятия коллективных решений.

В этом направлении ведутся интенсивные исследования [5,6,7], актуальность которых обусловлена отсутствием альтернативных способов получения знаний от их носителей, однако проблема в настоящее время далека от исчерпывающего решения. Большинство публикаций содержат описание конкретных эмпирических методов (их количество приближается к сотне), решения конкретных задач без теоретического обоснования точности, анализа устойчивости, воспроизводимости результатов и т.д. Назрела необходимость дальнейшего системного развития и обобщения научных подходов и теоретического базиса методов коллективного экспертного оценивания.

Это касается всех сторон этого научного направления: проведении психологических исследований, направленных на обоснование наиболее устойчивых процедур извлечения и представления интеллектуальной информации, структуризации процессов и задач экспертного оценивания, формализации этих процессов, методологий выбора экспертов – научных коллективов, проводящих экспертное оценивание, совершенствования и развития качественных и количественных методов оценки процессов и явлений, методов и способов поддержки принятия решения на основе экспертизы и т.д.

Надеемся, что предлагаемая работа будет способствовать развитию данного научного направления и явится шагом в совершенствовании основ теории экспертного коллективного оценивания, как одного из важных инструментов нормативной теории подготовки и принятия решений.

ГЛАВА 1

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ И СТРУКТУРИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ КАК НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

1.1. Системологический анализ проблемы принятия решений

Наша цивилизация является сложнейшей целеустремленной, территориально структурированной, иерархической, организационной социально-экономической метасистемой. Участвовавшие и превратившиеся в практически перманентные экономические, финансовые, демографические, политические кризисы обострили интерес мирового сообщества и научной общественности к изучению и анализу социально-экономических систем (СЭС) всех уровней и типов с целью выявления причин возникновения кризисных ситуаций и путей их преодоления.

Решение указанной проблемы, несомненно, должно базироваться на методах и принципах системного анализа [8]. Для этого на первом этапе необходимо четкое определение понятия «система».

Наиболее конструктивным и удобным для последующего формального анализа СЭС является, предложенное Н. Бурбаки, теоретико-множественное определение абстрактной системы [9]. В этом случае, под системой понимается множество однородных или разнородных элементов $M = \{m_i\}, i = \overline{1, n}$, на которых реализовано множество отношений $Q = \{q_j\}, j = \overline{1, k}$. Тогда декартово произведение

$$C = M \times Q \quad (1.1)$$

определяет структуру абстрактной системы. Качественная и количественная конкретизация множеств M , Q позволяет определить структуру любой конкретной системы: социальной, экономической, экологической, политической и прочее.

Каждый конкретный вариант структуры (1.1) обладает некоторым набором явных или латентных свойств $P = \{p_l\}, l = \overline{1, g}$. Таким образом

$$P = F(C) = F(M, Q). \quad (1.2)$$

С учетом этого исходная формулировка абстрактной системы может быть расширена и представлена в виде

$$S = \langle M \times Q, P \rangle. \quad (1.3)$$

В процессе эволюции планеты естественным путем спонтанно возникали различные химические, геологические, биологические и т.д. системы. Особенностью всех этих систем является то, что они возникли естественным путем, и хотя каждая из них обладает некоторым конкретным набором свойств, эти свойства не носят целенаправленный характер. Поэтому в дальнейшем все такие системы будем относить к классу естественных, нецеленаправленных, пассивных систем.

На определенном этапе развития, как полагают генетики [10], в результате случайной мутации 2-3 генов в геноме, появился «человек разумный», способный осознавать свои потребности, формировать цели, планировать способы их достижения, т.е. человек из пассивного элемента живой природы превратился в активного целенаправленного индивидуума.

Цель «человека разумного» состоит в удовлетворении собственных материальных (в еде, крове, одежде) и духовных (наскальная живопись, тотемы, культовые сооружения) потребностей.

Способы удовлетворения потребностей заключаются в создании орудий труда и трансформации с их помощью живого труда в средство удовлетворения потребностей. Это означает, что человек пользуясь разумом начал создавать искусственные, пассивные, целенаправленные системы: орудия труда, оружие,

разрабатывать методы охот, рыболовства, собирательства, сооружения искусственных или приспособление естественных укрытий и т.д.. Целенаправленность этих систем заключается в том, что все они ориентированы на повышение (максимизацию) уровня удовлетворения потребностей индивидуума.

На следующем этапе развития пришло понимание того, что объединение усилий, нескольких человек, путем создания группы в виде семьи, племени, рода и т.д. можно более эффективно и полно удовлетворять потребности всех членов группы. Так возник «человек социальный», а вслед за этим различные социальные системы. Таким образом, возникла социальная структуризация общества [11]. При этом каждая социальная группа является системой, активными элементами которой являются индивидуумы, а в качестве отношений выступают семейные, производственные и другие социальные отношения.

Способом удовлетворения потребностей отдельных индивидуумов или социальных групп является добыча и трансформация с помощью труда некоторых первичных природных, ископаемых и т.д. ресурсов, источником которых выступает внешняя природная среда. Постепенно этот процесс обособился и по мере развития производственных отношений, превратился в самодостаточную экономическую систему.

Окружающая среда в этом случае, с одной стороны выступает в качестве источника всех первичных природных ресурсов, а с другой – поглотителем отходов жизнедеятельности цивилизации.

Перечисленные три элемента – социум, экономика и окружающая среда образуют сложную планетарную метасистему, которую принято называть социально-экономической (СЭС) или ноосферой [12]. Эта метасистема является структурной и функциональной основой нашей цивилизации, а ее эволюция и развитие определяется решениями, которые принимает социум (в лице индивидуумов и социальных групп) как активный системообразующий элемент системы. Таким образом, вся

целенаправленная деятельность человека заключается в последовательности актов осознанного принятия и реализации решений, связанных с разрешением тех или иных задач и проблем.

При этом очевидно, что эффективность локальных решений определяют не только личную успешность индивидуума или социальной группы, членом которой он является, но, в силу целостности и высокой степени связности ноосферы, и тенденции развития цивилизации в целом.

Несмотря на разнообразие и значимость принимаемых бытовых, профессиональных, социальных, экономических, политических и т.д. решений с формальной точки зрения в этом процессе можно выделить следующие обязательные этапы.

1. Формулировка цели задачи или проблемы, которая должна быть решена.

2. Определение допустимого множества способов достижения цели (множества возможных решений) $X = \{x_i\}, i = \overline{1, n}$.

3. Формирование метрики (критерия оценки эффективности), в которой можно измерить «качество» возможных решений $K(x_i), \forall i = \overline{1, n}$.

4. Определение экстремального по эффективности решения

$$x^o = \arg \underset{x \in X}{extr} K(x_i). \quad (1.4)$$

Первые три из перечисленных этапов являются плохо формализованными интеллектуальными процедурами.

Учитывая, что глобальной целью любого активного системоорганизующего элемента СЭС (индивидуума или социальной группы) является максимизация системы удовлетворения потребностей, то формирование цели связано с выбором (осознанием) наиболее актуальной (эндогенной, т.е. личной) или экзогенной (т.е. социальной, зависящей от уровня СЭС) потребности (цели) и эффективного способа ее удовлетворения (решения проблемы).

В этих условиях аргументированное осознанное решение проблемы связано с необходимостью привлечения и анализа большого (часто громадного) объема информации полно, комплексно характеризующей текущее состояние СЭС. Эта информация существует, но хранится в печатных изданиях, базах данных и знаний, различного рода документах. Однако, ее сбор, обработка, представление в удобном для восприятия (осознания) форме требует громадных затрат временных, материальных, интеллектуальных ресурсов и в большинстве ситуаций практически нереализуема. Поэтому во многих случаях решения носят волюнтаристский, эмоционально аргументированный, характер.

Вместе с этим вся перечисленная информация содержится в коллективном разуме социума, ее носителями являются индивидуумы, специалисты по данному узкому конкретному вопросу (времена энциклопедистов прошли). Таким образом, в качестве постулата принимается, что по любой конкретной (узкой) проблеме существует группа специалистов, которые в совокупности владеют полной, комплексной, актуализированной информацией, в совокупности отражающий текущий уровень знаний цивилизации (социума) по данной проблеме. Хотя каждый из них является носителем индивидуальных (субъективных) знаний, согласованное (коллективное) мнение группы таких специалистов в большей или меньшей степени, в зависимости от количественного или качественного состава группы, отражает знания близкие к объективным. Такая группа является коллективом экспертов, а процесс выработки согласованного мнения – процессом коллективного экспертного оценивания.

Обратим внимание на тот факт, что в общем случае проблемы и задачи принятия решений неоднородны, их можно классифицировать по количественному (численности экспертной группы) и функциональным признакам.

По количественному признаку принимаемые решения можно разделить на единоличные, когда решение принимает единственные

эксперт, который в этом случае называется лицом, принимающим решения (ЛПР). В этом качестве выступают в рамках своих полномочий руководители предприятий различного уровня. При принятии решений они руководствуются собственными знаниями, опытом, научными основами организации труда руководителя [13,14,15] и несут за него единоличную ответственность. Это не исключает использования советов различных групп специалистов. Главное достоинство метода единоначального принятия решений, определившего его широкое применение, заключается в своевременности и оперативности, что является одним из необходимых условий эффективного управления [4].

Альтернативой единоначалию является методология коллективного экспертного оценивания (МКЭО), когда решение принимается группой экспертов. При этом на основе анализа целей можно выделить несколько классов функционально ориентированных задач.

Как отмечено выше, одним из системообразующих элементов СЭС является социальная группа. Каждый член этой социальной группы является активным, целеустремленным индивидуумом. При этом цели отдельных индивидуумов могут не совпадать или даже быть противоречивыми. Кроме того, даже согласованные цели могут быть достигнуты различными способами. В процессе функционирования и управления устойчивым развитием СЭС возникают проблемы, решение которых затрагивает интересы всех членов социальной группы. Корректное решение таких проблем должно осуществляться на основе демократических принципов на основе методологии КЭО в форме собрания всех заинтересованных индивидуумов или их демократично избранных представителей. Принятие коллективного решения базируется на принципе подчинения меньшинства большинству, которое определяется голосованием. Правило принятия решений также устанавливается собранием и может изменяться от простого (50% + 1 голос) до квалифицированного (2/2, 3/5 и т.д.) большинства голосов вплоть до права «вето» [16].

Еще одной областью исследований, где широко применяется методология КЭО, является социология. Целью исследований является идентификация предпочтений (социальных, политических, экономических) социума в целом или проблемно ориентированных социальных групп, например, городских или сельских жителей, молодежи, учащихся, пенсионеров и т.д. В качестве группы экспертов выступают представители конкретных социальных групп, выбор которых осуществляется по определенным специфическим правилам, соблюдение которых обеспечивает корректность и доверительность результатов [17].

Перечисленные выше области применения КЭО, хотя и лежат в русле общих исследований по проблеме МКЭО, имеют определенную специфику, учет которой требует узкопрофессиональной подготовки специалистов-когнитологов в области управления поведением социальных групп, социологии и т.д.

Настоящая работа ориентирована на рассмотрение МКЭО при решении научно – технических проблем.

Как всякая развивающаяся методология, методы коллективного принятия решений имеет потенциальные достоинства и недостатки. К достоинствам относятся:

- коллективный анализ позволяет шире взглянуть на проблему и провести ее более глубокий анализ;
- работа в группе инициирует соревновательность, способствует привлечению более глубоких знаний и доводов, дискуссия способствует генерации новых знаний и идей, и формированию инновационных решений;
- коллективный анализ за счет взаимодополняющего обмена субъективной информацией позволяет уточнить постановку проблемы и уменьшить неопределенность возможных решений;

С другой стороны МКЭО присущи следующие недостатки:

- большие временные затраты на поиск решения, из чего следует непригодность к принятию оперативных решений;
- возможная расхожимость метода: в процессе работы мнения

не сближаются, что не позволяет определить решение, удовлетворяющее большинство экспертов;

- возможная ангажированность (личная заинтересованность в конечном результате);

- трудности с исключением авторитарного давления, т.е. влияние более авторитетных или наделенных властными полномочиями членов группы;

- высокая зависимость от организации процесса и методов обработки конечных результатов экспертизы.

В целом, это означает, что в настоящее время МКЭО не имеет исчерпывающего решения и требует дальнейшего развития в направлении повышения достоинств и уменьшения ее недостатков.

1.2. Структуризация процедуры коллективного экспертного оценивания

Цель применения технологии экспертного оценивания (ЭО) – принятие эффективного решения, поэтому специалистам, проводящим экспертизы, важно уметь грамотно и творчески подойти к их организации и проведению для того, чтобы решить основную задачу – обеспечить адекватную оценку объекта экспертизы, выбрать реализуемые и приводящие к цели альтернативные варианты решений, а среди них выбрать самый приемлемый и, по возможности, эффективный вариант. Коллективное (групповое) ЭО осуществляется на основании учета множества факторов, которые необходимо классифицировать и установить между ними связи. Структуризация коллективного (группового) ЭО на последовательность этапов позволяет обобщить и систематизировать методы реализации каждого из них и на этой основе повысить общую эффективность. В основе структуризации лежит анализ жизненного цикла, который можно представить обобщенной схемой подготовки, принятия и реализации решений по любой проблеме (рис. 1.1) [8].

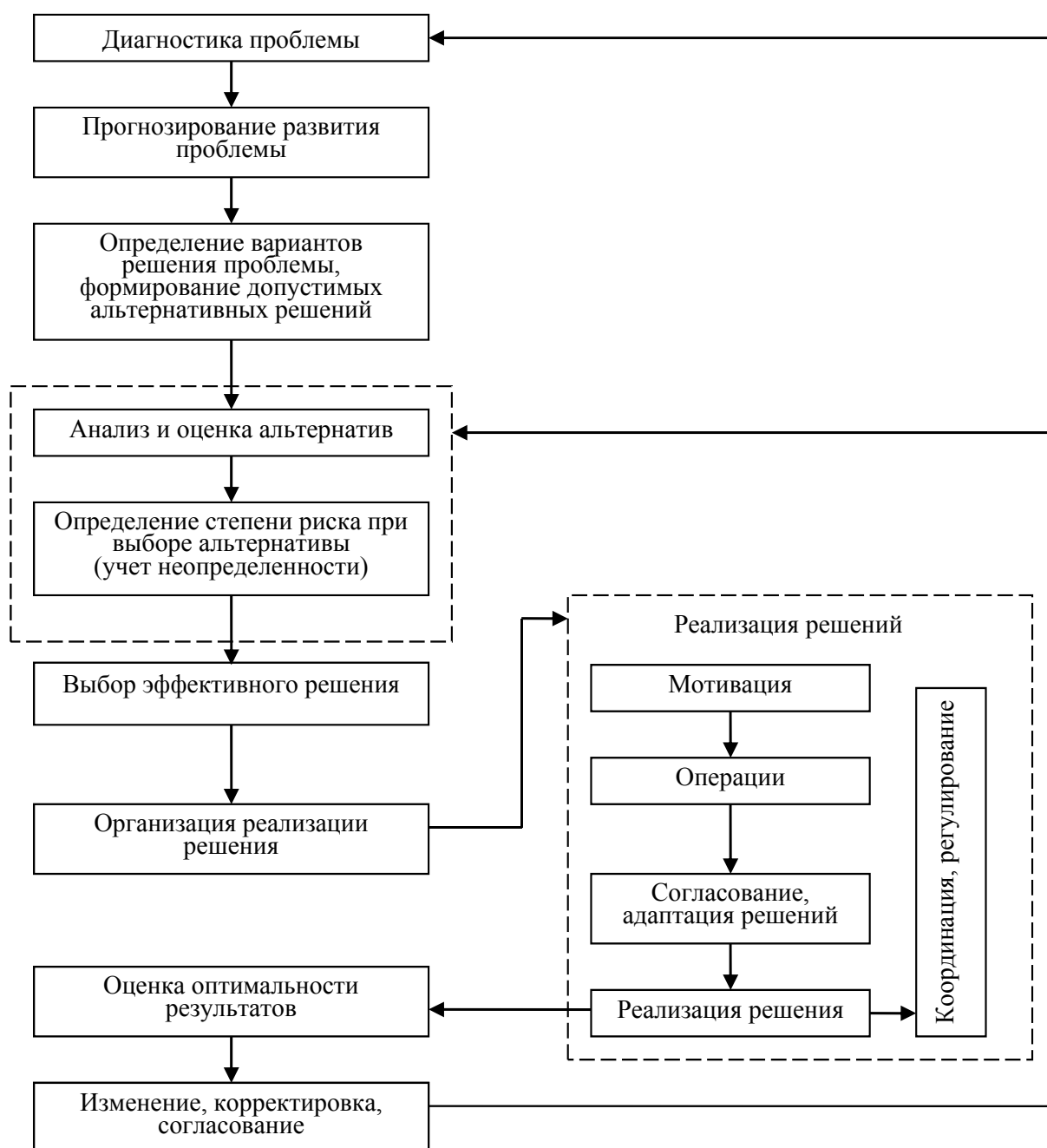


Рис. 1.1. Последовательность подготовки, принятия и реализации решений по любой исследуемой проблеме

Формально процедуры подготовки и принятия коллективного (экспертного) оценивания можно структурировать на определенное количество последовательно реализуемых этапов. На рис. 1.2 рассматриваются в комплексе взаимосвязанные этапы единого жизненного цикла экспертного оценивания в той

последовательности, в которой происходит их реализация и использование различных методов решения задач. Представленная структуризация упорядочивает процедуры коллективного ЭО, облегчает и углубляет понимание процессов экспертного оценивания, систематизирует знания о методологии экспертного оценивания, что в целом должно способствовать более широкому развитию и использованию методов ЭО. Данная структуризация, хотя и не является исчерпывающей, обобщает теоретический базис коллективных методов подготовки и принятия решений [18].

Процесс подготовки и организации экспертизы требует решения ряда задач большей или меньшей сложности. Некоторое из них носят чисто технический характер и их решение зависит от деловых качеств лиц, ведающих подготовкой и организацией экспертизы. Некоторые определяются условиями конкретной экспертизы (например, спецификой учреждения, в котором она проводится), возникают в каких-то одних случаях и не возникают в других, т.е. не являются достаточно общими. Но есть два круга задач, имеющих принципиальный и общий для всех экспертиз характер – формирование экспертных групп и проведение процедуры сбора экспертной информации.

Формирование требований к экспертизам и последующий подбор экспертов-специалистов важнейшая, если не самая важная, задача коллективных методов подготовки и принятия решений.

Один из пионеров применения методов коллективной экспертизы Перов А.С. утверждал, что если кто-то возьмет на себя выполнение всех операций по организации экспертизы, опросу экспертов, обработке суждений, а ему оставит только выбор экспертов, то он берется привести экспертизу к любому наперед заданному результату. И это замечание совсем не шутка. Подходящим подбором экспертов можно обеспечить желаемый результат, причем и сама процедура подбора экспертов будет выглядеть весьма правдоподобной и убедительной [7].

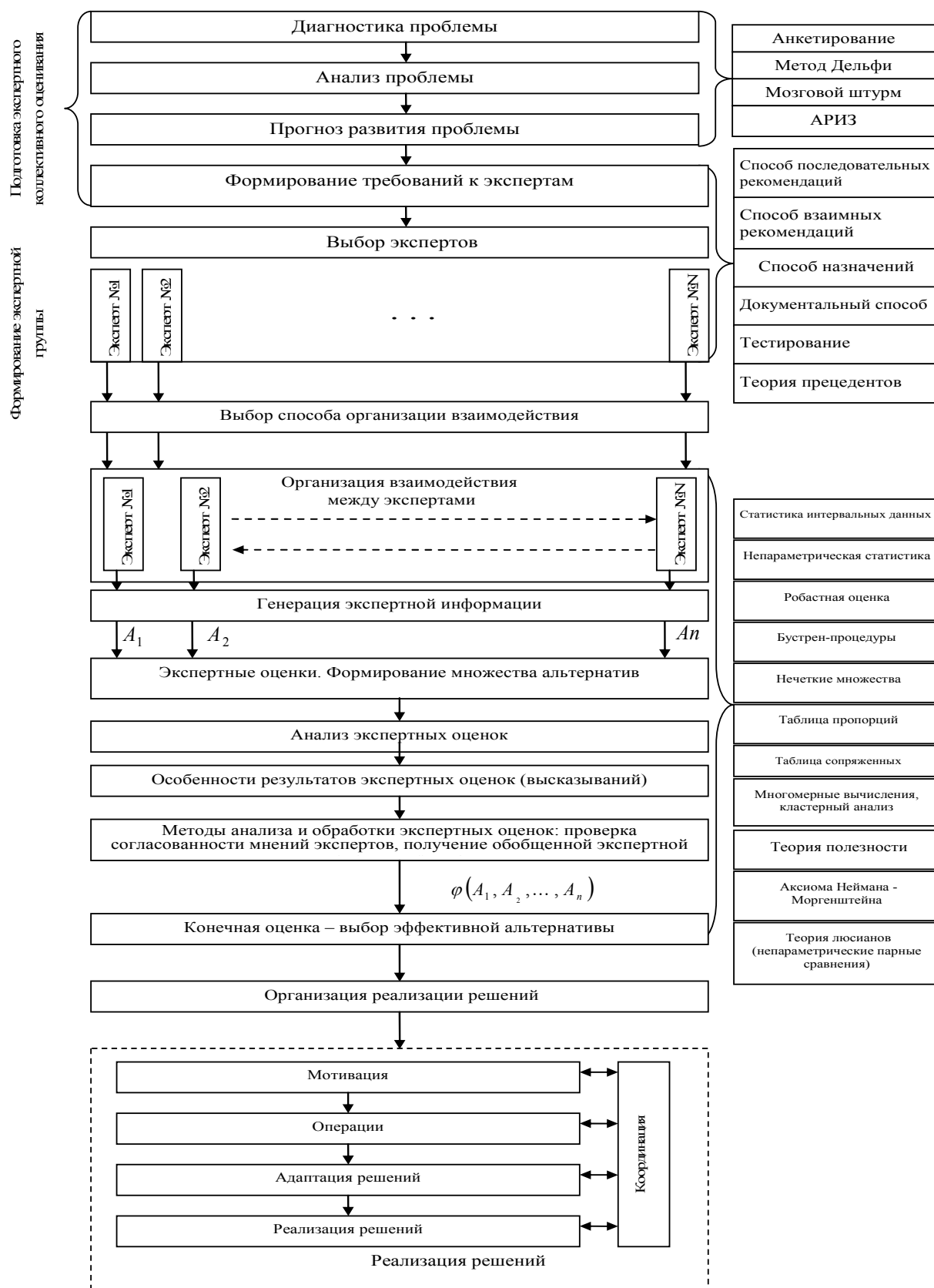


Рис. 1.2. Структуризация жизненного цикла задач подготовки и принятия коллективных решений

Напомним два известных из истории примера. Во время второй мировой войны президент США Ф.Д. Рузвельт, будучи поставлен перед требованиями Конгресса создать ЦРУ и не желая создавать такую организацию, сформировал «экспертную группу» из казалось бы наиболее компетентных специалистов по разведке – руководителей штабов различных родов войск. Эта группа должна была решить вопрос объединения разведок под общим руководством. Как и ожидал Рузвельт, группа вынесла решение о нецелесообразности создания ЦРУ, подробно его аргументировав. Между тем, фактически их позиция определялась нежеланием передавать разведку из своих в чужие руки. Это яркий пример ангажированности экспертов, т.е. их личной заинтересованности в конечном результате экспертизы.

Еще один из примеров некомпетентного проведения «коллективной экспертизы», – работа «комиссии Бурденко» по расследованию авторства расстрела нескольких тысяч польских офицеров в Катыни. Международная общественность обвиняла в расстреле советские органы. Н.Н. Бурденко, известный хирург, возглавил «экспертную группу», в состав которой вошли митрополит Николай, писатели Алексей Толстой, Ванда Василевская, историк Е.В. Тарле, летчица В.С. Гризодубова, дочь посла США Кэти Гарриман (журналистка) и другие видные лица, само присутствие которых должно было придать всему расследованию респектабельность и авторитетность.

Центральный вопрос на который должна была ответить комиссия о сроке проведения расстрела, так как именно срок определял «авторов». Какими же знаниями обладали эти «видные» лица для того, чтобы судить о времени пребывания трупов в земле? Да если бы члены комиссии и смогли как-либо определить этот срок, могли бы они свободно изложить и довести до общественности свои истинные мнения? Понятно, что здесь результат работы комиссии был определен теми, кто формировал эту комиссию в момент ее создания. Что касается самого

Н.Н. Бурденко – единственного, кто не мог ошибиться в определении даты расстрела, то он вскоре получил от Советского правительства пост президента специально созданной Академии медицинских наук СССР.

Как известно, сегодня Россия передала Польше рассекреченные документы, из которых следует, что польских офицеров расстреляли советские органы.

ГЛАВА 2

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ

2.1. Общие положения

Задача формирования экспертных групп в настоящее время менее всего теоретически проработана, потому что она, как никакая другая, сильнее всего образом обусловлена тонкими психологическими и социальными факторами. В целом задача выбора экспертов для проведения экспертизы состоит из двух этапов. На первом этапе, исходя из задач экспертизы, необходимо определить (выбрать) круг потенциально компетентных экспертов, а на втором, из выявленных экспертов формируется состав конкретной экспертной группы. Указанные задачи тесно взаимосвязаны и решаются на основе глубокого системного анализа целей и задач экспертизы. При этом состав конкретной экспертной группы комплектуется с учетом требований, вытекающих из характера и числа поставленных перед экспертами вопросов.

Формирование экспертных групп понимается как задача выбора из некоторого множества специалистов (кандидатов в эксперты) лиц, наиболее компетентных в рассматриваемом круге вопросов, и составления из них экспертных групп. Эту задачу целесообразно рассматривать как специфический вид профессионального отбора, в котором под степенью профессиональной пригодности понимаем степень компетентности кандидата. Основы профотбора как одного из разделов психологии изложены в [19,20].

Однако имеются и особые, специфические аспекты, не разработанные теорией профессионального отбора. Во-первых, не ставится вопрос о поиске кандидатов, а для данного случая он является существенным. Дело в том, что в профотборе рассматриваются, как правило, сложившиеся профессии и должности, требования к которым уже сформировались. В экспертизе же иная ситуация – здесь скорее правило, чем исключение, постановка таких новых, сложных вопросов, что заранее неясно, кто вообще, в

принципе те специалисты, которые могут на них ответить. Очень часто, например, вопрос лежит на стыке нескольких областей знаний. Таким образом, поиск профессионалов, способных с той или иной степенью компетентности давать информацию по поставленному вопросу, становится самостоятельной задачей.

Во-вторых, в экспертном отборе видоизменяется задача оценивания компетентности кандидатов. Если в традиционных задачах профотбора достаточно четко обозначены как характеристики компетентности, так и (хотя и в меньшей степени) тесты для их измерения, то в отборе экспертов это обычно не так. Новый вопрос зачастую требует и нового подхода к определению компетентности людей в этом вопросе. К тому же эксперт – это не только профессионал высокого класса, но и человек, умеющий на основе профессиональных знаний давать информацию по определенным требованиям и правилам.

В-третьих, в отличие от сложившейся теории профотбора в экспертном отборе появляется, как правило, необходимость в комплектовании групп экспертов. Причина в том, что экспертиза очень редко организуется для ответа на простой, «одиночный» вопрос. Чаще всего это комплекс взаимосвязанных вопросов или один такой сложный, ответить на который можно, лишь разбив его на более мелкие. Конечно, речь идет о взаимосвязанном круге вопросов, не распадающемся на самостоятельные. В противном случае нужна не одна, а несколько разных процедур отбора.

При реализации вышеизложенных процедур следует иметь в виду, что есть определенные правила формирования коллектива экспертов, при этом, некоторые правила являются необходимыми условиями корректности экспертизы. Трудность выполнения необходимых условий состоит в том, что многие из них противоречивы и требуют определения компромиссного решения, которое может быть найдено только профессиональным специалистом по организации и проведению экспертиз – когнитологом.

Например, одним из требований является профессиональная и интеллектуальная неоднородность экспертной группы. Это требование

вытекает из концептуальной гипотезы, что усреднение субъективных мнений экспертов дает результат, приближающийся к объективной истине. Это означает, что эксперты кроме близкой общей профессиональной ориентации (однородность), должны обладать уникальными субъективными взаимодополняющими знаниями (разнородность). Если знания являются противоречивыми, а эксперты не толерантными, т.е. не готовыми к восприятию новых или альтернативных знаний, то согласованный результат не будет достигнут (процедура ЭО является расходящейся).

Другое обязательное требование заключается в том, что участие специалиста в экспертизе должно быть добровольным, не по принуждению. Это означает, что эксперт лично заинтересован в эффективном решении проблемы. Но вместе с этим должна быть полностью исключена его ангажированность, т.е. личная заинтересованность в конкретном результате экспертизы, например, заинтересованность члена судейской коллегии в победе конкретного спортсмена, или члена комиссии по проведению тендерных торгов в победе конкретного участника. В полной мере это касается и тех членов профессиональной группы, которые организуют и проводят экспертизу.

Еще одно важное требование заключается в исключении авторитарного давления, т.е. влияния на экспертов обличенных властными полномочиями, имеющими высокий административный и профессиональный статус членов экспертной группы. Для этого используются различные организационные и технологические приемы, к которым относятся анонимность высказываемых экспертами мнений, обеспечение независимости экспертов от организации заказчика экспертизы и др.

Вместе с этим экспертная группа должна быть мотивирована морально и материально. Желательно, чтобы мотивация была коррелирована с конечными результатами экспертизы.

При стимулировании коллектива следует иметь в виду закономерности, которые наблюдаются между результатом и силой стимула, для того, чтобы управлять ими (рис. 2.1) [21].

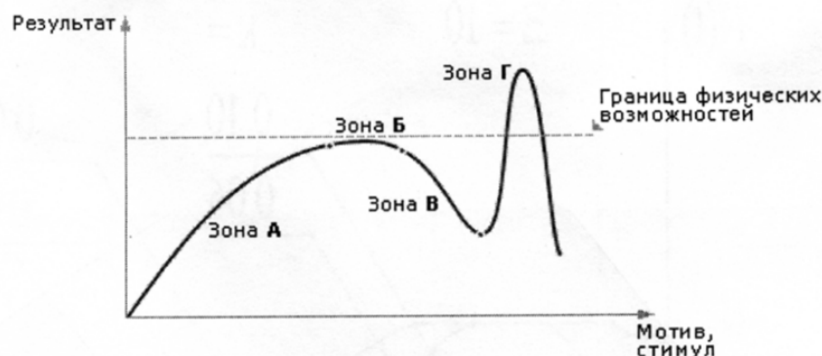


Рис. 2.1. Зависимость результатов индивидуальной деятельности человека от степени ее мотивации

Рост стимулов, мотивированность деятельности (рис. 2.1, зона А) ведет к росту результатов. Дальнейшее стимулирование (зона Б) не ведет к росту результатов в силу естественных ограничений возможностей человека. Дальнейшее наращивание мощности стимула (зона В) сковывает возможности человека; человек, которому поставлены слишком сильные стимулы, может наоборот вести себя скованно и в результате не сумеет достичь даже тех результатов, которые бы он мог достигнуть в нормальной обстановке. И, наконец, в условиях стресса (зона Г) происходит резкое возрастание результатов деятельности человека. Стресс вызывает мобилизацию всех человеческих сил (в том числе и подсознательных) для решения проблемы. Следует иметь в виду, что возвращение организма (восстановление) к нормальному функционированию после стресса – процесс достаточно медленный. Цепь быстро чередующихся стрессов может вызвать необратимые последствия в организме человека, так как возможен переход через критический порог истощения ресурсов, и даже смерть.

Следует отметить, что, с точки зрения объективности, наиболее благоприятными являются случаи, когда эксперту безразличен тот или иной конечный результат и он мотивирован только стремлением получить объективно эффективный вариант решения проблемы.

Учитывая вышеуказанные требования, возникает ряд задач, связанных с формированием экспертных групп. Одна из них

заключается в определении оптимальной численности экспертной группы, другая – в обеспечении качества результатов экспертизы. Третья задача заключается в определении согласованности мнений экспертов.

Важность перечисленных задач определяется тем, что конечный результат зависит как от профессиональных качеств отдельных экспертов, так и от количества членов ЭГ. Причем, как отдельный эксперт, так и группа экспертов определяются следующими характеристиками: компетентность, креативность, отношение к экспертизе, конформизм, широта мышления, аналитичность, коллективизм.

Таким образом, задачи формирования экспертов может быть разделена на три задачи: выявление множества специалистов-кандидатов в эксперты, оценка их компетентности, составление из компетентных специалистов экспертных групп.

Выявить полное множество специалистов-экспертов по рассматриваемому вопросу (кругу взаимосвязанных вопросов) не всегда просто, особенно в новых или пограничных областях знаний, где априорно не ясен не только наличный состав экспертов, но и содержательное наполнение понятия «эксперт».

На практике зачастую используются чрезвычайно упрощенные способы составления списков специалистов-экспертов, не имеющие каких-либо серьезных обоснований. Так, даже специальная комиссия американских ученых, изучавшая принципы формирования комитетов научных консультантов при правительстве США, пришла к заключению, что списки специалистов составлялись по «телефонному» или «приятельскому» методу, т. е. из числа приятелей составителя.

Наиболее распространенным и эффективным является метод «снежного кома». Метод исходит из предпосылки, что специалист, занимающийся организацией экспертизы, заранее знает хотя бы несколько лиц, которые определенно являются специалистами в требуемом понимании. Каждого из этих лиц просят назвать

известных им специалистов в данном вопросе. Названных новых лиц просят в свою очередь сделать то же самое и т. д. Этот процесс оканчивается на той итерации, в которой имеющийся к тому моменту список не пополнится ни одним новым лицом.

Несмотря на кажущуюся простоту метод «снежного кома» достаточно эффективен, так как позволяет выявить достаточно полный круг специалистов, и информативен, так как содержит богатую латентную (скрытую) информацию, которую можно выявить в результате дополнительного анализа.

Так, например, можно считать, что специалисты, имена которых при опросе назывались чаще других являются действительно авторитетными, широко известными и, наоборот, люди, имена которых назывались редко, имеют более низкий рейтинг. С другой стороны, если при опросе потенциальный кандидат называет широкий круг специалистов, это с одной стороны характеризует его эрудицию, а с другой – его толерантность к компетентности коллег, а, следовательно, готовность к сотрудничеству с ними. Другая ситуация заключается в том, что если кандидат называет мало (одну, две) фамилии, то это может означать или его плохое знание предметной области экспертизы или его высокое самомнение (кроме себя он не видит достойных специалистов). В обоих случаях нужно очень осторожно и внимательно отнестись к вопросу включения его в экспертную группу.

В результате специалисты организаторы-экспертизы могут получить очень ценную количественную информацию, характеризующую компетентность потенциальных кандидатов и их авторитета у коллег. Конечно, эта информация должна быть проверена другими способами.

Недостаток метода «снежного кома» заключается в его громоздкости и необходимости для реализации больших временных и трудовых затрат. Среди прочего, это обусловлено тем, что каждый потенциальный кандидат должен быть ознакомлен с четко и подробно сформулированными целями и задачами экспертизы и

дать согласие на добровольное участие в ней. Такое согласие означает, что кандидат понимает проблему, осознает ее значимость и действительно лично заинтересован в ее анализе, обсуждении и решении. В результате будет выполнено одно из упомянутых выше необходимых условий успешности экспертизы – добровольное, а не принудительное участие в ней.

Следующий этап заключается в определении конкретного состава экспертной группы из числа возможных претендентов.

2.2. Формализация процесса формирования экспертной группы

Формализация процессов подготовки и проведения процедуры КЭО является необходимым условием перехода от субъективного искусства к нормативным правилам и моделям, обеспечивающим воспроизводимость, аргументированность и эффективность принимаемых решений, т.е. способствует формированию общей теории коллективного принятия решений.

Процесс формирования коллектива экспертов (экспертной группы) может быть представлен следующим образом (рис. 2.2).

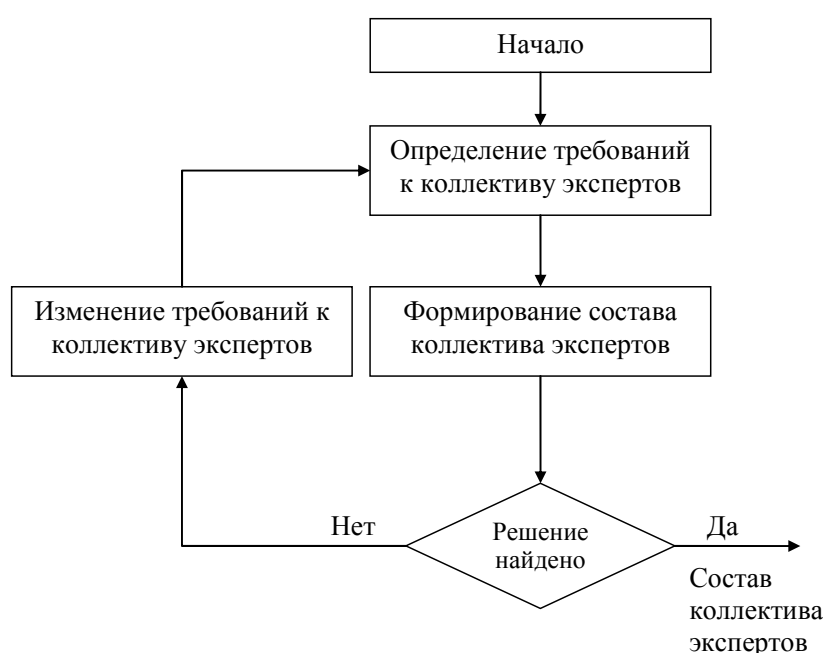


Рис.2.2. Процесс формирования состава коллектива экспертов

Формально постановка задачи формирования экспертной группы может быть представлена следующим образом [22]. Пусть:

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ – множество претендентов на формирование коллектива экспертов;

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ – множество функций, которые могут быть выполнены коллективом.

Каждый претендент характеризуется множеством характеристик: $L_{Q_i} = \{l_1, l_2, \dots, l_k\}$ и возможностью выполнения функций: $F_Q = \{f_1, f_2, \dots, f_t\}$.

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ – множество заданных коэффициентов резервирования для соответствующей функции.

Коэффициент резервирования определяет минимально необходимое количество экспертов, способных реализовывать данную функцию для обеспечения экспертизы и подготовки решений управления. Возможности претендентов в экспертную группу сводятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Возможности претендентов
по выполнению соответствующих задач**

Q \ A	a_1	a_2	...	a_m
q_1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1m}
q_2	R_{21}	R_{22}	...	R_{2m}
	...	...	...	...
q_n	R_{n1}	R_{n2}	...	R_{nm}

R_{ij} – элемент $(n \times m)$ матрицы, которая показывает возможности претендентов по выполнению соответствующей функции экспертизы (табл. 2.1). Если i -й претендент способен выполнить j -ю функцию, то $R_{ij} = 1$, в противном случае $R_{ij} = 0$.

Таким образом, для выбора из множества претендентов состава

коллектива экспертов $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ ($d_i = 1$, если i -й претендент входит в состав коллектива, и $d_i = 0$ в ином случае) необходимо определить подмножество минимальных затрат ($\sum_{i=1}^n d_i \cdot c_i \rightarrow \min$) для какой-либо функции (задачи), принадлежащей множеству функций коллектива. Здесь c_i – затраты на привлечение к экспертизе i -го специалиста. При этом предполагается, что количество членов коллектива экспертов, способных выполнять данную функцию (задачу), обязано удовлетворять требованиям задачи резервирования функций $\sum_{i=1}^n d_i R_{ij} \geq k_j, j = \overline{1, m}$.

2.3. Оценивание компетентности потенциальных экспертов

Центральной задачей формирования экспертной группы (ЭГ) является оценка компетентности потенциальных экспертов. Центральное место этой задачи определяется ее высокой трудоемкостью и важностью. Первое обусловлено тем, что оценивание необходимо провести для всех специалистов, включенных в число потенциальных кандидатов в ЭГ, а второе обусловлено тем, что уровень компетентности специалистов, включенных в ЭГ, полностью определяет качество результатов работы группы.

Принятая в настоящее время логика определения компетентности такова. Вначале понятие компетентности (качества, пригодности, объективности эксперта) специалиста подвергается анализу на предмет выделения отдельных характеристик (свойств, качеств), выражающих это понятие. Затем производят измерение этих характеристик, для чего используют ряд специальных методов. Полученные (обычно в количественной форме) результаты измерений каким-либо образом агрегируют и получают обобщенное значение компетентности каждого из кандидатов в эксперты. При

реализации этой программы возникают серьезные трудности.

Указанные трудности обусловлены тем, что понятие компетентности эксперта не исчерпывается понятием профессиональной компетентности, которая определяется полнотой, глубиной профессиональных знаний и опытом их применения. Понятие компетентности эксперта предполагает наличие определенных морально-психологических качеств, инициативности, умения работать в группе, качеств лидера, готовность брать ответственность на себя и т.д. Поэтому очень трудно составить список характеристик компетентности так, чтобы он был достаточно полон и, в то же время, содержал лишь действительно существенные характеристики. Знакомство с литературой по этому вопросу показывает, что авторы чрезмерно увлекаются стремлением к полноте. Чем больше они задумываются над понятием «компетентность», тем больше новых граней этого понятия они открывают, и этот процесс может оказаться бесконечным. В литературе можно найти такие характеристики, как «профессиональная компетентность, заинтересованность в результатах экспертизы, собранность, контактность, объективность», «оригинальность мышления, творческое воображение», «креативность, эвристичность, предикаторность», «храбрость, настойчивость, управляемая агрессивность», и даже такие, как «владение иностранными языками, регулярность занятий спортом или физическими зарядками, регулярность участия в культурных зрелищных и прочих отвлекающих мероприятиях».

«Компетентность» должна быть не только содержательно описана, но и определена, измерена, предложенные характеристики должны поддаваться выявлению, наблюдению, надежному измерению. Между тем эмпирический смысл приведенных выше и им подобных характеристик остается неясным, отсутствует четкое соотнесение содержательного описания компетентности и его реального эмпирического проявления. Есть и другая опасность. Если множество характеристик даже удастся измерить, может оказаться, что

специалист – кандидат описан слишком большим числом частных показателей-параметров. Агрегирование значений параметров с целью получения скалярных оценок компетентности – известно как задача многофакторного скалярного оценивания [23]. Это самостоятельная, трудная задача. Пока что она решается так: конечным результатом является взвешенная сумма значений нормализованных частных параметров, причем «веса» последних задаются специалистами по вопросам отбора экспертов, т.е. профессионалами, отвечающими за организацию и проведение экспертизы [24].

Выбор системы характеристик компетентности эксперта – это неформализованная эвристическая задача. Ее решение затрудняется необходимостью удовлетворения следующих отчасти противоречивых требований.

Полнота – набор показателей, которые должны достаточно полно характеризовать компетентность эксперта.

Минимальность – набор должен содержать как можно меньше характеристик.

Неизбыточность – различные показатели не должны учитывать одни и те же характеристики компетентности.

Операционность – каждый показатель должен иметь понятную формулировку, ясный и однозначный смысл, характеризовать определенное качество.

Измеримость – каждый показатель должен допускать возможность оценки (количественной или качественной) интенсивности появления характеризуемого качества.

Перечисленные требования противоречивы и не могут быть удовлетворены одновременно. Поэтому при формировании набора показателей компетентности экспертов приходится идти на компромиссы, основой для которых являются конкретные цели, задачи и особенности экспертной проблемы.

Еще одно требование, которое должно учитываться при синтезе модели оценивания компетентности экспертов, известно как принцип синтеза модели минимальной (оптимальной)

сложности [25]. Принцип базируется на утверждении, что каждая измеряемая характеристика компетентности содержит полезную информацию об эксперте и энтропию (шум), которая характеризует ошибки измерения, степень неопределенности понятия и т.д. При формировании модели оценивания по мере добавления в модель (усложнение) информативных параметров, общая точность оценки сначала повышается, достигает минимального значения, и затем, по мере добавления характеристик с высокой энтропией, начинает ухудшаться. Это означает, что в каждом конкретном случае существует оптимальный набор характеристик компетентности экспертов и его избыточность вредна и недопустима. Вместе с этим необходимо еще раз подчеркнуть, что формирование модели оценивания должно осуществляться квалифицированными профессионалами-когнитологами, а не любителями-дилетантами.

Несмотря на уникальность каждой экспертизы, в теории КЭО постепенно формируется нормативный базис универсальных способов и методов измерения компетенции. К ним в частности относятся методы: самооценки специалистов, их взаимная оценка, судейский, документальный, тестовый методы и др.

Результаты использования первых трех зависят от личных свойств, симпатий, антипатий, самоуверенности, скромности и т.п. Если человеку свойственно ошибаться, то в первую очередь это происходит при оценке самого себя.

Весьма продуктивными являются документальный и тестовый метод.

Документальный метод использует различные объективные, в основном документально подтвержденные данные, в том числе социально-демографического характера. Используются данные о возрасте, ученой степени, профессиональном стаже, количестве публикаций, изобретений специалиста и т.п.

Тестовый метод, предполагает оценку компетентности с помощью тестовых испытаний специалистов. Надо отметить, что многолетний опыт использования тестов в разных областях выявил

присущие этому методу особенности, требующие весьма осторожного к нему отношения. Применительно к экспертным оценкам нужно добавить, что кандидат – это потенциальный эксперт и всякие действия, превращающие его из возможного субъекта оценки в объект оценки могут отрицательно повлиять на желание экспертов участвовать в экспертизе вообще. Кроме того, требует обоснований близость тестовой задачи к той, которую придется решать экспертам на практике. Тем не менее, если отбросить трудности, которые не преодолевает до конца ни один метод, по своей идее именно тестовый метод ставит задачу оценки компетентности наиболее верно – для того, чтобы судить о пригодности специалиста, надо проверить его на деле.

Всегда можно поставить под сомнение утверждение типа: «чем старше специалист и чем больше у него публикаций, тем он лучше как эксперт». Зато трудно оспорить то, что тщательно проверенный на какой-то задаче человек будет примерно также решать и аналогичную задачу. Важно только обеспечить тщательность проверки и сходство тестовой и реальной задач. Добавим, что при всех своих минусах тесты (в широком понимании) остаются основным инструментом оценки пригодности кандидатов в профессиональном отборе.

Особую роль в экспертном оценивании, играет такая характеристика, как профессиональная компетентность экспертов. Профессиональная компетентность – это степень квалификации эксперта в определенной области знаний. Профессиональная компетентность может быть определена на основе анализа степени плодотворности деятельности специалиста, уровня и широты знакомства с достижениями мировой науки и техники, понимания проблем и перспектив их развития. В частности, можно оценивать профессиональную компетентность экспертов по наличию ученой степени и занимаемой должности. В зависимости от ученой степени и занимаемой должности эксперту приписывается некоторый "вес".

В табл. 2.2 в качестве примера приведены балльные оценки,

приписываемые экспертам, работающим в научно-исследовательской организации [26,27].

Однако не всегда ученая степень определяет компетентность экспертов. Это подтверждается и экспериментальными данными.

Для оценки профессиональной компетентности ряд авторов предлагают использовать такие показатели, как количество публикаций, количество ссылок на научные труды эксперта и другие показатели. Несомненно, эти показатели в определенной степени отражают его компетентность. Однако, во-первых, однозначной зависимости между этими показателями и уровнем компетентности не существует и, во-вторых, непосредственное измерение этих показателей представляет собой трудоемкую работу.

Таблица 2.2

Бальные оценки профессиональной компетентности экспертов

Занимаемая должность	Специалист без степени	Кандидат наук	Доктор наук	Академик, член-корреспондент
Ведущий инженер (конструктор)	1,0	-	-	-
Младший научный сотрудник	1,0	1,5	-	-
Старший научный сотрудник	-	2,25	3,0	-
Заведующий лабораторией, сектором, руководитель группы	2,0	3,0	4,0	6,0
Заведующий отделом, заместитель заведующего отделом	2,5	3,75	5,0	7,5
Руководитель комплекса отделений	3,0	4,5	6,0	9,0
Директор, заместитель директора	4,0	6,0	8,0	12,0

В связи с этим широкое распространение получили оценки профессиональной компетентности на основе самооценки

(анкетный опрос). В этой методике профессиональная компетентность экспертов оценивается коэффициентом компетентности K , который вычисляется на основе субъективного суждения эксперта о степени своей информированности по решаемой проблеме и указания типовых источников аргументации своих мнений [26,27]. Коэффициент компетентности K на основе самооценки вычисляется по формуле

$$K = \frac{1}{2}(k_u + k_a),$$

где k_u – коэффициент информированности по проблеме, на основе самооценки эксперта по десятибалльной шкале и умножения этой оценки на 0,1;

k_a – коэффициент аргументации, определяемый в результате суммирования баллов (табл. 2.3).

Для определения коэффициента k_a каждому эксперту предоставляется таблица 2.3, в которой столбцы 2,3,4 не заполнены. В ней эксперт отмечает (без цифр), какой источник он оценивает по градациям А,В,С. После наложения полученной таблицы эксперта на эталонную (табл. 2.3) подсчитывается количество баллов по всем источникам аргументации. При этом, если $k_a=1$, то самооценка профессиональной компетентности высокая; если $k_a=0,8$ – то средняя; если $k_a=0,5$ – то низкая. Таким образом, коэффициент компетентности на основе самооценки изменяется в пределах $0 \leq k \leq 1$.

Следует заметить, что содержание всех столбцов эталонной таблицы обычно формирует ЛПР в зависимости от значимости рассматриваемой проблемы.

Взаимооценка компетентности экспертов применяется при наличии в ЭГ экспертов, которые знакомы между собой и знают профессиональную компетенцию друг друга. Между экспертами должны быть дружественные отношения.

По результатам опроса членов группы может быть построена

матрица компетентности экспертов, элементами которой являются ранги r_{ij} компетентности экспертов. Такая матрица отображает квалификацию каждого i -го эксперта по мнению j -го эксперта. Данные ранги определяются каждым экспертом отдельно и рассчитываются при помощи парного сравнения компетентности экспертов. На базе данной матрицы вычисляются коэффициенты компетентности экспертов.

Таблица 2.3

Эталонная таблица самооценки эксперта

Источник аргументации	Уровень влияния источника на мнение эксперта		
	А (высокий)	В (средний)	С (низкий)
1	2	3	4
Проведенный экспертом теоретический анализ данной проблемы	0,3	0,2	0,1
Производственный опыт эксперта, связанный с решаемой проблемой	0,3	0,25	0,1
Участие в семинарах, совещаниях в своей стране по исследуемой проблеме	0,02	0,02	0,02
Знакомство с работами зарубежных авторов по рассматриваемой проблеме	0,06	0,06	0,06
Количество проектов, в подготовке, реализации и экспертизе которых эксперт принимал участие	0,3	0,25	0,20
Влияние интуиции эксперта на принимаемые решения	0,02	0,02	0,02
Коэффициент k_a аргументации	1	0,8	0,5

Известны несколько подходов к решению задачи определения компетентности экспертов методом взаимооценки [28]. Некоторые авторы обращают внимание на особенности взаимооценки экспертов, на требования к матрицам парных сравнений [16].

Какие бы методы ни применялись для определения компетентности экспертов, всегда в результате каждый кандидат будет характеризоваться набором (кортежем) значений ряда параметров, являющихся измеримыми эмпирическими

индикаторами содержательно сформулированных характеристик.

Число таких параметров, даже при условии выполнения указанных выше требований к избыточности и оптимальности модели оценивания, на практике обычно достаточно велико. При этом возникает сложная задача агрегирования значений параметров с целью получения обобщенной скалярной оценки компетентности экспертов. Эта задача известна как проблема скалярного многофакторного оценивания. Методам ее решения посвящена обширная литература [23,29] и здесь они не рассматриваются. На основе полученной скалярной оценки все множество потенциальных экспертов упорядочиваются в порядке убывания компетентности. При этом обобщенная скалярная оценка является количественной и позволяет не только установить отношение порядка, но и силу предпочтения, которая характеризуется разностью соседних оценок.

2.4. Определение количественного и персонального состава экспертной группы

Определение конкретного количественного и персонального состава экспертной группы является слабо формализованной задачей, решение которой базируется в основном на субъективных соображениях когнитологов, отвечающих за организацию общей процедуры экспертного оценивания. Трудность выработки общих рекомендаций по численному составу экспертной группы обусловлена необходимостью учета конкретных целей и задач экспертизы, мощности множества потенциальных кандидатов в эксперты, степени близости оценок их компетентности, организационных, морально-этических факторов и т.д. Таким образом, задачи определения количественного и персонального состава экспертной группы тесно связаны, их невозможно разделить и необходимо решать комплексно. Поэтому, имеющиеся в литературе формальные рекомендации по определению количественного состава экспертных групп необходимо рассматривать как ориентировочные.

Вместе с этим, необходимо учитывать, что по оценкам специалистов мнение малочисленной экспертной группы стремится к единоличному мнению одного из членов группы, а мнение излишне многочисленной группы – к мнению дилетанта. В первом случае это обусловлено недостаточным разнообразием мнений, а во втором – неизбежной необходимостью включения в экспертную группу специалистов со все более низкой оценкой компетентности. Этот тезис подтверждается, в частности, практикой проведения социологических исследований, когда для корректной идентификации общественного мнения привлекается до нескольких тысяч человек.

В основе определения численности и персонального состава экспертной группы должно лежать выделение компактного множества специалистов, имеющих близкие рейтинги компетентности.

Как показано выше (раздел 2.3) каждый кандидат в эксперты характеризуется кортежем (матрицей строкой) значений компетенций размерности n . Тогда исходные данные для выбора состава экспертной группы можно представить матрицей размером $N \times n$, где N – число кандидатов в эксперты, n – число характеризующих параметров. Каждый элемент этой матрицы x_{ij} имеет смысл значения j -го параметра для i -го кандидата. На основе этой информации каждого кандидата в эксперты можно представить как точку в n -мерном пространстве характеристик. В этом пространстве компетентные специалисты образуют некоторую компактную группу по расстояниям, измеренным в евклидовой, манхэттенской, по критерию ближайшего соседа или любому другому комплексному критерию. На выделенном компактном множестве экспертов можно определить «центр тяжести» и вокруг него описать гиперболу радиуса R . Величина этого радиуса будет определять количественный и качественный состав экспертной группы. При выборе величины радиуса R можно ориентироваться на желаемую численность группы или на порог компетентности экспертов.

Ориентиром для выбора величины радиуса R могут служить некоторые формальные рекомендации по численности экспертной группы или порогу компетентности претендентов. При этом необходимо учитывать, что степень согласованности мнений членов экспертной группы, которая является косвенной характеристикой качества экспертизы, существенно зависит от «плотности» оценок компетентности экспертов. При этом могут быть упущены (потеряны) оригинальные решения, которые не предложены экспертами, имеющими малые рейтинги компетентности по незнанию того, что этого делать нельзя или это невозможно. Поэтому задача выбора величины радиуса R является, по крайней мере, двухкритериальной.

Таким образом, немаловажным является вопрос о количестве экспертов в экспертной группе. В различных источниках их число варьируется от 10 до 150. Количество экспертов влияет на точность групповой оценки. Уменьшение числа экспертов ведет к снижению точности прогноза, так как на конечный результат влияет мнение каждого эксперта. Увеличение числа экспертов, хотя и повышает точность прогноза, однако усложняет организацию проведения экспертизы, увеличивает затраты, удлиняет сроки ее проведения. При слишком большом количестве экспертов их мнения становятся несогласованными (за счет экспертов низкой квалификации). Поэтому при выборе числа экспертов необходим компромисс между такими характеристиками, как точность, трудоемкость работы, время проведения экспертизы.

Существует несколько методов определения численности группы экспертов. Наиболее часто используемый метод заключается в следующем: определяется минимальное и максимальное число экспертов по всем областям знаний, необходимых для решения задачи, исходя из достоверности результатов экспертизы. Далее после определения зависимости между достоверностью, расходами на проведение экспертизы и предполагаемым количеством экспертов определяется оптимальная

численность группы экспертов. Данный метод является неэффективным, так как зависит в основном от финансовых затрат на проведение экспертизы [30].

Установление оптимального количества экспертов в группе является сложной задачей. Если экспертов много, то в группу с высокой вероятностью попадают некомпетентные эксперты. Если же экспертов мало, то результат экспертизы существенно зависит от конкретных лиц, попавших в эксперты. Максимальная численность экспертной группы может быть определена на основе неравенства [23,29,30]:

$$N_{\max} \leq \frac{3}{2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{K_{\max}},$$

где $N_{\max}$ – максимальное количество экспертов в группе; K_i – компетентность i -го эксперта из шкалы компетентности; $K_{\max}$ – максимально возможная компетентность эксперта из шкалы компетентности.

Минимальная численность экспертной группы может быть определена из неравенства [24,30,31]:

$$\frac{B - B'}{B_{\max}} < \varepsilon,$$

где B – средняя оценка прогнозируемой величины в баллах, данная экспертной группой; B' – средняя оценка, данная экспертной группой, из которой исключен или наоборот включен один эксперт; $B_{\max}$ – максимально возможная оценка прогнозируемой величины в принятой бальной шкале оценок; ε – задаваемая величина средней ошибки при добавлении или исключении эксперта.

Таким образом, численность экспертов в группе устанавливается в пределах $N_{\min} \leq N \leq N_{\max}$. В зависимости от

величины измерения средней ошибки ε минимальную численность экспертной группы можно также определять по формуле [31]:

$$N_{\min} = 0,5 \left(\frac{3}{\varepsilon} + 5 \right).$$

Численность экспертов в группе можно определить и на основе выборочного наблюдения [33]:

$$N = \frac{P(1-P)}{\Delta_p^2} K_c^2,$$

где N – число экспертов в группе; P – веса экспертов, которые удовлетворяют признакам, установленным организаторами экспертизы (например, стаж работы в исследуемой области не менее 10 лет или количество публикаций не менее 5 или 10 и т.п.); K_c – критерий Стьюдента при заданном уровне вероятности (интервал доверия); Δ_p – средняя граничная ошибка.

2.5. Алгоритмизация и автоматизация решения задачи выбора состава экспертной группы на основе теории прецедентов

Как было показано выше, процесс подготовки и проведения коллективной экспертизы включает в себя этапы определения предмета экспертизы, формирование ее целей и задач, выделение множества возможных экспертов, их анкетирование и идентификация компетентности, формирование состава конкретной экспертной группы, проведение, собственно, экспертизы. Реализация каждого этапа, как подготовительного, так и основного, требует больших временных и финансовых затрат, независимо от того кто организует и проводит экспертизу – заказчик (пользователь) или внешняя профессионально ориентированная организация.

С учетом этого, если метод коллективного экспертного оценивания является систематическим и повторяющимся элементом жизненного цикла деятельности организации возникает

необходимость и целесообразность алгоритмизации и автоматизации всех этапов подготовки и реализации экспертизы на основе накопления, систематизации, хранения ретроспективной информации и алгоритмизация процессов принятия как организационных, так и функциональных решений на этапах подготовки и проведения коллективных экспертиз по мере возникновения необходимости их проведения.

Анализ показывает, что в основу автоматизации наиболее ресурсоемких и определяющих потенциальное качество экспертизы подготовительных этапов, таких как формирование множества потенциальных экспертов и выбора проблемно – ориентированного состава экспертной группы могут быть положены инструментальные средства методологии рассуждений на основе прецедентов известной как Case-Based Responding (CBR) [34-36].

Большой интерес к моделям и методам рассуждений на основе прецедентов обусловлен тем, что на сегодняшний день весьма актуальна проблема моделирования человеческих рассуждений для информационных систем поддержки принятия решений. Понимание широких возможностей подхода привело к созданию и быстрому развитию теории прецедентов.

Использование прецедентов – это не изобретение сегодняшнего дня. В юриспруденции многих стран мира это известный прием, который широко используется, прежде всего, в учебных заведениях при обучении студентов юридических специальностей. В последние годы вывод по прецедентам начал использоваться и в научно-технических приложениях. «CBR – это способ решения новых проблем путем адаптации решений, которые использовались ранее в аналогичных ситуациях» [37].

Методы CBR успешно применяются также для решений широкого круга задач классификации, диагностики, прогнозирования, предсказания, планирования и проектирования в различных предметных областях. Применение в интеллектуальных системах подготовки и принятия решений (СППР) на основе

прецедентов позволяет повысить эффективность принятия решений при возникновении проблемных ситуаций, для чего производится поиск и адаптация принятых ранее решений для подобных проблемных ситуаций, которые могут быть сохранены в форме прецедентов в хранилище прецедентов (ХП) [38].

В терминологии CBR, прецедент понимается как проблемная или заранее известная ситуация, которая была сохранена с целью повторного использования. Термин «решение задачи» в данном контексте имеет широкое значение, но не обязательно нахождение конкретного решения соответствующей задачи, может быть другая задача – новая интерпретация решаемой задачи или получение информации.

Обобщенная схема принятия решений на основе прецедентов представлена на рис. 2.3.

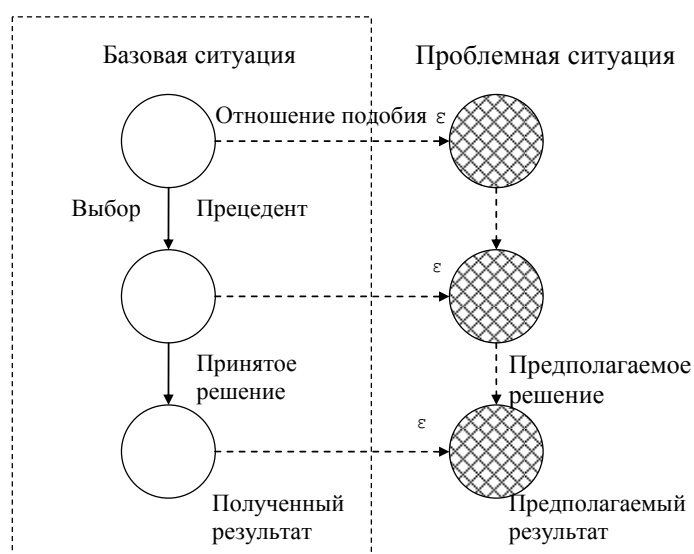


Рис.2.3. Обобщенная схема принятия решений на основе прецедентов

В качестве базы прецедентов (БП) могут выступать системы управления базами данных (СУБД), специализированные серверы знаний, DataMining, OLAP модели и т.д. [27]. Ситуация, на основании которой сформирован прецедент, в дальнейшем считается базовой ситуацией и сохраняется в БП. Модели и инструментальные методы

реализации прецедентного метода создают систему поддержки прецедентных решений СППР (рис. 2.4).

СППР прецедентного типа – класс систем автоматизированного вывода решений, основанных на принципах повторяемости ситуации и использования ранее принятых решений.

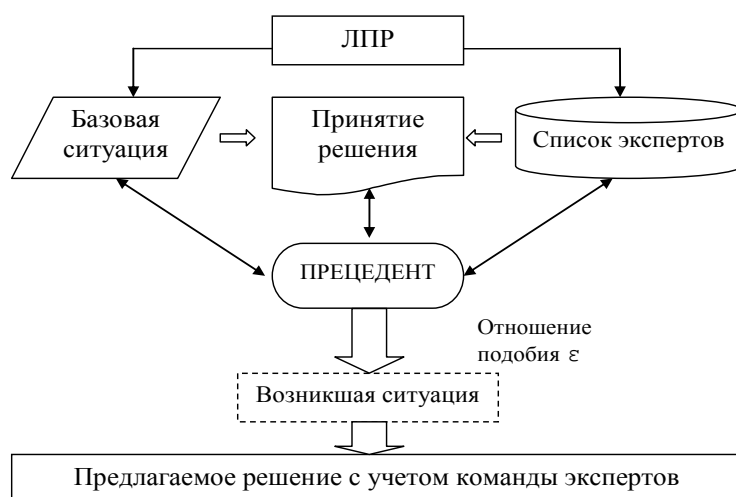


Рис. 2.4. Принятие коллективных экспертных решений на основе прецедентов

Обычно CBR-цикл выполняется при непосредственном взаимодействии с ЛПР. Многие прецедентные системы только извлекают из БП наиболее уместные прецеденты и оставляют процесс адаптации на усмотрение ЛПР.

Алгоритм формирования экспертной группы (ЭГ) в рамках методологии теории прецедентов можно представить состоящим из следующих шагов:

Шаг 1. Производится идентификация проекта (анализ структурной проблематики исследования), определение ключевых показателей проекта.

Шаг 2. Указываются ограничения на количество экспертов в ЭГ.

Шаг 3. Производится обращение к БД хранилища прецедентов.

Шаг 4. Поиск оптимального решения в БД прецедентов ХП: описание текущей ситуации предметной области и выявление полученного описания понятий из имеющихся категорий; построение

описания на языке представления ситуаций; поиск эталонной ситуации, в пределах заданного интервала близости; сужение поиска путем включения в поиск учета атрибутов объектов понятий; оптимизация процесса нахождения оптимальной выборки кандидатов.

Шаг 5. Выбор кандидатов ЭГ (проекты, в которых участвовали эксперты, были успешными).

Шаг 6. Корректировка просматриваемого списка экспертов с применением модифицированного документационного метода.

Шаг 7. Формирование ЛПР новой ЭГ и запись в БД прецедентов, если не найдены совпадения.

При формировании и занесении нового прецедента в БД прецедентов уместно каждому признаку присвоить вес, учитывающий его относительную ценность.

Степень близости прецедента по всем признакам вычисляется, используя обобщенную формулу вида:

$$s_i = \sum_j w_j \cdot \text{sim}(x_{ij}, x_{kj}), \quad (2.1)$$

где w_j – вес j -го признака; sim – функция подобия; x_{ij}, x_{kj} – значения признака x_j для текущего случая и прецедента, соответственно.

Рассчитав по формуле (2.1) значение для каждой модели, получим следующее множество:

$$SM = (S_1, S_2, \dots, S_n).$$

После вычисления степеней близости все прецеденты представляем в единый ранжированный список.

Данный метод не представляет особой сложности в реализации, но для его выполнения необходимо выделение значительного ресурса памяти, так как в процессе нахождения значения зависимой переменной для новой записи используется вся существующая БД, представленная на рис. 2.5.

Выбор меры близости считается ключевым моментом, от которого зависит поиск подходящих прецедентов. В каждой конкретной задаче выбор производится на основании своего набора правил с учетом

главных целей исследования, физической и статистической природы используемой информации и т.п. Близость объектов определяется через отношения подобия между ними. Рассматривается подход с применением Евклидова расстояния и меры сходства Хэминга.

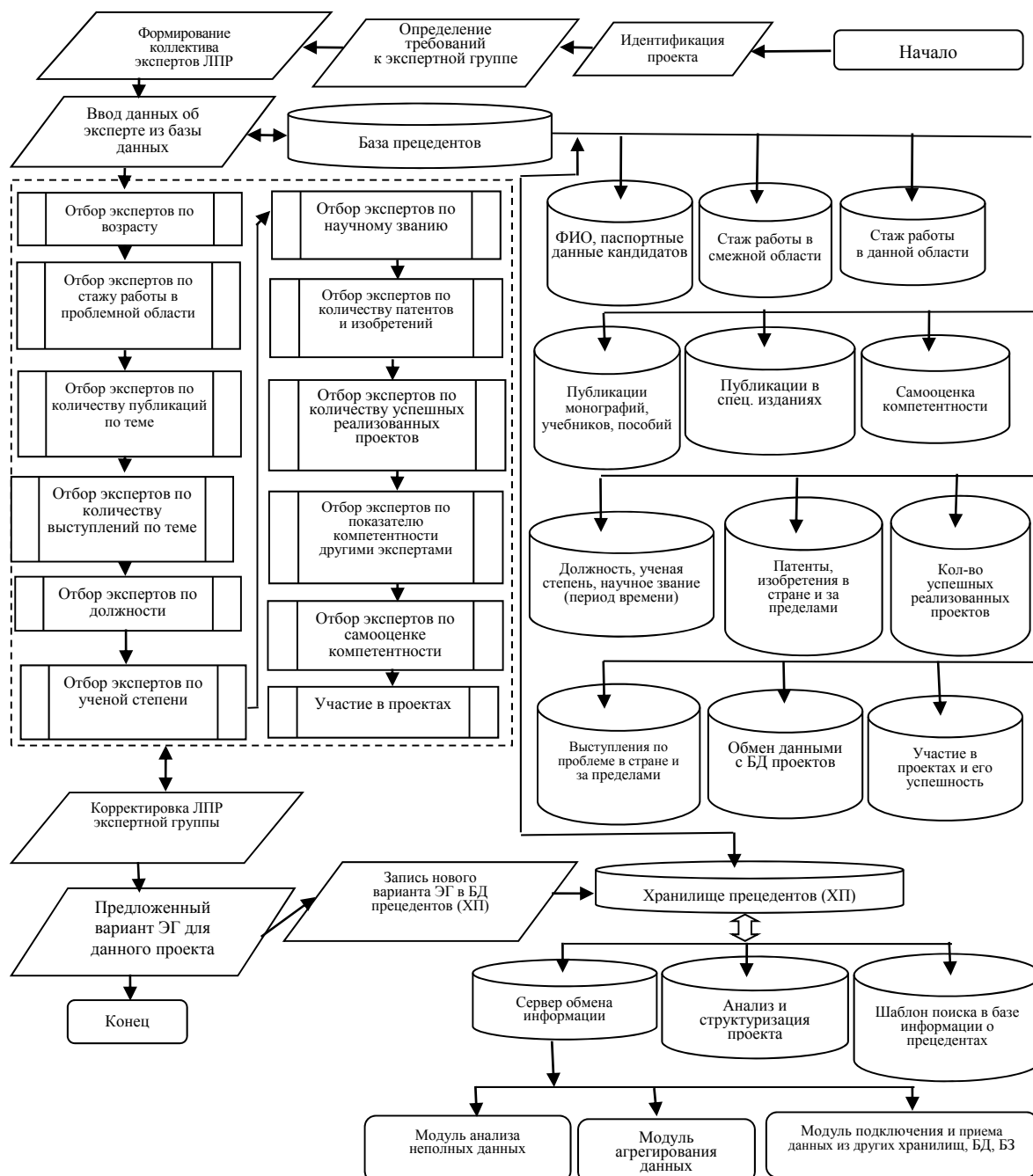


Рис. 2.5. Формирование экспертной группы на основе теории прецедентов

Пусть имеются образцы X_i и X_k в N -мерном пространстве признаков. Для ситуации, когда при оценивании претендентов известны точные количественные значения их характеристик $V_i(x)$ и их функции полезности $m_i[V_i(x)]$, математическая модель задачи формирования многофакторной оценки альтернативы $x \in X$ будет иметь вид:

$$\Phi(x) = \sum_{i=1}^n a_i m_i[V_i(x)], \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1,$$

при принципе оптимальности

$$x^\circ = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i m_i[V_i(x)] \quad \text{или} \quad x^\circ = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i \bar{m}_i[V_i(x)],$$

где $\bar{m}_i[V_i(x)] = 1 - m_i[V_i(x)]$ – функция потери полезности.

Основные метрики, традиционно используемые при выборе прецедентов, приводятся в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Основные метрики определения меры близости

Наименование метрики	Тип признака	Формула для оценки меры близости
1	2	3
Эвклидово расстояние	Количественные	$d_{ik} = \left(\sum_{j=1}^N (x_{ij} - x_{kj})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$
Манхэттенская метрика	Количественные	$d_{ik}^{(l)} = \sum_{j=1}^N x_{ij} - x_{kj} $
Мера сходства Хэминга	Номинальные (качественные)	$\mu_{ij}^H = \frac{n_{ik}}{N}$ где n_{ik} – число совпадающих признаков у образцов X_i и X_k
Мера сходства Роджерса-Хэмминга	Номинальные шкалы	$\mu_{ij}^{R-T} = n_{ik}'' (n_i' + n_k' - n_{ik}'')$ где n_{ik}'' – число совпадающих единичных признаков у образцов X_i и X_k ; n_i', n_k' – общее число единичных признаков у образцов X_i и X_k

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
Расстояние Махалонобиса	Количественные	$d_{ik}^M = (x_{ij} - x_{ki})^T W^{-1} (x_{ij} - x_{kj})$, где W – ковариационная матрица выборки $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$;
Расстояние Журавлева	Смешанные	$d_{ik} = \sum_{j=1}^N I_{ik}^j$, где $I_{ik}^j = \begin{cases} 1, \text{если } x_{ij} - x_{kj} < \varepsilon \\ 0, \text{иначе} \end{cases}$

В ситуации, когда точные количественные значения a_i неизвестны, но известна качественная информация по взаимоважности оценивания критериев, то справедливо

$$V_1(x) \succ, \dots, V_n(x).$$

Для выбора лучшего кандидата из имеющегося множества кандидатов X выделяется подмножество x_1° эквивалентных

$$x_1^\circ = \arg \max_{x \in X} m_i [V_i(x)].$$

Решается задача выбора кандидатов из множества x_1° по критерию важности. При отсутствии количественной информации о коэффициентах a_i , принимаются условия равенности важности критериев $a_i = 1/n$, $i = \overline{1, n}$, а модель оценивания обобщенной полезности альтернативы $x \in X$ представляется в виде:

$$\Phi(x) = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n m_i [V_i(x)] \right\}.$$

Принцип оптимальности тогда представляется выражением:

$$x^\circ = \arg \max_{x \in X} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n m_i [V_i(x)] \right\}.$$

В ситуации, когда для части критериев $V_i(x)$, $i = \overline{1, n}$ весовые коэффициенты (ВК) известны, а для других оценка превосходства

отсутствует, предполагается рассматривать два множества критериев: множество критериев Y с известными весовыми коэффициентами a_i и множество S , для которого ВК a_i неизвестны:

$$x^\circ = \arg \max_{x \in X} \left\{ \sum_{\substack{i=1 \\ V_i(x) \in Y}}^y a_i m_i[V_i(x)] + \frac{1}{S} \left[1 - \sum_{i=1}^y a_i \right] \sum_{\substack{j=1 \\ V_j(x) \in S}}^s m_j[V_j(x)] \right\}.$$

Подмножество наиболее близких прецедентов используется для получения упорядоченных оценок подобия эталона эксперта в кандидаты для ЭГ. На основе полученных данных принимается решение о включении эксперта в группу по решению данной проблемы.

2.6. Формирование эталонного варианта модели эксперта с использованием теории прецедентов

Известно несколько способов представления прецедента: от записей в базах данных (БД) древовидных структур – до предикатов и фреймов. Выбор представления прецедентов должен соответствовать общим целям системы. Процесс отбора для БД прецедентов, которые используются по мере формирования хранилища прецедентов, представим в виде:

$$D = \langle P_V, P_R, N_A, P_T, V_D \rangle,$$

где P_V – множество входных данных; P_R – множество результатов прецедентов; N_A – множество методов вычислений; P_T – множество типов данных; V_D – множество ограничений результирующих данных.

Процесс занесения в ХП обеспечивается сравнением значений показателей оцениваемого объекта с объектом из хранилища прецедентов X_p , которые конкретизируются в виде системы эталонов, системы нормативов критериев, предъявляемых к эксперту и т.д. Процесс отбора включает операторы сравнения и ему соответствует множество операторов сравнения O_s . Сравнение

проводится как ЛПР непосредственно, так и программным способом, предоставляя итоговые данные ЛПР. Модель процесса измерения имеет вид:

$$M_p = \langle S_h, X_p, O_s, O_{oc}, V_{ts} \rangle,$$

где S_h – пространство шкал; O_{oc} – пространство операторов оценивания; V_{ts} – теснота взаимосвязей между структурными значениями.

Для измерения компетентности специалистов-кандидатов в эксперты предлагается использовать список параметров:

1. возраст (лет);
2. общий трудовой стаж (лет);
3. стаж работы в данной тематической области (лет);
4. стаж работы в данной организации (лет);
5. количество публикаций (за последние 10 лет);
6. количество выступлений на конференциях, совещаниях и пр. (за последние 3 года);
7. занимаемая должность (в баллах от 1 до 5);
8. ученая степень (в баллах от 0 до 2);
9. количество рецензий, данных кандидатом научным журналам (за последние 3 года) ;
10. количество участия в экспертизах научных работ (за последние 3 года);
11. количество ссылок на работы кандидата (в ведущих журналах по данной тематике за последние 10 лет).
12. количество премий, полученных кандидатом на конкурсе научных работ (за последние 5 лет);
13. стаж преподавательской работы (лет);
14. самооценка компетентности.

Как видно, подавляющее большинство параметров – документальные.

Эталонный вариант модели эксперта для ЭГ представим как кортеж U^t (2.2) для дальнейшего формирования критерия отбора по

методу прецедентов:

$$U^t = \left\langle \left\langle u_{lt}^t; u_{stg}^t; u_{pub}^t; u_{vst}^t; u_{dl}^t; u_{us}^t; u_{zv}^t; u_{pt}^t \right\rangle; \left\langle u_{sam}^t \right\rangle; \left\langle u_{usp}^t \right\rangle; \left\langle u_{imn}^t \right\rangle \right\rangle, t = \overline{1, n}, \quad (2.2)$$

или как ассоциативную свертку (2.3)

$$U^t = \left\langle k_1 u_{lt}^t + k_2 u_{stg}^t + k_3 u_{pub}^t + k_4 u_{vst}^t + k_5 u_{dl}^t + k_6 u_{us}^t + k_7 u_{zv}^t + \right. \\ \left. + k_8 u_{pt}^t + k_9 u_{sam}^t + k_{10} u_{usp}^t + k_{11} u_{imn}^t \right\rangle, \quad (2.3)$$

где для t -го эксперта: u_{lt}^t – возраст эксперта; u_{stg}^t – стаж работы в «проблемной области»; u_{pub}^t – количество публикаций по проблеме; u_{vst}^t – количество выступлений, связанных с проблематикой решения задачи; u_{dl}^t – занимаемая должность; u_{us}^t – ученая степень; u_{zv}^t – научное звание; u_{pt}^t – количество патентов, свидетельств (связанных с решаемой проблемой); u_{sam}^t – самооценка компетентности; u_{usp}^t – количество успешных реализованных проектов; u_{imn}^t – характеристика эксперта другими экспертами; $k_1, k_2, \dots, k_{11}$ – весовые коэффициенты; n – количество экспертов в базе.

$$u_{lt}^t = \left\langle u_{lt}^{t_i} \right\rangle; u_{stg}^t = \sum_i k_{1,i} u_{stg}^{t_i}; u_{stg}^t = \left\langle u_{stg}^{t_i} \right\rangle; u_{stg}^t = \sum_i k_{2,i} u_{stg}^{t_i}; u_{pub}^t = \left\langle u_{pub}^{t_i} \right\rangle; \\ u_{pub}^t = \sum_i k_{3,i} u_{pub}^{t_i}; u_{vst}^t = \left\langle u_{vst}^{t_i} \right\rangle; u_{vst}^t = \sum_i k_{4,i} u_{vst}^{t_i}; u_{dl}^t = \left\langle u_{dl}^{t_i} \right\rangle; \\ u_{dl}^t = \sum_i k_{5,i} u_{dl}^{t_i}; u_{us}^t = \left\langle u_{us}^{t_i} \right\rangle; u_{us}^t = \sum_i k_{6,i} u_{us}^{t_i}; u_{zv}^t = \left\langle u_{zv}^{t_i} \right\rangle; u_{zv}^t = \sum_i k_{7,i} u_{zv}^{t_i}; \\ u_{pt}^t = \left\langle u_{pt}^{t_i} \right\rangle; u_{pt}^t = \sum_i k_{8,i} u_{pt}^{t_i}; u_{sam}^t = \left\langle u_{sam}^{t_j} \right\rangle; u_{sam}^t = \sum_j k_{9,j} u_{sam}^{t_j}; \\ u_{usp}^t = \left\langle u_{usp}^{t_q} \right\rangle; u_{usp}^t = \sum_q k_{10,q} u_{usp}^{t_q}; u_{imn}^t = \left\langle u_{imn}^{t_x} \right\rangle; u_{imn}^t = \sum_x k_{11,x} u_{imn}^{t_x},$$

где $k_{1,i}, \dots, k_{8,i}, k_{9,j}, k_{10,q}, k_{11,x}$ – весовые коэффициенты.

Модель эталонного варианта для отбора эксперта в ЭГ описывается выражением (2.2). Необходимым условием является ограничение по весовым коэффициентам, причем суммарное значение (2.3) для эталонного эксперта должно приближаться к единице.

Комплексная оценка (2.3) представляет упрощенный вариант оценивания качеств отдельных экспертов для ЭО и их формирования для базы прецедентов. Опишем составляющие выражения (2.3):

$$u_{lt}^t = \langle u_{lt}^t \rangle \text{ или } u_{lt}^{t'} = \langle k_{1,1} u_{lt}^t \rangle,$$

$$u_{stg}^t = \langle u_{sm}; u_{sd} \rangle \text{ или } u_{stg}^{t'} = \langle k_{2,1} u_{sm} + k_{2,2} u_{sd} \rangle,$$

где u_{sm} – в смежной области; u_{sd} – в данной проблемной области.

$$u_{pub}^t = \langle u_{z3}; u_{z5}; u_{zsp}; u_{zv} \rangle \text{ или } u_{pub}^{t'} = \langle k_{3,1} u_{z3} + k_{3,2} u_{z5} + k_{3,3} u_{zsp} + k_{3,4} u_{zv} \rangle,$$

где u_{z3} – за последние три года; u_{z5} – за последние пять лет; u_{zsp} – публикаций в специализированных журналах; u_{zv} – всего публикаций по проблеме.

$$u_{vst}^t = \langle u_{vs}; u_{vz}; u_{vsp} \rangle \text{ или } u_{vst}^{t'} = \langle k_{4,1} u_{vs} + k_{4,2} u_{vz} + k_{4,3} u_{vsp} \rangle,$$

где u_{vs} – выступления по решаемой проблемной области в пределах страны; u_{vz} – выступления на международном уровне; u_{vsp} – выступление и участие в специализированных семинарах, конференциях, симпозиумах.

$$u_{dl}^t = \langle u_{zdl}; u_{dlz} \rangle \text{ или } u_{dl}^{t'} = \langle k_{5,1} u_{zdl} + k_{5,2} u_{dlz} \rangle,$$

где u_{zdl} – занимаемая должность; u_{dlz} – должность, которую эксперт занимал ранее.

$$u_{us}^t = \langle u_{kn}; u_{dn} \rangle \text{ или } u_{us}^{t'} = \langle k_{6,1} u_{kn} + k_{6,2} u_{dn} \rangle,$$

где u_{kn} – ученая степень кандидата наук; u_{dn} – степень доктора наук.

$$u_{zv}^t = \langle u_{pv}; u_{zn}; u_{zpf} \rangle \text{ или } u_{zv}^{t'} = \langle k_{7,1} u_{zd} + k_{7,2} u_{zn} + k_{7,3} u_{zpf} \rangle,$$

где u_{zd} – аттестат доцента; u_{zn} – аттестат старшего научного сотрудника; u_{zdt} – аттестат профессора.

$$u_{pt}^t = \langle u_{pv}; u_{pn}; u_{ps} \rangle \text{ или } u_{pt}^{t'} = \langle k_{8,1} u_{pv} + k_{8,2} u_{pn} + k_{8,3} u_{ps} \rangle,$$

где u_{pv} – количество патентов внутри страны; u_{pn} – количество патентов за пределами страны; u_{ps} – количество патентов, оформленных единолично.

$$u_{sam}^t = \langle u_{sk}; u_{skp} \rangle \text{ или } u_{sam}^{t'} = \langle k_{9,1}u_{sk} + k_{9,2}u_{skp} \rangle,$$

где u_{sk} – самооценка по проблемной области; u_{skp} – общая самооценка компетентности.

$$u_{usp}^t = \langle u_{usn}; u_{usj}; u_{usi}; u_{usv} \rangle \text{ или}$$

$$u_{usp}^{t'} = \langle k_{10,1}u_{usn} + k_{10,2}u_{usj} + k_{10,3}u_{usi} + k_{10,4}u_{usv} \rangle,$$

где u_{usn} – успешно реализованных проектов нет; u_{usj} – количество успешных проектов 10%–25% от общего числа всех проектов; u_{usi} – количество успешных проектов 26%–70% от общего числа всех проектов; u_{usv} – количество успешных проектов 71%–100% от общего числа всех проектов.

$$u_{imn}^t = \langle u_{izp}; u_{ikr}; u_{iuk}; u_{ilz}; u_{iak} \rangle \text{ или}$$

$$u_{imn}^{t'} = \langle k_{11,1}u_{izp} + k_{11,2}u_{ikr} + k_{11,3}u_{iuk} + k_{11,4}u_{ilz} + k_{11,5}u_{iak} \rangle,$$

где u_{izp} – оценка уровня знания эксперта; u_{ikr} – способность к коллективной работе; u_{iuk} – уровень конфликтности; u_{ilz} – личное знакомство с экспертом; u_{iak} – характеристика его анкетных данных.

ГЛАВА 3

ГЕНЕРАЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.1. Основные операции этапа генерации экспертной информации

После выбора и формирования экспертной группы начинается выполнение действий, образующих очередной этап, состоящий из следующих операций:

- ориентировка и интервьюирование экспертов, что соответствует пониманию и оценке проблемы;
- генерация идей – генерации вариантов будущих решений на основе отобранной информации, сужение информации до нескольких вариантов, порождение веера вариантов;
- экспертиза идей – принятие решения, выбор из многих вариантов одного-двух самых перспективных, первоочередных, отбор из веера вариантов;
- процедура формализации – осмысление, оформление, приведение к каноническому виду, удобному для синтеза модели проекта формальными методами.

Орлов А.И., Ларичев О.И. [21,39] называют данный этап неформальным синтезом, другие – этапом «генерации идей», «генерацией экспертной информации». Операции этого этапа активизируют креативное мышление экспертов.

Если обратиться к технологической схеме экспертного оценивания, то этап неформального синтеза предшествует центральной части экспертного оценивания.

Данный этап представляет собой очень ответственную часть технологии оценивания (исправление просчетов в проектировании моделей, построенных на изначально ошибочной основе, обходится наиболее дорого) и одновременно довольно сложную, хотя, на первый и неискушенный взгляд, может показаться наоборот. Дело в том, что к моменту, когда приступают к реализации, количество

вариантов, возможных к развитию и дальнейшей реализации, довольно велико, и аргументировано выбрать один из них довольно сложно. Поэтому зачастую принимают первый попавшийся вариант, не особо аргументируя, почему был выбран именно он.

Сложность этого этапа состоит и в неформальном характере используемых здесь методов. Спецификой этапа является переход от неформального представления бесконечно сложного объекта, проблемы, не имеющей границ, от нечетких представлений к формализованной постановке, четкому описанию системы. Данный переход можно осуществить только благодаря интеллектуальным усилиям и большому методологическому опыту, присущему аналитику-постановщику, а также тщательно организованной работе группы экспертов, хорошо представляющих круг обсуждаемых проблем, но не владеющих специальными методиками формализации.

Процедура генерации идей (неформального синтеза) строится на работе постановщика (аналитика) с экспертами и своей целью имеет формальное описание объекта, проблемы, задачи, идеи, которое далее развивается формальными методами в рамках формальной части технологии экспертного оценивания.

3.2. Ориентировка экспертов по существу проблемы и принципов подхода к ее решению

Ориентировка означает снабжение экспертов информацией по анализируемой проблеме, полученной из внешнего источника, например, от заказчика экспертизы. Как правило, ориентировка проводится один раз, в начале экспертизы [27,40]. Операция ориентировки имеет следующее назначение: уточняется сформулированная заказчиком генеральная цель экспертизы; проверяется принципиальная правильность намеченного пути достижения цели; у экспертов создается определенная ориентация в отношении проблемы и принципов подхода к ее решению, которые

должны быть основополагающими в дальнейшей работе экспертной группы.

Ориентировка определяет данный шаг развития экспертизы и дорогу представления результатов. Возможно, что в результате ориентировки, цель экспертизы будет изменена. В этом случае аналитик, проведя консультации с заказчиком, должен повторить операцию ориентировки, разъяснив экспертам причины переориентировки и вновь возникшие задачи.

Формой ориентировки может быть краткий доклад по проблеме, сделанный аналитиком-организатором экспертизы, представителем заказчика или одним из специалистов-экспертов. Она может проводиться в форме обязательного ознакомления всех экспертов с печатными материалами по проблеме. Для этого могут быть использованы специально подобранная краткая сводка данных, копии статей, выдержки из монографий, прогнозные данные и др. Ориентировка может включать в себя домашние задания для экспертов, способствующие ознакомлению их с имеющимися материалами, например, составление докладных записок. Иногда довольно трудно добиться глубокого ознакомления экспертов с материалами ориентировки. Замечено, что эксперты, особенно высокоавторитетные, пренебрегают использованием исходной информации [27].

Ориентировка может проводиться с сообщением экспертам всей имеющейся информации по проблеме или же части ее. Последний прием дает возможность в ходе экспертизы проверять надежность оценок путем сопоставления данных экспертизы с не сообщенными экспертам данными.

Ориентировка может проводиться в режиме «интервью».

Ни одно аналитическое средство не даст возможности аналитику определить, что имеет в виду эксперт, если последний не скажет об этом сам. Только при этом условии аналитик в состоянии получить от эксперта необходимую информацию.

Задача аналитика – правильно построить ориентировку, чтобы

эксперт дал постановщику максимально полезную и нужную для проекта информацию.

Аналитик должен четко и ясно отдавать себе отчет о теме и ее рамках; аналитик должен сфокусироваться на определенной проблеме, настроиться на нее. Для этого надо составить план интервью. До начала интервью аналитик должен иметь план действий, подобный оглавлению книги (пункты, подпункты и т.п.). Приветствуется иерархическое построение плана – это говорит о его глубокой проработке. Необходимо заранее представлять себе, сколько долго будет продолжаться эта операция экспертизы.

Для аналитика важной составляющей интервью является хорошее владение невербальной коммуникацией. Аналитику рекомендуется не только слушать эксперта, но и наблюдать за ним, за его жестами, мимикой. Около 55% информации передается невербальными средствами при помощи мимики, жестов, тона и силы голоса, наличия юмора и т.д.

Жесты совершаются обычно людьми неосознанно, исключая профессиональных актеров, политиков, преподавателей, и могут многое сказать наблюдателю об истинном положении вещей. Но следует иметь в виду:

- жест с возрастом меняется, приглушается (например, прикрывание ладонью рта во время лживого утверждения с возрастом превращается в едва уловимое взглядом касание рта пальцем);
- жест зависит от природных условий (потирание ладоней в условиях компании или на морозе означает разное);
- жест зависит от истории и культуры народа (например, жест «о'кей» в разных культурах соответствует разным информационным сообщениям);
- жест зависит от контекста разговора.

Используя подобные сведения, можно получать дополнительную информацию во время интервью. Невербальная коммуникация подразумевает не только фиксацию дополнительной информации, но и управление ситуацией, воздействие на человека.

Такими приемами можно подавить человека, усмирить агрессора, расположить его к себе, разговорить.

В последнее время получило развитие, так называемое, нейролингвистическое программирование (НЛП) – технология, позволяющая манипулировать человеком, используя средства его подсознания.

Следует отдавать себе отчет в проблемах интервью. Неформальные фразы, сложные фразы могут носить двусмысленный характер; сложность фразы вуалирует ее смысл. Отсутствие разъяснений, разный уровень очевидности терминов, логики, фактов, различная интерпретация ответов, телеграфный стиль общения, директивный стиль общения, неадаптированность терминов, нераспознавание мотивов, оттенков, несоблюдение временных рамок – всё это нужно замечать и знать при интервьюировании.

При проведении интервью нужно учитывать тип эксперта. Различают следующие типы экспертов:

- застенчивый – разговаривать с ним следует не спеша, но без больших пауз; вопросы должны быть косвенные; рекомендуются поощрения; его не следует подавлять своим авторитетом, знаниями; нужно пытаться выяснить его отношение к уже готовой точке зрения, помогать ему;

- агрессивный – с ним надо быть настойчивым; выяснить допускаемые им противоречия; указывая на них можно спровоцировать его к более динамичному развитию событий;

- самоуверенный – аналитику рекомендуется играть роль ученика;

- неразговорчивый – личная доброжелательность;

- интеллектual – лучше сразу сузить тему, необходимо чаще прерывать вопросами, следует сразу «раскрыть карты».

3.3. Стадия генерации идей

Операция генерации экспертной информации – генерация идей, предназначена для получения от экспертов возможно большего числа фактов, идей, подходов, гипотез и других сведений, относящихся к предмету экспертизы.

В результате генерации должен быть получен набор данных, составляющих основной информационный массив (ОИМ) или поле возможных решений (ПВР) [27,40]. Различные виды генерации можно сравнивать между собой по эффективности – степени расширения ОИМ или ПВР. Однако результат этого сопоставления зависит не только от объективных достоинств метода, но и от ряда субъективных обстоятельств: личных качеств организатора-аналитика и состава экспертной группы.

Этапы стадии генерации идей:

- формулировка проблемы;
- накопление материала;
- озарение;
- техническое решение;
- борьба за идею.

Ускорителем процесса является отработанная, многократно опробованная технология генерации идей, которая обеспечивает гарантированный результат процесса генерации идей. Известны следующие технологии:

- мозговой штурм;
- технология АРИЗ (алгоритм решения изобретательских задач);
- формализация поиска и др.

Технология проведения мозгового штурма предполагает наличие коллектива экспертов и свободного обмена идеями внутри него. Для того, чтобы задача была решена, для эффективной работы технологии требуется сформировать у коллектива сильный побуждающий мотив («жизнь или смерть», серьезное поощрение, известность). Критика идей во время мозгового штурма

запрещается (анализ этих идей осуществляется только по окончании штурма), поощряется развитие идеи, цепочка мыслей, приветствуется появление даже безумных на первый взгляд идей. Обязательно фиксируются на носителе все выдвинутые идеи. Смысл мозгового штурма заключается в наведении новой идеи одного участника от идеи другого участника – в отличие от ограниченности мышления каждого из членов коллектива в отдельности. Тем самым существенно расширяется поле поиска идей для рассмотрения. Это не что иное, как метод коллективной генерации идей [27,40].

На рис. 3.1 показана схема штурма (для трех участников А, Б, В). Специальности и компетенции у экспертов разные (условно это показано тремя разными окружностями), поэтому предложения не так привязаны к вектору инерции (ВИ), как обычно. К тому же правила штурма стимулируют «генерирование» смелых и даже фантастических идей: эксперты выходят за пределы узкой специальности – а именно там, за этими пределами и лежат решения высших уровней.

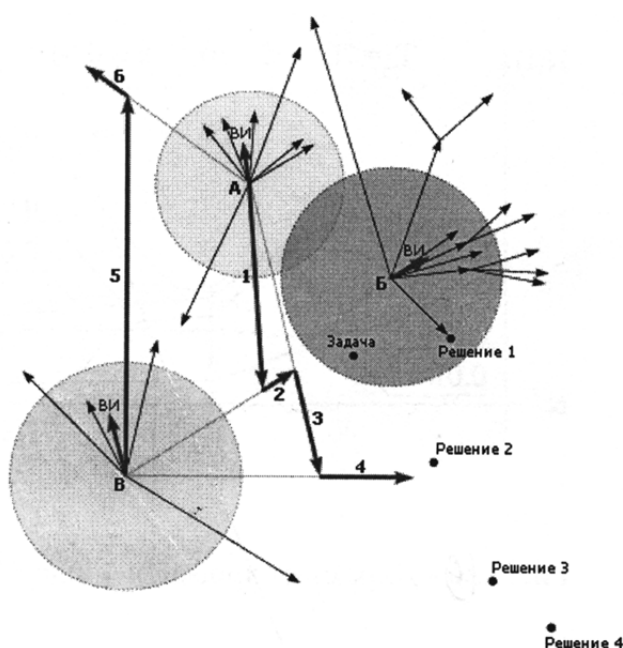


Рис. 3.1. Схема взаимодействия участников в методе мозгового штурма

На схеме отражен еще один важный механизм штурма – взаимодействие и развитие идей. Участник А высказал идею 1, ее тут же видоизменил участник В – возникла идея 2. Теперь А иначе видит свою идею, это позволяет продолжить ее развитие (стрелка 3). Образуется цепь идей 1-2-3-4, направление к решению второго уровня. Правда, механизм подхватывания идей иногда столь же последовательно (цепь 5-6) уводит в сторону от решения.

Технология АРИЗ – поэтапная методика постановки цепи проблем и вопросов, отвечая на которые, аналитик приходит к решению проблемы. В настоящее время методика дополнена фондом приемов решения проблем, наиболее часто встречающихся в практике, и рядом физических эффектов.

Фонд эвристических приемов (эвристик) содержит большое число типовых приемов. Основная идея – устранение физических противоречий путем их обхода, нахождение аналогий в прошлом опыте. Примеры: заранее подложить противодействие (введение противоядия до укуса, прививка); обратить недостаток в достоинство усилением силы недостатка (вредная обычно вибрация полезна для разрушения твердых пород); использовать посредника; использовать свойство симметрии и т.д.

Полезным для данной технологии является определение уровня сложности задачи. Выделено 5 уровней сложности.

По статистике задач первого уровня около 32%. Это задачи, решение которых находится в пределах профессии. Обычно решение достигается за перебор от 1 до 10 вариантов. Требуется небольшого изменения свойств объекта (например, смена материала на более дешевый в ущерб долговечности дала замечательные изобретения – одноразовая бритва, одноразовая посуда, одноразовый подгузник).

Задач второго уровня около 45%. Решение задач второго уровня находится в пределах одной отрасли. Обычно решение достигается перебором от 10 до 100 вариантов. Требуется выбора одного объекта из нескольких (например, выбор компоновки двигателя).

Задач третьего уровня около 19%. Решение находится в пределах одной науки. Обычно решение достигается перебором от 1000 до 10000 вариантов. Требуется частичного изменения выбранного объекта (например, использование взрыва в жидкости для перекрытия луча света между пластинами).

Задач четвертого уровня около 4%. Решение находится в смежных науках. Обычно решение достигается перебором от 1000 до 10000 вариантов. Требуется создания нового объекта (например, усовершенствованный метод контроля сварки).

Задач пятого уровня менее 1%. Решение находится за пределами современной науки. Обычно решение достигается перебором от 10000 до 1000000 вариантов. Требуется создания нового комплекса объектов (например, ракетостроение, электроискровая обработка металлов).

При генерации идей следует осознавать помехи, оказывающие отрицательное влияние на продуктивность работы. Перечислим некоторые из них: привычки, лень, излишняя напряженность, боязнь показаться смешным в глазах других людей или подвергнуться критике, слабая целеустремленность, боязнь начала («синдром понедельника»), отсутствие ресурсов, излишняя серьезность.

3.4. Анкетирование

На данном этапе используется анкетный опрос экспертов.

Анкетирование заключается в предъявлении экспертам опросных листов-анкет, на вопросы которых они должны дать письменные ответы. Конкретная форма и содержание основных вопросов по сути анализируемой проблемы определяются спецификой проблемы.

Анкетирование может быть очным и заочным. В первом случае эксперт заполняет анкету в присутствии аналитика. При заочном анкетировании непосредственного контакта эксперта с аналитиком нет.

Все вопросы анкет можно классифицировать по содержанию и по форме.

По содержанию вопросы делятся на три группы:

- объективные данные об эксперте (возраст, образование, должность, ученая степень, специализация, стаж работы и т.д.);
- основные вопросы по сути анализируемой проблемы;
- дополнительные вопросы, позволяющие выяснить источники информации и аргументации эксперта, самооценку компетентности эксперта.

По форме основные вопросы делятся на открытые, или свободные, закрытые и с «веером» ответов, а также на прямые и косвенные. Закрытый вопрос задается в форме, предполагающей лишь три возможных ответа: да, нет, не знаю. Вопрос с «веером» ответов предоставляет эксперту возможность выбора одного из предлагаемых ответов, например, срок реализации определенной научно-технической идеи из ряда перечисленных сроков. К этой же форме относятся вопросы-задания на ранжирование заданных объектов, на оценку их весов, значимость в баллах, на оценку вероятности некоторого события.

При задании вопроса в такой форме эксперту может быть предоставлено право дать две или три оценки одного объекта – минимальную, среднюю, максимальную (или оптимистическую, среднюю, пессимистическую).

При задании оценить какой-либо объект в баллах желательно для уменьшения расхождения мнений экспертов дать описание шкалы.

Открытым, или свободным, называется вопрос, ответ на который может быть дан в произвольной форме. Открытые вопросы наиболее целесообразны в первом туре опроса, проводимого в несколько туров, так как позволяют широко охватить анализируемую проблему, выявить спектр мнений и точек зрения экспертов.

В ответах на открытые вопросы эксперты могут вскрыть новые, не предусмотренные организаторами опроса аспекты проблемы,

подходы к ее решению. Иногда целесообразно просить эксперта сформулировать условия, при которых он взялся бы за решение проблемы. Недостатком открытых вопросов является слишком широкий диапазон и неконкретность ответов, что может привести к несопоставимости ответов экспертов, затрудняющей обработку результатов опроса. Количественная обработка таких ответов часто просто невозможна.

Вероятность неоднозначной трактовки закрытых вопросов и вопросов с «веером» ответов значительно меньше. Это обстоятельство, а также конкретность ответов на такие вопросы, делают возможным количественную обработку результатов опроса, что и является основанием для широкого использования при анкетировании именно этих двух видов вопросов. Их недостаток состоит в опасности навязывания эксперту ответов, поэтому при формировании вопросов и при составлении возможных ответов необходимо избежать тенденциозности, делать «веер» достаточно широким, а кроме того, предоставить эксперту возможность выйти за пределы «веера» – в этом случае он должен аргументировать свое решение.

Помимо рассмотренных трех форм вопросов, можно ввести еще одну форму, промежуточную между открытыми вопросами и вопросами с "веером" ответов. Это вопрос-задание на проведение морфологического анализа, на построение дерева целей, альтернатив.

При задании вопросов в любой форме эксперт должен быть поставлен в известность, что он вправе выдвинуть новые вопросы и дать на них ответы, а также назвать экспертов, не включенных в число опрашиваемых, которые способны дать ответы на вопросы анкеты или вопросы, выдвинутые им самим. Кроме того, эксперт должен иметь возможность изложить свои замечания и советы по форме и содержанию анкет.

Косвенные вопросы используются, когда есть опасения, что эксперт уклонится от ответа на прямой вопрос, в частности, если целесообразно скрыть от эксперта цель использования его ответов.

Такой целью может быть проверка самостоятельности эксперта, оценка его компетентности, его отношения к экспертизе.

Кроме анкет-вопросников, экспертам должна быть дана пояснительная записка, имеющая целью предопросную ориентировку экспертов и содержащая информацию о целях экспертизы, задачах опроса, объектах экспертизы, необходимые организационные сведения и инструкцию по заполнению анкет, в которой приводятся примеры порядка и способа заполнения. При очном анкетировании проводится также устный инструктаж, как перед анкетированием, так и в ходе него.

Метод Дельфи – это один из наиболее эффективных методов анкетирования, основными особенностями которого являются [32,41]:

- полный отказ от личных контактов экспертов и коллективных обсуждений;
- многотуровая процедура опросов;
- обеспечение экспертов информацией, включая и взаимный обмен после каждого тура опроса, при сохранении анонимности оценок, аргументации и критики;
- обоснование ответов экспертов по запросу аналитика.

Процедура опроса по методу Дельфи заключается в анкетировании экспертов с помощью опросных листов или ЭВМ в несколько туров с обработкой результатов в каждом туре и информированием экспертов об этих результатах. На практике чаще всего ограничиваются четырьмя турами. В первом туре эксперты дают свои ответы без аргументирования. Ответы обрабатываются с целью выделения среднего и крайних мнений. Эти мнения экспертам сообщаются, и проводится второй тур опроса, в ходе которого они пересматривают и при желании изменяют ответы, данные в первом туре. При этом эксперты должны объяснить, почему они изменили или не изменили ответы.

Полученные после второго тура новые средние и крайние мнения, а также вся аргументация с сохранением анонимности

сообщаются экспертам, и проводится третий тур опроса, в процессе которого эксперты снова пересматривают ответы и аргументируют свое решение. Последующие туры аналогичны.

Обычно после третьего или четвертого тура опроса ответы экспертов перестают изменяться, что и является сигналом к прекращению опросов. Такая процедура позволяет экспертам учесть обстоятельства, которыми они пренебрегали или о которых не были осведомлены. По решению аналитика обоснование могут предоставлять лишь эксперты, ответы которых сильно отличаются от мнения большинства.

Необходимость обоснования мнений вынуждает тех экспертов, у которых нет твердого убеждения в своей правоте, помещать свои ответы вблизи от среднего мнения. В то же время эксперты, которые смогли обосновать свои «крамольные» ответы, несмотря на новую информацию, придерживаются своих первоначальных взглядов. В ряде случаев образуется две группы существенно различающихся мнений. Это указывает на наличие двух различных подходов, что может объясняться, например, существованием двух научных школ. Дальнейшее проведение опроса в таком случае, как правило, лишь подтверждает создавшееся положение, так как разрешение разных позиций требует глубоких исследований и не может быть результатом экспертизы. Однако и в этом случае опрос полезен, ибо отчетливо выявляет позиции, точки зрения сторон и их аргументацию, что позволяет определить дальнейшие исследования проблемы.

Организация экспертизы состоит из следующих основных этапов:

- предварительная ориентировка экспертов, включающая в себя формулирование проблемы и инструктаж экспертов;
- формулирование вопросов для экспертов в виде, требующем четких количественных и качественных оценок.

Операция обмена информацией (коммуникации) между экспертами предназначена для того, чтобы дать возможность

каждому эксперту всесторонне обдумать полученную на предыдущих этапах экспертизы информацию, учесть аргументы коллег и предложить обоснованные оценки или изменить ранее предложенные. Операции обмена информацией между экспертами проводятся с соблюдением следующих правил [3,5]:

- экспертам предоставляется подобранная руководителем по результатам предыдущих операций генерации или ориентировки сводная информация;
- создаются условия, стимулирующие полное использование всеми экспертами предоставленной информации;
- разработка способов и порядка информационного обеспечения экспертов, включая обмен аргументацией;
- разработка алгоритмов и порядка промежуточной и окончательной обработки результатов.

ГЛАВА 4

ЭКСПЕРТИЗА

После этапа «генерации идей» (неформального синтеза), то есть выдвижения множества идей, необходимо окончательно принять к реализации какую-то одну из них, поскольку исследовать точными количественными методами все идеи бывает невозможно. Чтобы отобрать лучшую (предпочтительную) из них, проводят экспертное оценивание. Таким образом, к экспертному оцениванию прибегают, когда необходимо сделать выбор из множества возможных идей, решений, проектов.

Экспертиза – целесообразный отбор одного решения из множества возможных, полученных на предыдущем этапе.

Для этого группа экспертов анализирует идеи, и каждый эксперт выставляет каждой идее свою собственную оценку. Результатом первого этапа экспертизы является матрица оценок. Далее с помощью определенного выбранного метода учитывают совместно все эти оценки и выбирают лучшую идею.

Существует немало методов проведения экспертного оценивания: голосование, ранжирование, попарное сравнение, разбиение на классы и др.

Дадим содержательную характеристику составляющих этапа экспертизы.

4.1. Смысл задачи экспертного оценивания

В задачах принятия решений альтернативы не являются математическими объектами, а чаще всего представляют собой конкретные физические системы.

Смысл задачи экспертного оценивания (ЗЭО) заключается в сопоставлении рассматриваемой системе кортежа из E_m , где E_m – m -мерное пространство или m -мерная шкала оценивания.

Операцию сопоставления системе кортежа назовем оцениванием, а нахождение кортежа – задачей экспертного оценивания.

Под задачей принятия решений (ЗПР) в соответствии с [42] будем понимать пару $\langle \Omega, \text{ОП} \rangle$, где Ω – множество вариантов, ОП – принцип оптимальности. Решением задачи $\langle \Omega, \text{ОП} \rangle$ будем считать множество, полученное в результате применения принципа оптимальности ОП.

ЗПР с известным множеством Ω называется задачей выбора. Особенность решения задачи $\langle \Omega, \text{ОП} \rangle$ состоит в том, что в общем случае не требуется полного восстановления принципа оптимальности, можно ограничиться лишь информацией, достаточной для выделения $\Omega_{\text{оп}}$.

Математическим выражением принципа оптимальности ОП служит функция выбора $C_{\text{оп}}$. Она сопоставляет любому подмножеству $X \subseteq \Omega$ его часть. Решение $\Omega_{\text{оп}} = C_{\text{оп}}(\Omega)$.

Основные этапы решения ЗЭО.

Определение множества допустимых оценок (МДО). На данном этапе определяется подмножество множества $E = \bigcup_{m=1}^{\infty} E_m$, в котором ищется оценка системы [43].

Определение наиболее точной оценки. Из МДО выбирается оценка, которая наиболее точно отображает свойства оцениваемой системы, что позволяет представить ЗЭО в виде задачи принятия решений: $\langle \Omega, \text{ОП} \rangle$. Здесь через Ω обозначено множество допустимых оценок, ОП – принцип оптимальности, выражающий представление о наиболее оптимальной оценке и задается функцией выбора:

$$C_{\text{оп}}(X) = \begin{cases} \{a\}, & \text{если } a \in X \subseteq \Omega, \\ \emptyset, & \text{если } a \notin X \subseteq \Omega, \end{cases}$$

где a – оценка системы, которая является решением задачи.

В соответствии с этапами решения ЭО сводится к

последовательному решению двух задач выбора: $\langle E, \text{ОП}_1 \rangle$ и $\langle \Omega, \text{ОП} \rangle$, где ОП_1 – принцип оптимальности, задающий допустимость оценки; ОП – принцип оптимальности, задающий точность оценки из Ω . Решением первой задачи является множество допустимых решений $\Omega = C_{\text{ОП}_1}(E)$; решением второй задачи является оценка $\{a\} = C_{\text{ОП}}(\Omega)$.

Принципы оптимальности ОП_1 и ОП зависят как от свойств оцениваемой системы, так и от оценивающего лица, роль которого аналогична роли лица принимающего решение (ЛПР) в общей задаче принятия решений. Согласно [42] мы имеем дело с решением задачи $\langle \Omega, \text{ОП} \rangle$, а для построения Ω необходимо иметь общее представление о свойствах системы, которое не всегда есть у эксперта, поэтому эксперту необходимо решать: $\langle \Omega_{ot}, \text{ОП}_{ot} \rangle$, где Ω_{ot} – МДО для эксперта; ОП_{ot} – принцип оптимальности эксперта, задающий точность его оценки, выбираемой из ОП_{ot} . Обобщенное представление процесса показано на рис. 4.1.

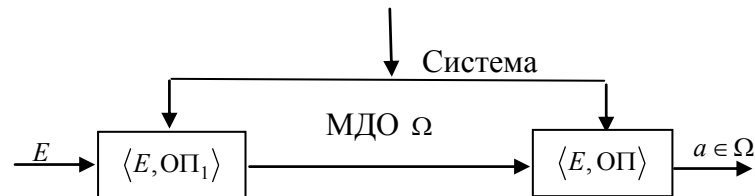


Рис. 4.1. Обобщенное представление процесса

Анализ показывает, что в процессе проведения экспертизы можно выделить определенную последовательность действий (рис. 4.2):

- находится множество допустимых оценок Ω .
- определяется множество допустимых оценок Ω_{ot} , $\Omega_{ot} \leq \Omega$, в котором содержится искомая оценка;
- каждый эксперт определяет свою оценку $a_i = C_i(\Omega_{ot}) \in \Omega_{ot}$, $i = \overline{1, N}$, решается задача оптимального выбора оценки Ω_{ot} (при

этом в зависимости от метода проведения экспертизы допускается или не допускается обмен мнениями экспертов между собой);

- по определенному ранее алгоритму ЛПР производит обработку полученной от экспертов информации и вычисляет результирующую оценку из Ω , являющуюся решением исходной ЗЭО;

- в том случае, если ЛПР по каким-либо причинам не удовлетворен решением экспертов, он может предоставить дополнительную информацию с возможностью организации обратной связи, после чего необходимо произвести повторную процедуру экспертизы [42,43].

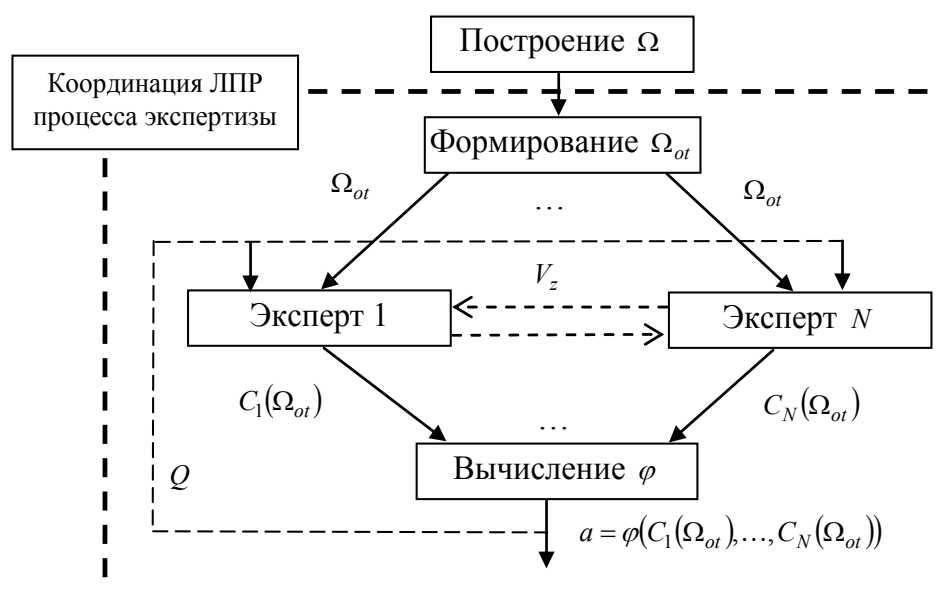


Рис. 4.2. Обобщенная последовательность действий экспертизы

На рис. 4.2 обозначено: Ω – исходное МДО; Ω_{ot} – МДО для экспертов; V_z – взаимодействие между экспертами; Q – обратная связь; φ – обработка (отображение $\Omega_{ot}^N \rightarrow \Omega$); при многомерном шкалировании $\phi = q(\psi(C_1, \dots, C_N))$, где C_i – функция выбора i -го эксперта ($i = \overline{1, N}$); ψ – композиция функций выбора C_i ; отображение $q: \Omega_{ot} \rightarrow \Omega$. Это означает, что сначала находится оценка экспертов из Ω_{ot} , а потом находится результирующее

значение из Ω .

Процесс подготовки экспертизы состоит из следующих этапов:

1) МДО определяется решаемой задачей оценивания [3,43].

Например,

– $\Omega = \{0,1\}$, может быть определено задачей попарного сравнения объектов a и b

$$C(\Omega) = \begin{cases} \{1\}, & \text{если } a \text{ лучше } b, \\ \{0\}, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

– $\Omega = \{\langle 1,2,\dots,n \rangle, \langle 1,3,\dots,n,2 \rangle, \dots, \langle n,n-1,\dots,1 \rangle\}$, которое состоит из множества перестановок длины n , что характерно для решения задачи ранжирования. Последняя заключается в упорядочивании объектов, образующих систему значений признаков. $C(\Omega) = \{\langle i_1, i_2, \dots, i_n \rangle\}$, где i_j – номер j -го объекта при указанном упорядочивании.

– $\Omega = \{1, \dots, l\}$. Решаемая задача классификации может заключаться в соотнесении $x \in S$ к одному из l подмножеств $S_1, \dots, S_l$, где $S = S_1 \cup \dots \cup S_l$, и при этом $C(\Omega) = \{i\}$, если $x \in S_i$.

– $\Omega = E_m$. Соответствующая задача численной оценки может заключаться в сопоставлении системе одного или нескольких чисел, причем $C(\Omega) = \{a\}$, если оценкой системы является вектор $a \in E_m$.

2) Для определения Ω_{ot} необходимо описать его вид представления эксперту, который зависит от формы опроса эксперта. Недостатками такого метода опроса являются сложность процессов формализации и высокие требования, предъявляемые к аналитику и эксперту.

3) Используется три метода взаимодействия экспертов:

- свободный обмен информацией между экспертами;
- регламентированный характер обмена информацией между экспертами;
- обмен информацией между экспертами не осуществляется.

4) Процесс взаимодействия или процесс обратной связи. Эксперты дают оценки, которые обрабатываются. После этого каждому из них предъявляют результирующую оценку вместе с другой информацией и на основании представленных данных эксперты уточняют свои оценки, после чего процедура повторяется до тех пор, пока не будет получена удовлетворяющая аналитика согласованность оценок.

4.2. Особенности мыслительной деятельности при экспертном оценивании

Процесс генерации оценок экспертом (исходная информация для частично-формализованных методов) является самонаблюдением. Но самонаблюдению недоступно постижение естественного протекания психических переживаний [44]. Дело в том, что факт наблюдения сам по себе уже представляет новое психическое обстоятельство, которое налагается на содержание сознания и, следовательно, придает ему новый вид. Например, покупатель в магазине выбирает товар, он сделал свой выбор и уверен в покупке, но стоит задать вопрос «на основании чего он сделал этот выбор?», уверенность, как психическое переживание, теряет свою устойчивость, и может измениться на противоположное. Следовательно, естественное протекание переживания всегда остается недоступным самонаблюдению. Тот факт, что самонаблюдение уже самим своим существованием нарушает естественность переживаний, не подлежит сомнению [44]. При формировании оценок точечных или интервальных, дискретных или непрерывных эксперт вынужден находить оправдание своему выбору. Психическое переживание первично, в то время как объяснение или обоснование выбора, работает в пространстве накопленного опыта, словарного запаса, логики, общественных предпочтений и прочего. Переживание какого-либо внутреннего процесса и наблюдение за его течением преследуют две совершенно

различные цели, настолько отличные, что в некоторых случаях одна совершенно блокирует другую. В результате анализа экспертом альтернативы, возникают эмоционально-субъективные переживания, и чем глубже анализ, тем сильнее психические переживание. Процесс оценивания, это не что иное, как присвоение психическим переживаниям баллов (оценок). Чтобы произвести оценивание, необходимо абстрагироваться от психических переживаний, сравнив их между собой. Совершенно невозможно, чтобы с одинаковой интенсивностью эксперт наблюдал за собственными психическими процессами, сопутствующими анализу альтернативы решения, и в то же время переживал их. Обычно наблюдение за переживанием какого-нибудь душевного акта вызывает его прерывание, замедление и задержку [44]. Основная трудность самонаблюдения состоит в нарушении естественного течения психических феноменов. Вместе с тем, акт самонаблюдения не исключает полностью возможности осознания психических феноменов, поскольку оно обычно происходит не в момент самого переживания, а после того, как переживание прошло этап своего актуального состояния и продолжает существовать лишь в виде воспоминания. Другими словами, эксперт формирует оценки, опираясь на воспоминания собственных переживаний, а не на них самих.

Процесс запоминания и воспроизведения раннее полученного опыта, как было указано выше, имеет принципиальную важность для формирования экспертных оценок. В наши цели не входит детальное описание физиологических процессов работы головного мозга при запоминании и воспроизведении информации. Тем более, что до сих пор ряд теорий и гипотез находятся на стадиях обсуждения и дискуссий [45]. Стоит затронуть лишь ряд психологических аспектов. Человеческое воспоминание (нас интересует воспоминание прошлого опыта как основного носителя экспертных оценок) носит ассоциативный характер. Человек не в состоянии вспоминать что-либо, что не обусловлено каким-то раздражителем: образом, звуком, запахом, ощущением, вкусом, словом, эмоцией [46]. Другими

словами, периодичность и постоянное повторение делают накопление опыта возможным. Если бы среда, в которой существует сознание, не состояла из частей, остающихся приблизительно постоянными или не поддавалась бы разложению на периодически повторяющиеся события, опыт и ассоциации были бы лишены всякого смысла и значения. Зачастую человек (эксперт) в состоянии вспомнить лишь эмоцию, которую он ощутил при получении информации, и уже по ней восстановить происходящие события. Но человеческая психика претерпевает постоянные хаотические изменения, обусловленные физиологическими, психологическими и социальными процессами. Другими словами, чем больше времени прошло с момента запоминания, тем сильнее будут отличаться воспоминания от реальной информации. Другим недостатком воспоминания является детализация и объем информации об альтернативе сравнения, которые необходимо эксперту помнить и воспроизводить, для формирования объективных оценок. В совокупности перечисленные факторы определяют компетентность эксперта.

Для компараторных методов проблемы воспоминания стоят менее остро, так как ключевым процессом сравнения двух альтернатив является восприятие. Восприятием называется отражение предметов или явлений при их непосредственном воздействии на органы чувств [47]. Именно оно наиболее тесно связано с преобразованием информации, поступающей непосредственно из внешней среды. При этом формируются образы, с которыми в дальнейшем оперирует внимание, память, мышление, эмоции. В зависимости от анализаторов различают следующие виды восприятия: зрение, осязание, слух, кинестезию, обоняние, вкус. Благодаря связям, образующимся между разными анализаторами, в образе отражаются такие свойства предметов или явлений, для которых нет специальных анализаторов, например, величина предмета, вес, форма, регулярность, что свидетельствует о сложной организации этого психического процесса. Интерес к процессу сравнения, как получения первичной информации обусловлен

физиологической и психологической предрасположенностью человека (эксперта) к осуществлению данного процесса. Человеку легче определить шум в момент, когда он начинается либо оканчивается, нежели выделить и оценить во время его звучания. Сравнивая альтернативы эксперту нет нужды формировать универсальное множество критериев оценивания. Критерии устанавливаются отличиями альтернатив, другими словами, решения сравниваются между собой только по тем характеристикам, в которых эксперт выделил отличия. Тем самым сокращаются объемы информации, которые необходимо вспоминать и обрабатывать эксперту. Детализация сравнения не ограничивается порогами чувствительности органов восприятия, и может уточняться настолько, насколько позволяют технические средства либо требуемая точность. Возможность применения технических средств для измерения и расчетов вносит объективность в процесс сравнения. Процесс сравнения считается одной из самых устойчивых и распространенных операций в процессе мышления и жизнедеятельности человека. Человеческий глаз различает более 10 миллионов цветов, но если попросить человека назвать их, то эта цифра не превысит сотни. При парном сравнении есть возможность выделить отличия на заданном уровне детализации и с установленной точностью, в то же время при оценивании практически невозможно учесть все возможные варианты критериев и характеристик. Отметим также, что парное сравнение обладает эффектом поглощения менее значимых отличий более значимыми.

При формировании количественных оценок, эксперты сталкиваются с проблемами преобразования собственных психологических переживаний в численную форму. Каждый эксперт обладает собственным порогом чувствительности и собственным представлением важности характеристик альтернативных решений. В таком случае эксперту проще указать интервал, нежели конкретное значение, но, даже указав интервал, эксперт лишь утверждает, что верное значение находится внутри

интервала с некой долей вероятности. Альтернативой количественного описания является качественное представление информации (чаще всего в вербальной форме). Приближая форму представления информации к привычной форме выражения знаний экспертом, мы формируем смысловые, семантические и синтаксические трудности обработки получаемых знаний. Эксперт мыслит образами и психически-эмоциональными переживаниями [48]. Язык (слова, фразы, реплики, предложения) служит лишь ассоциативным носителем образа знаний и формируется индивидуально в течение жизни.

При формировании качественных или количественных экспертных оценок, значительная часть ресурсов (временных, трудовых, денежных) затрачивается на корреляцию, согласование, уточнение и подгонку получаемой информации.

И все же, несмотря на целый ряд недостатков, неточностей, субъективизма, информация, получаемая от экспертов, является единственным источником исходных данных для методов принятия решений. Существуют две особенности человеческого мышления – это интуиция и мифизация (упрощение) знаний. Попытки классифицировать интуицию довольно широко распространены [49]. Выделяют три вида интуиции: интуиция на основе опыта; интуиция «вопреки» – решения, идущие в разрез опыту и принятой логике; интуиция «сверх» – способность извлечь из опыта нечто, не выводимое аналитически, прямое усмотрение истины на основании опыта. Чаще всего поведение человека является следствием одновременной работы интуиции и иных формы мышления, восприятия либо переживания. Интуиция не является критерием истины, но определяет направления движения логики и опыта. Интуиция значительно ускоряет работу по формированию экспертных оценок либо выделению критериев и характеристик оценивания, и, в то же самое время, повышает адекватность предлагаемых моделей. Значительно сокращая время исследований, интуиция не дает логических, формальных обоснований того либо иного выбора.

Мифизация знаний – это объективный процесс упрощения и сокращения выдаваемой информации. Отвечая на вопрос ребенка «почему идет дождь?», взрослые акцентируют внимание на испарении, конденсации и выпадении влаги в виде дождя, при этом опустив влияние давления, влажности, температуры, восходящих и нисходящих потоков, строения атмосферы, температурных слоев, видов облаков, структуру фронтов и многое другое. Нет смысла предоставлять ребенку настолько исчерпывающий объем информации, для построения причинно-следственной связи (модели) достаточно весьма скудного описания процесса. И в данном случае описание «испарилась, сконденсировалась, выпала» является таким же мифом, как «плач природы» либо «гнев Богов». Эксперт, формируя оценки, выделяя критерии либо характеристики, использует далеко не полный объем знаний, умышленно упрощая и создавая фиктивные зависимости (мифы), в меру ограниченности вербальных либо иных шкал измерения. В то время, как при сравнении двух альтернатив, эксперту проще воспользоваться всем «арсеналом» своих знаний.

Помимо самонаблюдения, описанного выше, существуют и иные методы преобразования чувственных переживаний в оценки. Метод аналогий призван решить проблему невозможности одновременного переживания и наблюдения. В то время, как эксперт переживает, второй эксперт (когнитолог) проводит наблюдение, регистрацию и оценивание. Данные идеи лежат в основе практически всех вербальных коммуникаций, многих эвристических методов (анкетирование, опрос, дискуссия и прочее). Как показывает опыт [44], наблюдение со стороны ничуть не хуже самонаблюдения в получаемых результатах. Основной сложностью данного подхода, является правильная интерпретация чувственных переживаний, соотношение их с психологическим портретом испытуемого (эксперта) и корреляция их между собой.

Помимо преимуществ объективного наблюдения, метод

аналогий весьма ограничен возможностями испытуемого и испытателя, а также уникальностью каждого наблюдения.

Третьим методом получения информации, лишенным указанного выше недостатка, является эксперимент. Среди его преимуществ отметим лишь наиболее очевидные [50]:

а) возможность произвольно создавать то или иное психическое переживание позволила бы подготовиться к его появлению и вести наблюдение на всех ступенях переживания, что, как уже отмечалось, совершенно невозможно при использовании естественного наблюдения;

б) предварительное знание того, когда и какой психический процесс станет предметом нашего наблюдения, позволяет заранее учесть те моменты, наблюдение за которыми имеет особое значение для целей проводимого исследования;

в) возможность вызывать психический феномен произвольно позволяет сделать это неоднократно. Это обстоятельство имеет особенно большое значение, поскольку то, что один раз по какой-то причине осталось незамеченным, во втором случае может оказаться предметом особого внимания; то, что в одних условиях проявилось в одном виде, в других условиях может переживаться совершенно иначе.

Очевидно, что данный путь исследования создает возможность как изучения протекания одного и того же феномена в сознании множества субъектов, так и для повторного наблюдения различными исследователями одного и того же феномена в идентичных или схожих условиях.

Вундт выделил четыре основных требования, которым должно удовлетворять психологическое исследование, чтобы оно могло считаться экспериментальным [51], а именно: 1) лицо, производящее наблюдение, именуемое обычно в психологии испытуемым, должно иметь возможность самому определять момент начала исследуемого феномена; 2) испытуемый должен иметь возможность пережить данный феномен с максимальным

вниманием; 3) должна существовать возможность многократного повторения наблюдения в одинаковых условиях; 4) следует создать возможность изучения исследуемого феномена в различных условиях возникновения путем вариации сопутствующих условий. Вариация этих условий должна происходить либо путем их частичного исключения, либо посредством их количественного или качественного изменения.

К сожалению, совершенно невозможно воссоздать все требования при формировании экспертных оценок. Этому более всего мешают два обстоятельства: во-первых, переживание, появившись однажды, непременно оставляет своеобразный след в сознании, – невозможно повторить в неизменном виде не только наши сложные психические переживания, но и даже такие простые, как, например, ощущения. Еще труднее качественно и количественно менять по нашему усмотрению сопутствующие обстоятельства большинства наших переживаний. Наконец, совершенно невозможно искусственно вызвать некоторые, особенно высшие переживания.

Как было описано выше, активный эксперимент весьма ограничен в области его применения. Помимо активного существует пассивный эксперимент. Многие принципы пассивного эксперимента перекликаются с методом аналогии (наблюдения). Однако основным отличием между пассивным экспериментом и методом аналогии является получаемая информация и способ ее получения. Например, в роли эксперта выступает покупатель фотоаппарата. Покупка какого-либо фотоаппарата является выбором альтернативы: если регистрируется факт покупки – это пассивный эксперимент. Если мы наблюдаем за чувственными переживаниями эксперта при рассмотрении каждого альтернативного фотоаппарата, самостоятельно выставив им баллы или оценки, – это метод аналогий (наблюдения); если эксперт, подходя к каждому фотоаппарату, указывает его значимость в заранее установленной количественной или качественной шкале – это метод

самонаблюдения; если для фотоаппаратов, после первого выбора, меняют условия выбора (местоположения, освещение, цвет, форма, цена и прочее) и эксперту предлагается снова осуществить выбор – это активный эксперимент; если эксперту по очереди предлагают пары фотоаппаратов, среди которых он должен указать предпочтительный – это метод парного сравнения. Очевидно, что метод пассивного эксперимента, является гораздо более предпочтительным с точки зрения объективной информации, хотя ее объем весьма ограничен. Пассивный эксперимент имеет смысл только для построения моделей предпочтения, так как за исходную информацию берется реально принятое решение без определения структуры предпочтений других альтернатив. Данная процедура является разновидностью парного сравнения, когда единственная альтернатива признаётся лучшей, чем все остальные, а, следовательно, может быть использована как исходная информация для компараторных методов [23]. Данная постановка эксперимента является наиболее устойчивой с точки зрения выбора решения. На эксперта не оказывается дополнительного давления в виде самонаблюдения, эксперту не нужно формировать универсальную систему критериев, эксперт может в полном объеме применять интуицию и опыт, эксперту не нужно обосновывать и описывать логическую цепочку выбора.

Наряду с очевидными достоинствами пассивный эксперимент обладает важным недостатком: отсутствие информации о структуре предпочтений иных альтернатив.

4.3. Анализ экспертной информации

После сбора мнений экспертов осуществляется их анализ для получения итоговых заключений. Для рассмотрения способов анализа экспертной информации сделаем необходимые уточнения понятий и терминов.

Первым шагом решения задачи $\langle \Omega, \text{ОП} \rangle$ является решение задачи экспертизы, определяющей тип экспертной информации. Это количественная оценка объектов по определенным признакам, упорядочение, классификация объектов. Эти задачи могут быть уточнены, например, классификация на заранее заданное или не заданное число классов. Все указанные задачи можно условно назвать задачами оценивания объектов.

Кроме традиционных задач оценивания могут быть и такие, как написание «сценариев», построение деревьев целей, назначение вероятностей свершения каких-то событий или дат этих событий, выделение основных характеристик какого-либо процесса и т. п.

В задачах оценивания объектов важную роль играет понятие шкалы измерения. Задача оценки может быть понята как задача измерения какого-то свойства объекта с помощью шкалы того или иного типа: шкала наименований (классификационная шкала), шкала порядка, шкала интервалов, шкала отношений, шкала разностей, абсолютная шкала.

Как связана задача экспертизы с видом экспертного суждения? Надо иметь в виду, что задача экспертизы не определяет однозначно вид экспертного суждения. Такой распространенный вид суждений, как парные сравнения объектов, может быть использован в различных задачах (упорядочения объектов, их количественной оценки и т. д.). Наиболее употребительными в практике являются экспертные суждения следующих видов.

– Парные сравнения: из имеющейся совокупности объектов эксперту поочередно предъявляются всевозможные пары объектов; для каждой пары эксперт указывает, какой из двух объектов предпочтительней другого по некоторому признаку.

– Множественные сравнения: из совокупности объектов составляются не пары, а наборы (например, тройки) объектов, эксперт упорядочивает объекты в наборе в порядке предпочтительности.

– Ранжирование: эксперт выстраивает имеющиеся объекты по убыванию (или возрастанию) с точки зрения заданного признака.

– Классификация: эксперт разделяет всю совокупность объектов на несколько (возможно, заранее заданных) классов.

– Непосредственная оценка: эксперт приписывает имеющийся объектам числовые значения в шкале значений данного признака (обычно интервальной).

Для поставленной задачи экспертизы используется тот или иной, причем не обязательно один, вид суждения. Остановимся более подробно на тех основных вопросах, которые рассматриваются при анализе экспертных данных.

Во-первых, должно быть проанализировано индивидуальное суждение каждого эксперта. Казалось бы после тщательно проведенного отбора и тестирования экспертов можно быть вполне уверенным в качестве их суждений и не заниматься их проверкой. Тем не менее даже высококвалифицированный специалист, прошедший с успехом тестовые испытания, приближенные к условиям самой экспертизы, может по каким-то причинам в ходе экспертизы дать «плохие» ответы. Причиной их могут быть разнообразные факторы случайного характера, о которых упоминалось в предыдущих разделах.

Под «плохими» мы имеем в виду внутренне противоречивые, нелогичные ответы. Конечно, в эти понятия также можно вкладывать разный смысл. Противоречивость суждений определяется по отношению к тем представлениям о процессе возникновения экспертного суждения, которые принял аналитик. Вспомним, что в основе оценивания объектов лежит измерение по шкале определенного типа. Вид же полученных от экспертов суждений может быть различным. Исследователь должен быть уверен, что, какого бы вида ни было суждение и каким бы конкретно оно ни было, в основе этого суждения лежит измерение именно по заданной шкале.

Надо учесть, что не всякого вида суждение может быть

проанализировано на непротиворечивость. Если суждение заключается в точности измерение по данной шкале, то для проверки непротиворечивости нет нужного материала. К примеру, если задача экспертизы состоит в классификации объектов (их измерении по номинальной шкале) и экспертное суждение дается в виде классификации объектов, анализ на непротиворечивость провести, естественно, не удастся. Для этого в суждении эксперта должна быть «избыточность». Она появится, если в той же задаче классификации будут применяться суждения в виде парных сравнений объектов.

Переход к последующим этапам анализа возможен лишь при непротиворечивости суждений экспертов.

Следующий шаг состоит в анализе совокупности суждений всей группы экспертов. Нужно обзреть и понять общую картину «взаимного расположения» мнений опрошенных и на основе этого принять решение о пути поиска итогового экспертного заключения. Это очень важный этап анализа. Одно дело, к примеру, если суждения очень «похожи» друг на друга и как бы группируются около одного «центрального» суждения, и совсем другое, когда все суждения разбиваются на отделенные друг от друга компактные «группы», каждая со своим «центром». В первом случае правомерно искать одно итоговое заключение, отражающее мнения всех экспертов, во втором – несколько таких заключений, отражающих мнения экспертов из каждой группы. Усреднение во втором случае всех экспертных мнений было бы просто лишено содержательного смысла.

Результаты экспертного опроса можно условно отнести к одному из трех основных случаев: 1) суждения всех экспертов близки между собой, эксперты образуют одну «компактную» группу; 2) эксперты разделяются на небольшое число подгрупп, внутри которых суждения близки между собой; 3) эксперты образуют большое число мелких или «единичных» подгрупп. В первой ситуации имеется высокая согласованность суждений всех экспертов, во второй и третьей – низкая согласованность. Вторая

ситуация обычно объясняется наличием нескольких различных по своим взглядам «типов» экспертов. Она возникает, например, из-за наличия среди экспертов представителей нескольких научных школ или даже коллективов. В этой ситуации следует осуществить разбиение экспертной группы на ряд подгрупп, включающих экспертов с высокосогласованным суждением. Третья ситуация весьма неприятна, ее причиной может быть неодинаковое понимание экспертами задачи, крайняя неоднородность или низкая компетентность экспертов. В этой ситуации рекомендуется уточнить задачу экспертизы, лучше разъяснить ее экспертам или даже пересмотреть состав экспертной группы. Впрочем, при хорошей подготовке и организации экспертизы возникновение последней ситуации маловероятно.

Общепринят следующий путь. Вначале определяется общая согласованность суждений всех экспертов. Для количественного выражения степени согласия используются различные формальные показатели – коэффициенты согласованности. Если значение такого коэффициента достаточно высоко, считается, что все эксперты образовали по их высказываниям одну однородную группу, для которой можно определить одно заключительное суждение. Если же коэффициент согласованности принял низкое значение, то принимается, что эксперты были несогласованными во мнениях. Нужно определить причину этого.

Иногда предлагают дополнительные процедуры для сближения мнений различных подгрупп. Будем предполагать, что суждения устойчивы и окончательны в том (и только в том) смысле, что они сформированы с учетом позиций всех участников опроса. Получившееся в результате процедуры экспертного опроса «взаиморасположение» суждений отражает реально существующую ситуацию, сложившуюся картину мнений специалистов по данному вопросу.

Теперь можно переходить к последнему этапу анализа – агрегации экспертных суждений с целью получения итогового

заклучения, обобщающего суждения отдельных экспертов. Агрегация суждений проводится для всей группы экспертов при их высокой согласованности или отдельно для каждой из высокосогласованных подгрупп экспертов. В последнем случае итогом экспертизы будет не одно, а несколько суждений, соответствующих выделенным подгруппам. Разумеется, итоговое суждение или заключение должно соответствовать задаче экспертизы. Скажем, если задача – классификация объектов, а суждения давались в виде парных сравнений объектов, то итоговым суждением будет, естественно, классификация, полученная по результатам парных сравнений.

Итак, выделяются следующие основные этапы анализа: 1) анализ индивидуальных экспертных суждений, 2) анализ совокупности суждений экспертной группы в целом, 3) агрегация экспертных суждений.

Эти основные этапы не исчерпывают всего многообразия вопросов, которые можно поставить при анализе экспертной информации, однако остальные вопросы, будучи весьма интересными, носят все-таки вспомогательный характер. Начнем рассмотрение с первого этапа анализа.

4.4. Оценка степени согласованности мнений экспертов

При оценке объектов исследования эксперты могут расходиться во мнениях по решаемой проблеме. В связи с этим возникает необходимость количественной оценки степени согласия экспертов. Получение количественной меры согласованности позволяет более обоснованно интерпретировать причины расхождения мнений [52]. Оценка согласованности суждения экспертов основывается на использовании понятия компактности, наглядное представление о котором дает геометрическая интерпретация результатов экспертизы. Оценка каждого эксперта представляется точкой в некотором пространстве, в котором имеется понятие расстояния.

Если точки, характеризующие оценки всех экспертов, расположены на небольшом расстоянии друг от друга, т.е. образуют компактную группу, то, очевидно, можно это интерпретировать как хорошую согласованность мнений экспертов. Если же точки в пространстве разбросаны на большие расстояния, то согласованность мнений экспертов невысокая.

Возможно, что точки (мнения экспертов) расположены в пространстве так, что образуют две или несколько компактных групп. Это означает, что в экспертной группе существуют две или несколько существенно отличающихся точек зрения на оценку объектов исследования. Может существовать область точек, не образующих совокупности мнений – размытая область. В этом случае нет общих точек зрения на решаемую проблему. Лицо, принимающее решение (ЛПР), может повторить экспертизу или принять какое-либо решение самостоятельно.

Таким образом, если объект оценивается несколькими числовыми параметрами, то мнение каждого эксперта представляется как точка в пространстве параметров. Центр группировки точек вычисляется как математическое ожидание вектора параметров, а разброс точек – дисперсией вектора параметров.

Мерой согласованности суждений экспертов в этом случае может служить сумма расстояний оценок от среднего значения, отнесенная к расстоянию математического ожидания от начала координат или количество точек, расположенных в радиусе среднеквадратического отклонения от математического ожидания ко всему количеству точек [53].

Различные методы определения согласованности количественных оценок на основе понятия компактности (близости) рассматриваются в теории группировок и распознавания образов [54].

4.4.1. Оценка степени согласованности мнений экспертов при использовании коэффициента конкордации Кендалла-Б.Смита

Для того чтобы оценить согласованность мнений нескольких экспертов при оценивании ряда признаков (или объектов, что имеет значение при решении задачи ранжирования), можно воспользоваться коэффициентом конкордации Кендалла-Бэбингтона Смита [55].

Пусть каждый из m экспертов анализирует одно и то же множество, состоящее из n объектов. Тогда имеем m кортежей рангов с равным числом рангов n в каждой последовательности:

$$R_{11} \ R_{12} \dots R_{1j} \dots R_{1n};$$

$$R_{21} \ R_{22} \dots R_{2j} \dots R_{2n};$$

.....

$$R_{i1} \ R_{i2} \dots R_{ij} \dots R_{in};$$

.....

$$R_{m1} \ R_{m2} \dots R_{mj} \dots R_{mn}.$$

В качестве меры согласованности выводов m экспертов Кендалл и Смит [55] предложили коэффициент конкордации (согласованности) в виде формулы:

$$W = \frac{12 \cdot S_w}{m^2(n^3 - n)}, \text{ где } S_w = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2. \quad (4.1)$$

Здесь R_{ij} - ранг i -го объекта, который присвоил ему j -й эксперт.

Легко видеть, что S_w является суммой квадратов отклонений рангов от их среднего значения. Коэффициент конкордации W может принимать значения в диапазоне от 0 (что соответствует полному отсутствию статистической связи между оценками, полученными от разных экспертов), до 1 (что сигнализирует о полном совпадении мнений экспертов – совпадении всех m анализируемых ранжировок). То, что W не принимает

отрицательных значений (в отличие от коэффициента корреляции), объясняется тем обстоятельством, что противоположность согласованности утрачивается.

Если среди кортежей рангов есть совпадения, то коэффициент конкордации следует вычислять по формуле:

$$W = \frac{12 \cdot S_w}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j},$$

где $T_j = \sum_{i=1}^k (t_i^3 - t_i)$; k – число совпавших (связных, объединенных) рангов; t_i – количество элементов в i -й связке для j -го эксперта.

Связные ранги возникают в ситуациях, когда в той или иной ранжировке наблюдаются факты совпадения мест. Например, пусть в j -й ранжировке три объекта разделили места, 3-е, 4-е и 5-е, а два объекта разделили места 9-е и 10-е. В этом случае объектам, разделившим места, приписывается ранг, равный среднему арифметическому соответствующих мест. Это значит, что в нашем примере трем первым объектам будет присвоен одинаковый ранг $4 = (3 + 4 + 5)/3$, а двум последним объектам ранг $9.5 = (9 + 10)/2$.

Для $n \geq 20$ величины W и S_w распределены приблизительно нормально [56] с параметрами:

$$M(W) = \frac{1}{m}; \quad D(W) = \frac{2(m-1)}{m^3(n-1)};$$

$$M(S_w) = \frac{m(n^3 - n)}{12}; \quad D(S_w) = \frac{m(m-1)(n+1)(n^2 - 1)n^2}{72}.$$

В силу несимметричности распределение W при $n \geq 20$ лучше аппроксимируется бета-распределением [56].

Критические значения $S_w(\alpha)$ (при доверительных вероятностях $\alpha = 0,95$ и $\alpha = 0,99$) для коэффициента конкордации W можно найти в работах [56, 57] (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Критические значения $S_w(\alpha)$ для коэффициентов конкордации

m	Доверительная вероятность									
	$\alpha = 0,95$					$\alpha = 0,99$				
	n					n				
	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
3			64,4	103,9	157,3			75,6	122,8	185,6
4		49,5	88,4	143,3	217,0		61,4	109,3	176,2	265,0
5		62,6	112,3	182,4	276,2		80,5	142,8	229,4	343,8
6		75,7	136,1	281,4	335,2		99,5	176,1	282,4	422,6
8	48,1	101,7	183,7	299,0	453,1	66,8	137,4	242,7	388,3	579,9
10	60,0	127,8	231,2	376,7	571,0	85,1	175,3	309,1	494,0	737,0
15	89,8	192,9	349,8	570,5	864,9	131,0	269,8	475,2	758,2	1129,5
20	119,7	258,0	468,5	764,4	1158,7	177,0	364,2	641,2	1022,2	1521,9

При $n > 10 \div 15$ и отсутствии корреляции величина $m(n-1) \cdot W$ распределена приблизительно как χ^2 с $f = n-1$ степенями свободы. Отсюда следует, что критическое значение равно:

$$W_\alpha = \frac{\chi_\alpha^2}{m(n-1)}. \quad (4.2)$$

Если обозначить через $\overline{\rho_s}$ – среднее арифметическое коэффициентов Спирмена [56] по всем $m(m-1)/2$ парам выборок, то коэффициент Кендалла-Б.Смита принимает вид:

$$W = \frac{m-1}{m} \cdot \overline{\rho_s} + \frac{1}{m}.$$

То есть, W и $\overline{\rho_s}$ линейно связаны.

Следует заметить, что коэффициент W конкордации (согласованности) Кендалла-Б.Смита имеет ряд недостатков: выражение (4.1) теряет смысл в том случае, если какой-либо эксперт не может установить отличие между несколькими

смежными факторами и приписывает им одинаковые значения; показатель W не соответствует основным понятиям функциональной зависимости и, следовательно, не позволяет воспользоваться методами функционального анализа.

4.4.2. Оценка степени согласованности мнений экспертов при использовании коэффициента парной ранговой корреляции Кендалла и Спирмена

В работе [57] Кендалл предложил несколько способов вычисления коэффициента ранговой корреляции τ . По одной из формул τ определяется выражением

$$\tau = \frac{4k}{n(n-1)} - 1, \quad (4.3)$$

где k – количество пар рангов с прямым порядком; n – количество объектов, для которых определяется ранговая корреляция.

Коэффициент τ принимает значения от -1 до +1. Равенство $\tau = 1$ указывает на строгую линейную корреляцию.

Коэффициент корреляции Спирмена [56] определяется формулой

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_{1i} - R_{2i})^2}{m(m^2 - 1)}, \quad (4.4)$$

где R_{1i}, R_{2i} – ранги i -го объекта для каждой из сравниваемых переменных. Этот коэффициент является аналогом коэффициента парной корреляции.

Формулу (4.4) после модификации можно представить в виде [58]

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n \left(R_{1i} - \frac{m+1}{2} \right) \left(R_{2i} - \frac{m+1}{2} \right)}{\frac{1}{12} m(m^2 - 1)}. \quad (4.5)$$

При наличии среди последовательности рангов совпадающих значений формула (4.5) принимает вид

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n \left(R_{1i} - \frac{m+1}{2} \right) \left(R_{2i} - \frac{m+1}{2} \right)}{\frac{1}{12} m(m^2 - 1) - \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^{k_1} (T_{1i}^3 - T_{1i}) + \sum_{j=1}^{k_2} (T_{2j}^3 - T_{2j}) \right]},$$

где k_1, k_2 – количество связей в T_{1i}, T_{2j} .

Коэффициент парной ранговой корреляции Спирмена также принимает значения от -1 до +1. При $\rho = 1$ отвечает полной согласованности мнений экспертов; при $\rho = -1$ указывает на факт противоположности мнений экспертов.

Между коэффициентами ранговой корреляции Спирмена и Кендалла есть общее свойство – они измеряют тесноту связи между двумя свойствами, по каждому из которых ранжируются объекты. Отличие между коэффициентами τ и ρ заключается в том, что при определении τ фиксируется только факт прямого или обратного расположения рангов для каждой пары объектов независимо от отдаления рангов один от другого.

Считается, что групповые оценки объектов являются достоверными, если между личными оценками экспертов наблюдается достаточная согласованность. Количественную степень согласованности мнений экспертов можно также определить коэффициентом согласованности E (разновидность коэффициента множественной корреляции):

$$E = \frac{1}{m^2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m R_{ij}.$$

При обработке результатов ранжирования могут возникнуть задачи определения зависимости между ранжировками двух экспертов или определения связи между двумя различными целями при достижении решения одной и той же совокупности проблем или определения взаимосвязи между двумя объектами. В этих случаях, мерой взаимосвязи может также служить коэффициент ранговой корреляции.

Характеристикой взаимосвязи множества ранжировок или

целей является матрица коэффициентов ранговой корреляции. Коэффициент Спирмена в этом случае определяется формулой:

$$\rho = \frac{K_{12}}{\sqrt{D_1 \cdot D_2}}, \quad (4.6)$$

где K_{12} – взаимный корреляционный момент первой и второй ранжировок;

D_1, D_2 – дисперсии этих ранжировок.

Значения K_{12} , D_1 и D_2 определяются по формулам:

$$\begin{aligned} K_{12} &= \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (R_{1j} - \tilde{R}_1)(R_{2j} - \tilde{R}_2) \\ D_1 &= \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (R_{1j} - \tilde{R}_1)^2 \\ D_2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (R_{2j} - \tilde{R}_2)^2, \end{aligned} \quad (4.7)$$

где n – число ранжируемых объектов; R_{1j}, R_{2j} – ранги в первой и второй ранжировках соответственно; $\tilde{R}_1, \tilde{R}_2$ – средние ранги в первой и второй ранжировках. Оценки средних рангов находятся по известным формулам:

$$\begin{aligned} \tilde{R}_1 &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_{1j}; \\ \tilde{R}_2 &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_{2j}. \end{aligned} \quad (4.8)$$

Вычислим оценки средних рангов и дисперсий в предположении, что в ранжировках отсутствуют совпадающие значения, т.е. обе ранжировки дают строгое упорядочение объектов. В этом случае средние ранги (4.8) представляют собой поделенные на n суммы натуральных чисел от 1 до n .

$$\tilde{R} = \tilde{R}_1 = \tilde{R}_2 = \frac{1}{n} \cdot \frac{n(n+1)}{2} = \frac{n+1}{2}.$$

Дисперсии (4.7) для двух любых ранжировок (при отсутствии связанных рангов) будут одинаковы и равны

$$D = D_1 = D_2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (R_{ij} - \tilde{R})^2 = \frac{n(n+1)}{12}, \quad (i=1,2). \quad (4.9)$$

Подставляя значение K_{12} из (4.7) и D_1, D_2 из (4.9) в формулу (4.6), получим оценку коэффициента ранговой корреляции Спирмена в виде

$$\rho = \frac{12}{n(n^2 - 1)} \sum_{j=1}^n (R_{1j} - \tilde{R})(R_{2j} - \tilde{R}).$$

Если же в ранжировках имеются связанные ранги, то коэффициент Спирмена вычисляется по формуле

$$\bar{\rho} = \frac{\rho + T_1 + T_2}{\sqrt{(1 - T_1)(1 - T_2)}},$$

где ρ – оценка коэффициента ранговой корреляции Спирмена, вычисляемая по формуле (4.4); величины T_1 и T_2 соответственно равны

$$T_1 = \frac{3}{n(n^2 - 1)} \cdot \sum_{i=1}^{k_1} k_i(k_i - 1);$$

$$T_2 = \frac{3}{n(n^2 - 1)} \cdot \sum_{i=1}^{k_2} k_i(k_i - 1).$$

В данных формулах k_1 и k_2 – количество различных связанных рангов в первой и второй ранжировках соответственно.

Сравнительная оценка коэффициентов ранговой корреляции Спирмена и Кендалла показывает, что вычисление коэффициентов Спирмена дает более точный результат, поскольку он является оптимальным по критерию минимума средней квадратичной оценки коэффициента корреляции.

Из приведенных в данной главе соотношений следует, что хотя коэффициенты τ и ρ и связаны между собой, но эта связь не столь элементарна. На практике чаще всего, если значения обоих коэффициентов не слишком близки к единице, то $\rho \approx 1,5 \cdot \tau$.

«У читателя может возникнуть вопрос: стоит ли пользоваться коэффициентом τ , если вычисление коэффициента ρ значительно проще? Почему же тогда коэффициент τ применяется на практике чаще? Это связано с тем, что если необходимо учесть вновь поступившие значения случайных величин, то ρ , в отличие от τ , приходится рассчитывать заново по всем выборочным значениям» [56].

4.4.3. Оценка степени согласованности мнений двух групп экспертов при использовании обобщенного коэффициента конкордации Шукени-Фроли

Для случая двух групп экспертов Шукени и Фроли [56,59] предложили аналог коэффициента конкордации Кенделла-Б.Смита. Пусть две группы экспертов численностями l_1 и l_2 ставят перед собой задачу проранжировать k объектов. Обозначим через $R_{ij}(i = \overline{1, l_1}; j = \overline{1, k})$ – ранги, предложенные l_1 экспертами первой группы; через $R_{ij}^*(i = \overline{1, l_2}; j = \overline{1, k})$ – ранги, предложенные l_2 экспертами второй группы ($R_j = \sum_{i=1}^{l_1} R_{ij}$ и $R_j^* = \sum_{i=1}^{l_2} R_{ij}^*$, для $j = \overline{1, k}$).

Статистика Шукени-Фроли равна

$$N \cdot (k+2) \leq L = \sum_{j=1}^k R_j \cdot R_j^* \leq N \cdot (2k+1),$$

где $N = \frac{l_1 l_2 k(k+1)}{6}$.

При этом

$$M(L) = \frac{l_1 l_2 \cdot k(k+1)^2}{4}; \quad D(L) = \frac{l_1 l_2 (k-1) \cdot k^2 (k+1)^2}{144}.$$

Обобщенный коэффициент конкордации Шукени-Фроли определяется соотношением:

$$\tilde{W} = \frac{L - M(L)}{L_{\max} - M(L)}.$$

Если ρ_{ij} – коэффициент корреляции Спирмена [56] для i -го эксперта первой группы и j -го эксперта второй группы, то

$$\tilde{W} = \frac{1}{l_1 \cdot l_2} \cdot \sum_{j=1}^{l_2} \sum_{i=1}^{l_1} \rho_{ij}.$$

Однако, предельное распределение коэффициента Шукени-Фроли отлично от нормального и неудобно для применения.

4.4.4. Тестовое решение задачи по оценке согласованности мнений экспертов

Приведем пример решения задачи по согласованию мнений экспертов. Пусть имеется 7 объектов и коллектив из 3-х экспертов. Мнения экспертов различны, данные приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Оценка суждений экспертов

Объекты	Эксперты		
	Эксперт №1	Эксперт №2	Эксперт №3
1	2	3	1
2	5	3	3
3	7	2	7
4	3	7	5
5	4	5	4
6	3	4	9
7	9	7	8

Как видим, мнения экспертов не совпадают.

Матрица рангов, полученная из табл. 4.2, и вычисления, необходимые для определения величины S_w , представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Ранжировка объектов

i	R _{ij}			$\left(\sum_{i=1}^3 R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2}\right)^2$
	j			
	1	2	3	
1	1,0	2,5	1,0	$(4,5 - 12)^2 = 56,25$
2	5,0	2,5	2,0	$(9,5 - 12)^2 = 6,25$
3	6,0	1,0	5,0	$(12 - 12)^2 = 0,00$
4	2,5	6,5	4,0	$(13 - 12)^2 = 1,25$
5	4,0	5,0	3,0	$(12 - 12)^2 = 0,00$
6	2,5	4,0	7,0	$(13,5 - 12)^2 = 2,25$
7	7,0	6,5	6,0	$(19,5 - 12)^2 = 56,25$
				S _w = 122,00

Зная значение $S_W = 122$, по формуле (4.1) при $m = 3$ и $n = 7$ находим $W = 0,484$.

Имея в виду, что при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ и степени свободы $f = n - 1 = 6$ квантиль распределения $\chi^2 = 12,592$ [56], по формуле (4.2) находим критическое значение $W_\alpha = 0,699$.

Так как $W = 0,484 < W_\alpha = 0,699$, то с вероятностью $\alpha = 0,95$ можно утверждать, что согласованность экспертов незначима.

Таким образом, оценка мнений экспертов при помощи коэффициента конкордации при коллективном принятии решений позволяет выявить и объединить различные подходы экспертов к оценке различных явлений (признаков, критериев), что позволяет провести углубленный анализ ситуации и принять более взвешенное обоснованное решение.

4.5. Роль весовых коэффициентов при экспертном оценивании

Оценивание представляет собой процедуру предоставления объектам (под объектами будем понимать альтернативы, методы решений, показатели качества, ситуации неопределенности и т.п.) числовых значений в заранее обусловленной числовой шкале. Важную роль играют весовые коэффициенты (ВК) [16,60]. Будем использовать для ВК обозначение ρ_i , $i \in \{1, \dots, n\} = I$, характеризуя термин «объекты», так как, в зависимости от интерпретации, объектами определения ВК могут быть параметры или компетентность экспертов.

Среди распространенных способов представления значений ВК выделим [16]: действительные или натуральные числа $-\infty < \rho_i < \infty$, $i \in \{1, \dots, n\} = I$; действительные числа с учетом ограничений; действительные или натуральные числа с учетом условия центрированности $\sum_{i \in I} \rho_i = 0$, $-\infty < \rho_i < \infty$, $i \in I$; действительные числа с учетом условия нормированности $\sum_{i \in I} \rho_i = 1$, $\rho_i > 0$.

Распространенной формой представления нормированных ВК

является интервальная форма – гиперпараллелепипеда весовых коэффициентов (ГВК):

$$\rho \in \Gamma = [\rho_i^H, \rho_i^B], i \in I, 0 < \rho_i^H \leq \rho_i^B \leq 1, i \in I.$$

Основное предположение моделей в традиционных формулировках состоит в том, что "вес" объектов не зависит от значений параметров, то есть остается постоянным для любого подмножества значений. Поэтому определение важности объектов, как правило, сводится к одноразовому оцениванию их «весового значения». В [61,62] допускается, что вес параметров определяется ступенчатой функцией значений параметров и указанием, что алгоритм определения ВК состоит из двух этапов, хотя на практике может использоваться лишь только один из этих этапов: предшествующего определения ВК на основе известной информации о преимуществах экспертов и целенаправленного изменения этих коэффициентов таким образом, что бы их применение позволяло стабильно находить лучший объект или максимально удовлетворить экспертному ранжированию объектов.

Для классификации методов выявления значений весовых коэффициентов выбираем вид представления весовых коэффициентов и воспользуемся подходом к классификации способов определения входной информации, согласно [43], где указывается, что можно выделить такие группы процедур: эксперт определяет свои представления о важности объектов непосредственно или через какие-то процедуры; эксперт сообщает некоторые целевые или желательные значения параметров $a^{*(i)}$, $i \in I$, нижние значения параметров $a^{H(i)}$, $i \in I$, допустимые отклонения от целевых значений $\Delta a^{*(i)}$, $i \in I$, т.п.; эксперт сравнивает совокупности объектов, которые ему предъявляются и определяет свои представления с помощью матрицы парных сравнений (ПС) в порядковой шкале вида $(B^l = (b_{ij}^l), i, j \in I, l \in L = \{1, \dots, k\})$ или метризированной матрицы ПС вида $(M = (\mu_{ij}), i, j \in I)$;

информация от экспертов содержит разные комбинации первых трех групп процедур.

4.6. Методы, используемые в экспертном коллективном оценивании

В экспертном оценивании при анализе мнений экспертов применяют разнообразные статистические методы, их достаточно много. Тем не менее, можно выделить основные используемые методы математической обработки экспертных оценок [2,26,63].

Дадим краткую характеристику основным методам, применяемым в задачах структурирования подготовки и принятия коллективных (экспертных) решений.

Голосование. Считается, что голосование следует применять только в том случае, если мнений, которые предложены к рассмотрению, меньше, чем экспертов [63,64].

Самый простой способ голосования – выбор большинством голосов, имеет свои достоинства (простота) и недостатки (решение принимается неквалифицированным большинством).

Существуют подходы улучшения данного метода:

1. Голосование большинством. Например, для принятия решения требуется набрать $2/3$ голосов. Такое правило применяется в особых случаях, когда повышается порог ответственности за принятое решение. Но при этом метод часто приводит в тупик, так как необходимого количества голосов набрать по какому-то одному из проектов не всегда возможно.
2. Голосование с правом «вето». В этом случае любой эксперт имеет право заблокировать общее намеченное решение одним своим голосом. Это еще более жесткая процедура голосования. Способ применяется в особо ответственных ситуациях (например, при принятии решений в ООН).
3. Талонное голосование. Голосовать можно только при наличии талона. Талонов меньше, чем голосований в течение оговоренного отрезка времени. Например, на 12 совещаний в

год каждому эксперту выдается 8 талонов. Таким образом, если эксперт чувствует себя не вполне компетентным по какому-то вопросу, он не вмешивается в процесс голосования, сохраняя талон для более важного для него вопроса. Метод улучшает процедуру голосования, заставляя ответственно оценивать не только проекты, но и себя.

4. Туровое голосование. В первом туре голосования отбирается как результат 2-3 проекта, которые набирают большинство голосов или проходят установленный порог. Во втором туре все эксперты голосуют только уже за эти 2-3 отобранных проекта.
5. Туровое голосование улучшается, если дать возможность экспертам знакомиться с результатами голосования после каждого тура и не убирать проекты из рассмотрения от тура к туру. В результате такой процедуры эксперты, видя и оценивая общий результат, могут менять свои собственные предпочтения, исключая случайность и приходя к равносному мнению. Этот метод получил название «метод Дельфи».

Пример турового голосования [65]. Пусть экспертная группа из 5 экспертов оценивает 7 кандидатов на получение трех премий: Дмитриева (Д), Иванов (И), Кузнецов (К), Лукьянов (Л), Михайлов (М), Петров (П), Сидоров (С). Результаты голосования первого тура приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

**Распределение мнений экспертов относительно
каждого из кандидатов (I тур)**

	1	2	3	4	5	6	7
Эксперт 1	И	П	С	Л	К	М	Д
Эксперт 2	Д	И	М	Л	К	С	П
Эксперт 3	И	М	К	Л	С	П	Д
Эксперт 4	Д	С	И	Л	П	М	К
Эксперт 5	И	К	П	Л	С	Д	М

Далее подсчитываются баллы. Оказалось, что 3 эксперта присвоили Иванову первое место, один эксперт дал ему второе место и один – третье. Общее число очков у Иванова: $3 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 = 8$. Таким же образом подсчитываются баллы для всех остальных кандидатов. Результаты сводятся в таблицу (см. табл. 4.5).

Таблица 4.5

Итоги первого тура

Кандидат	Баллы	Место
Иванов	$08 = 3 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3$	1
Лукьянов	$20 = 5 \cdot 4$	2
Сидоров	$21 = 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 6$	3
Дмитриев	$22 = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 6 + 2 \cdot 7$	4
Кузнецов	$22 = 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 7$	4
Петров	$23 = 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 5 + 1 \cdot 6 + 1 \cdot 7$	5
Михайлов	$24 = 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 6 + 1 \cdot 7$	6

После первого тура призовые места у Иванова, Лукьянова и Сидорова.

После первого тура часть экспертов не удовлетворена результатами голосования. Лукьянов (табл. 4.5), которому никто из экспертов не давал ни одного из призовых мест, получил второе место. Так как есть эксперты, заинтересованные в изменении результатов, то имеет смысл провести второй тур. После второго тура матрица может выглядеть так (табл. 4.6).

Таблица 4.6

**Распределение мнений экспертов относительно каждого
из кандидатов (II тур)**

	1	2	3	4	5	6	7
Эксперт 1	П	С	И	Л	К	М	Д
Эксперт 2	Д	И	М	Л	К	П	С
Эксперт 3	И	М	К	Л	С	П	Д
Эксперт 4	Д	С	И	Л	П	М	К
Эксперт 5	И	К	П	Л	С	Д	М

Итоги второго тура представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Итоги второго тура

Кандидат	Баллы	Место
Иванов	$10=2 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 2 \cdot 3$	1
Лукьянов	$20=5 \cdot 4$	2
Сидоров	$21=2 \cdot 2 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 7$	3
Дмитриев	$22=2 \cdot 1 + 1 \cdot 6 + 2 \cdot 7$	4
Кузнецов	$22=1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 7$	4
Петров	$21=1 \cdot 1 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 5 + 2 \cdot 6$	3
Михайлов	$24=1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 6 + 1 \cdot 7$	5

Кроме таблицы результатов удобно вычислять таблицу неудовлетворенности экспертов, например, подсчитывая сумму разностей по каждому эксперту между желательным распределением проектов и общим результатом тура. Если эксперт действует логично, показатель неудовлетворенности от тура к туру должен уменьшаться. Процедура должна прийти к равновесному состоянию за счет действия всех экспертов одновременно, понижающих собственные показатели неудовлетворенности.

Туровая процедура продолжается до тех пор, пока ни один эксперт в одиночку не в силах будет изменить конечный результат. Результат в нескольких последних турах перестанет меняться. Его и принимают в качестве конечного результата.

Первые исследования систем голосования проведены французским ученым маркизом де Кондорсе (1743-1794). Он сформулировал принцип, позволяющий определять победителя в демократических выборах [39]: кандидат, который побеждает при сравнении один на один с любым из других кандидатов, является победителем на выборах.

Согласно де Кондорсе, справедливое определение победителя

возможно путем попарного сравнения кандидатов (вариантов решения проблемы) по числу голосов, поданных за них. Де Кондорсе столкнулся с парадоксом, получившим впоследствии его имя.

Пример экспертизы: имеется 3 варианта А, В и С проблемной задачи. Голоса 60 экспертов распределились, как показано в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Распределение голосов (парадокс Кондорсе)

Число голосующих	Предпочтения
23	$A > B > C$
17	$B > C > A$
2	$B > A > C$
10	$C > A > B$
8	$C > B > A$

Сравним предпочтения по отношению к парам вариантов. Начнем с А и С. Вариант А предпочитают 25 (23+2) экспертов, вариант С предпочитают $17+10+8=35$ экспертов. Следовательно, С предпочтительнее А ($C > A$). Сравнивая попарно аналогичным образом А и В, В и С, получаем $B > C$ (42 против 18), $C > A$ (35 против 25) и $A > B$ (33 против 27). Следовательно, мы пришли к противоречию, получив нетранзитивность отношения предпочтения: $A > B > C > A$. Столкнувшись с этим парадоксом, Кондорсе выбрал «наименьшее зло», а именно то мнение, которого поддерживается большинство, а именно – 23 голосующих поставили А на первое место, поэтому избранным следует считать А. Вариант В поставили на первое место 19 голосующих, вариант С – 18 голосующих.

Изложим еще один метод голосования: **метод Борда** [43]. Согласно этому методу, результаты голосования выражаются в виде числа баллов, набранных каждым из вариантов проекта. Пусть число вариантов равно n . За первое место присуждается n баллов, за второе $n-1$, за последнее – 1 балл.

Таблица 4.9

Распределение голосов (метод Борда)

Число голосующих (экспертов)	Предпочтения
23	A>C>B
19	B>C>A
2	C>A>B
16	C>B>A

Используем метод Борда к задаче в табл. 4.9. Число баллов для каждого варианта:

$$A: 23 \cdot 3 + 19 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 16 \cdot 1 = 108;$$

$$B: 23 \cdot 1 + 19 \cdot 3 + 2 \cdot 1 + 16 \cdot 2 = 114;$$

$$C: 23 \cdot 2 + 19 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 16 \cdot 3 = 138.$$

В соответствии с методом Борда вариант С является лучшим.

Однако, как метод Борда, как и принцип Кондорсе, при их использовании создают проблемы. Предположим, что результаты голосования в выборном органе представлены в приведенной ниже табл. 4.10. Подсчитав баллы методом Борда, получим: A = 122, B = 101, C = 137. Лучшим является С, хотя явным победителем является вариант А, набравший абсолютное большинство голосов – 31 из 60.

Таблица 4.10

Распределение голосов (метод Борда)

Число голосующих	Предпочтения
31	A>C>B
12	B>C>A
17	C>B>A

Приведенные примеры показывают, что парадоксы при голосовании не возникают лишь в случае, когда победитель определяется по принципу абсолютного большинства голосов.

Однако такой случай нетипичен для большинства выборов в демократических странах. Обычно число вариантов решения больше, чем два, и редки случаи, когда кто-то из них сразу же получает поддержку абсолютного большинства избирателей.

Интересно, что парадоксы голосования сохраняются и при введении двух туров и условий, что во второй тур выходят два варианта, набравшие большинство голосов. Обратимся к табл. 4.8, составленной по методу Кондорсе. В соответствии с предпочтениями, во второй тур выходят А (23 голоса) и В (19 голосов), после чего побеждает А. Однако, при небольшом усилении первоначальной позиции А: если бы предпочтения двух экспертов (3-я строка) выглядели как $A > B > C$, то во второй тур вышли бы А (25 голосов) и С (18 голосов), после чего побеждает С. Ясно, что такой результат голосования противоречит здравому смыслу.

Ранжирование – это процедура упорядочения, разбиения множества объектов в порядке предпочтения, с введением между ними некоторого порядка «лучше-хуже» [21,63].

Пример: ЭГ из четырех экспертов расставила объекты (проекты) А, В, С и D по рангам (местам), как в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Распределение мест проектов

	А	В	С	Д
Эксперт 1	1	2	3	4
Эксперт 2	1	3	2	4
Эксперт 3	2	1	3	4
Эксперт 4	1	3	4	2

На основе своих знаний и опыта эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководясь одним или несколькими показателями сравнения. В зависимости от вида отношений между объектами возможны различные варианты упорядочения [27].

Пусть среди объектов нет одинаковых по сравниваемым

показателям, т.е. нет эквивалентных объектов. В этом случае между объектами существует только отношение строгого порядка, обладающее свойствами несимметричности (если $O_i \succ O_j$, то $O_j \not\succ O_i$), транзитивности (если $O_i \succ O_j$, $O_j \succ O_k$, то $O_i \succ O_k$) и связности (для любых двух объектов – либо $O_i \succ O_j$, либо $O_j \succ O_i$).

Из свойства связности вытекает совершенная (линейная) упорядоченность множества объектов. В результате сравнения всех объектов по отношению строгого порядка эксперт составляет упорядоченную последовательность

$$O_1 \succ O_2 \succ \dots \succ O_n, \quad (4.10)$$

где объект с первым номером – наиболее предпочтительный из всех, объект со вторым номером менее предпочтителен, но предпочтительнее всех остальных и т.д.

Полученная система с отношением строгого порядка $\langle O, \succ \rangle$ образует серию. На множестве объектов серии можно построить весовую функцию, которая будет биекцией. Тогда отношение порядка " $\succ$ " сводится к отношению «больше, чем» или «меньше, чем» [63]. Это означает, что существует такое числовое представление $f(O_i)$, что последовательности (4.10) соответствует последовательность чисел

$$f(O_1) > f(O_2) > \dots > f(O_n) \quad (4.11)$$

или обратная последовательность:

$$f(O_1) < f(O_2) < \dots < f(O_n)$$

Соответствие вышесказанных последовательностей (4.10) и (4.11), т.е. их изоморфизм или гомоморфизм, можно определить, выбирая любые числовые представления. Единственным ограничением является монотонность преобразования. Следовательно, допустимое преобразование при переходе от одного числового представления к другому должно обладать свойством монотонности. Но таким свойством обладает шкала порядков. Таким образом, ранжирование объектов производится в шкале порядков.

В практике экспертного ранжирования чаще всего применяется числовое представление последовательности (4.10) в виде натуральных чисел

$$r_1 = f(O_1) = 1; r_2 = f(O_2) = 2; \dots r_n = f(O_n) = n;$$

Числа $r_1, r_2, \dots, r_n$ называются *рангами*. Наиболее предпочтительному объекту присваивается первый ранг, второму – второй и т.д.

Пусть теперь среди объектов существуют эквивалентные. Это означает, что кроме отношения строгого порядка между некоторыми объектами возможно отношение эквивалентности.

В результате ранжирования при наличии отношений порядка и эквивалентности эксперт составляет упорядоченную последовательность, в которой некоторые объекты могут быть эквивалентными. Например, упорядочение может иметь вид

$$O_1 \succ O_2 \succ O_3 \sim O_4 \sim O_5 \succ \dots \succ O_{n-1} \sim O_n.$$

В этой последовательности объекты O_3, O_4, O_5 эквивалентны между собой, а объекты O_{n-1}, O_n – между собой.

В этом случае можно говорить только об отношении квазипорядка, а такая система объектов образует *квазисерию*. Для квазисерии существует система с отношениями «не больше, чем», «не меньше, чем».

Ранжирование всегда производится в шкале порядка, независимо от того, имеются среди объектов эквивалентные или нет.

В практике ранжирования объектов, между которыми допускаются отношения как строгого порядка, так и эквивалентности, числовое представление выбирается следующим образом. Наиболее предпочтительному объекту присваивается ранг, равный единице, второму – второй ранг и т.д. Для эквивалентных объектов удобно назначать одинаковые ранги, равные среднему арифметическому значению рангов, присваиваемых одинаковым объектам. Такие ранги называют *связанными*.

Удобство использования связанных рангов в том, что сумма

рангов объектов равна сумме натуральных объектов от единицы до n . При этом любые комбинации связанных рангов не изменяют эту сумму. Это обстоятельство существенно упрощает обработку результатов ранжирования при групповой экспертной оценке.

При групповой экспертной оценке каждый i -й эксперт присваивает каждому объекту j ранг r_{ij} . В результате проведения экспертного оценивания получается матрица рангов $\|r_{ij}\|$ размерности $n \times m$, где n – число объектов ($j = 1, \dots, n$); j – число экспертов ($i = 1, \dots, m$).

Ранги объектов определяют только порядок их расположения по показателям сравнения. Ранги как числа не дают возможности сделать вывод о том, на сколько или во сколько раз один объект предпочтительнее другого. Если, например, ранг объекта равен единице, то не следует делать вывод, что этот объект в три раза предпочтительнее объекта, имеющего ранг, равный трем.

Достоинство ранжирования как метода измерения является простота осуществления процедур, недостаток – практическая невозможность упорядочения большого числа объектов. Как показывает опыт, при числе объектов больше 15...20 эксперты затрудняются в построении ранжированного ряда. Это объясняется тем, что в процессе ранжирования эксперт должен установить взаимосвязь между всеми объектами, рассматривая их как единую совокупность. При увеличении числа объектов количество связей между ними растет. Удержание и анализ большой совокупности взаимосвязей между объектами ограничивается психологическими возможностями людей. Поэтому при ранжировании большого числа объектов эксперты могут допускать ошибки.

Используются несколько разновидностей метода ранжирования.

Метод большинства. На первое место ставится тот объект (проект), которому большинство экспертов присваивает первое место. На второе место ставится то проект, которому большинство

экспертов присваивает второе место и так далее.

В примере (см. табл. 4.10) проект А займет в итоге первое место, так как три эксперта отдали ему первое место. Проекты В и С занимают второе и третье места, так как двое экспертов отдали им третье место. Проект D займет четвертое место, так как три эксперта отдали ему четвертое место.

Метод Кемени-Снелла. Для определения эффективного (оптимального) решения можно воспользоваться методом Кемени-Снелла. Согласно предложению Джона Кемени, следует найти среднее мнение как решение оптимизационной задачи. Необходимо минимизировать суммарное расстояние на множестве суммарных расстояний между мнениями всех возможных пар экспертов. Найденное таким способом среднее называют «медианой Кемени».

Сложность задачи состоит в том, что мнения экспертов лежат в некотором пространстве объектов нечисловой природы и возникает проблема выбора расстояния (нормы). В ряде работ показано, что в силу обобщения закона больших чисел среднее мнение при увеличении числа экспертов (чьи мнения независимы и одинаково распределены) приближается к некоторому пределу, который можно назвать математическим ожиданием.

Вычисление медианы Кемени может быть достаточно сложным делом.

Бинарные отношения и расстояние Кемени. В экспертных методах используют, в частности, такие бинарные отношения, как ранжировки, отношения эквивалентности, толерантности (отношения сходства). Как известно, бинарное отношение A на конечном множестве $Q = q_1, q_2, \dots, q_k$ — это подмножество декартова квадрата $Q^2 = \{(q_m, q_n), m, n = 1, 2, \dots, k\}$. При этом пара (q_m, q_n) входит в A тогда и только тогда, когда между q_m и q_n имеется рассматриваемое отношение. Каждое бинарное отношение A можно описать матрицей $\|a_{ij}\|$ из 0 и 1, причем $a(i, j) = 1$ тогда и только тогда, когда q_i и q_j находятся в отношении A , и $a(i, j) = 0$ в противном случае.

Расстоянием Кемени между бинарными отношениями A и B , описываемыми матрицами $\|a(i, j)\|$ и $\|b(i, j)\|$ соответственно, называется число

$$D(A, B) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k |a(i, j) - b(i, j)|,$$

т.е. расстояние Кемени между бинарными отношениями равно сумме модулей разностей элементов, стоящих на одних и тех же местах в соответствующих им матрицах.

Легко видеть, что расстояние Кемени – это число несовпадающих элементов в матрицах $\|a(i, j)\|$ и $\|b(i, j)\|$.

С помощью расстояния Кемени находят итоговое мнение экспертной группы. Пусть $A_1, A_2, A_3, \dots, A_p$ – ответы p экспертов, представленные в виде бинарных отношений. Для их усреднения используют **медиану Кемени**

$$\text{Arg} \min_j \sum_{i=1}^p D(A_i, A_j).$$

Кроме медианы Кемени, используют **среднее по Кемени**, в котором вместо $D(A_i, A_j)$ используют $D^2(A_i, A_j)$.

Медиана Кемени – частный случай определения эмпирического среднего в пространствах нечисловой природы. Для нее справедлив закон больших чисел, т.е. эмпирическое среднее приближается при росте числа составляющих (т.е. p – числа слагаемых в сумме) к теоретическому среднему:

$$\text{Arg} \min_j \sum_{i=1}^p D(A_i, A_j) \rightarrow \text{Arg} \min_j MD(A_i, A_j).$$

Здесь M – символ математического ожидания. Предполагается, что ответы p экспертов $A_1, A_2, A_3, \dots, A_p$ можно рассматривать как случайную выборку в пространстве упорядочений или отношений эквивалентности.

Медиана Кемени обладает устойчивостью по отношению к незначительному изменению состава экспертной группы; во-вторых, при увеличении числа экспертов она приближается к некоторому пределу. Его можно рассматривать как реальное мнение

экспертов, от которого каждый из них несколько отклонялся по случайным причинам [64].

Рассмотрим пример [66]. Дана квадратная матрица попарных расстояний для множества бинарных отношений из 9 элементов $A_1, A_2, A_3, \dots, A_9$ (табл. 4.12). Найти в этом множестве медиану для множества из 5 элементов $\{A_2, A_4, A_5, A_8, A_9\}$.

Таблица 4.12

Матрица попарных расстояний

0	2	13	1	7	4	10	3	11
2	0	5	6	1	3	2	5	1
13	5	0	2	2	7	6	5	7
1	7	2	0	5	4	3	8	8
7	1	2	5	0	10	1	3	7
4	3	7	4	10	0	2	1	5
10	2	6	3	1	2	0	6	3
3	5	5	8	3	1	6	0	9
11	1	7	8	7	5	3	9	0

В соответствии с определением медианы Кемени следует ввести в рассмотрение функцию

$$C(A_j) = D(A_2, A_j) + D(A_4, A_j) + D(A_5, A_j) + D(A_8, A_j) + D(A_9, A_j),$$

рассчитать ее значения для всех $A = A_1, A_2, A_3, \dots, A_9$ и выбрать наименьшее. Проведем расчеты:

$$C(A_1) = D(A_2, A_1) + D(A_4, A_1) + D(A_5, A_1) + D(A_8, A_1) + D(A_9, A_1) = 2 + 1 + 7 + 3 + 11 = 24,$$

$$C(A_2) = D(A_2, A_2) + D(A_4, A_2) + D(A_5, A_2) + D(A_8, A_2) + D(A_9, A_2) = 0 + 6 + 1 + 5 + 1 = 13,$$

$$C(A_3) = D(A_2, A_3) + D(A_4, A_3) + D(A_5, A_3) + D(A_8, A_3) + D(A_9, A_3) = 5 + 2 + 2 + 5 + 7 = 21,$$

$$C(A_4) = D(A_2, A_4) + D(A_4, A_4) + D(A_5, A_4) + D(A_8, A_4) + D(A_9, A_4) = 6 + 0 + 5 + 8 + 8 = 27,$$

$$C(A_5) = D(A_2, A_5) + D(A_4, A_5) + D(A_5, A_5) + D(A_8, A_5) + D(A_9, A_5) = 1 + 5 + 0 + 3 + 7 = 16,$$

$$C(A_6) = D(A_2, A_6) + D(A_4, A_6) + D(A_5, A_6) + D(A_8, A_6) + D(A_9, A_6) = 3 + 4 + 10 + 1 + 5 = 23,$$

$$C(A_7) = D(A_2, A_7) + D(A_4, A_7) + D(A_5, A_7) + D(A_8, A_7) + D(A_9, A_7) = 2 + 3 + 1 + 6 + 3 = 15,$$

$$C(A_8) = D(A_2, A_8) + D(A_4, A_8) + D(A_5, A_8) + D(A_8, A_8) + D(A_9, A_8) = 5 + 8 + 3 + 0 + 9 = 25,$$

$$C(A_9) = D(A_2, A_9) + D(A_4, A_9) + D(A_5, A_9) + D(A_8, A_9) + D(A_9, A_9) = 1 + 8 + 7 + 9 + 0 = 25.$$

Из всех вычисленных сумм наименьшая равна 13, и достигается она при $A = A_2$, следовательно, медиана Кемени – это множество $\{A_2\}$, состоящее из одного элемента A_2 .

Ранжирование (с использованием медианы Кемени). Вычисляются значения r_{ij} – расстояние между мнениями i -го и j -го экспертов. Вычислять расстояния между двумя векторами (вектор – это мнение эксперта по кортежу проектов) можно по-разному. Расстояние в математике называется нормой. Есть пифагорова норма, манхэттенская, Минковского и т.д. Вычислим в матрице (табл. 4.12) расстояние между мнениями эксперта 1 и эксперта 2 по *манхэттенской норме*:

$$r_{12} = |1-1| + |2-3| + |3-2| + |4-4| = 0 + 1 + 1 + 0 = 2.$$

Итак, расстояние мнений по манхэттенской норме – это сумма разностей (по абсолютной величине) мнений двух экспертов по каждому проекту.

Эти значения заносятся в таблицу (матрицу расстояний). Затем вычисляются значения R_i – расстояние от i -го эксперта до всех остальных – как сумма расстояний между мнением этого эксперта и остальных экспертов (табл. 4.13).

Таблица 4.13

Расчет расстояний между мнениями экспертов

	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	R_i
Эксперт 1	0	r_{12}	r_{13}	r_{14}	$0 + r_{12} + r_{13} + r_{14} = R_1$
Эксперт 2	r_{21}	0	r_{23}	r_{24}	$r_{21} + 0 + r_{23} + r_{24} = R_2$
Эксперт 3	r_{31}	r_{32}	0	r_{34}	$r_{31} + r_{32} + 0 + r_{34} = R_3$
Эксперт 4	r_{41}	r_{42}	r_{43}	0	$r_{41} + r_{42} + r_{43} + 0 = R_4$
					$\min(R_1, R_2, R_3, R_4)$

Среди вычисленных суммарных расстояний находится минимум из R_i . Мнение соответствующего i -го эксперта (с минимальным R) объявляется результатом экспертизы.

Ранжирование по методу Кондорсе. В основе лежит использование попарного сравнения. Рассмотрим пример (табл. 4.14) [63].

Таблица 4.14

Распределение мест проектов, данное коллективом экспертов

	A	B	C	D
Эксперт 1	1	2	3	4
Эксперт 2	1	3	2	4
Эксперт 3	2	1	3	4
Эксперт 4	1	3	4	2

Для каждой пары проектов (i и j) подсчитывается, какое количество S_{ij} экспертов считает, что i -й проект лучше, чем j -й, и какое количество S_{ji} экспертов имеет противоположное мнение (табл. 4.15).

Таблица 4.15

Расчет отношений «лучше-хуже» между проектами

S_{ij}	Отношение	S_{ji}	Пояснение
$S_{AB} = 3$	$>$	$S_{BA} = 1$	A лучше B
$S_{AC} = 4$	$>$	$S_{CA} = 0$	A лучше C
$S_{AD} = 4$	$>$	$S_{DA} = 0$	A лучше D
$S_{BC} = 3$	$>$	$S_{CB} = 1$	B лучше C
$S_{BD} = 3$	$>$	$S_{DB} = 1$	B лучше D
$S_{CD} = 3$	$>$	$S_{DC} = 1$	C лучше D

На графе стрелками отразим отношения между парами проектов (рис. 4.3). Стрелка от i -го проекта в графе к j -му указывает, что i -му проекту отдают предпочтение больше экспертов, чем j -му. Например, стрелка от A направлена к B (три эксперта предпочли проекту B проект A, и один эксперт – наоборот).

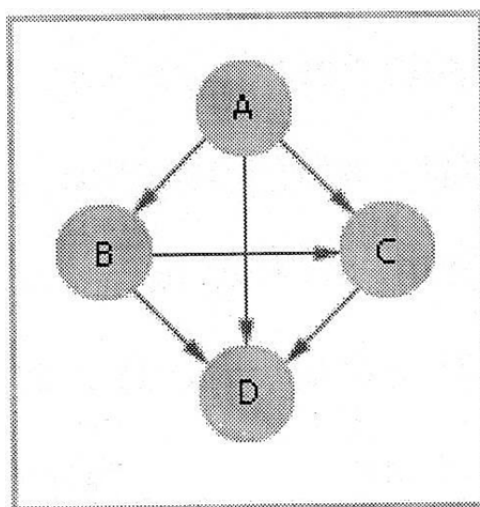


Рис. 4.3. Граф предпочтений проекта ABCD

Упорядочим граф, приведя его к ярусно-параллельной форме (ЯПФ) (рис. 4.4).

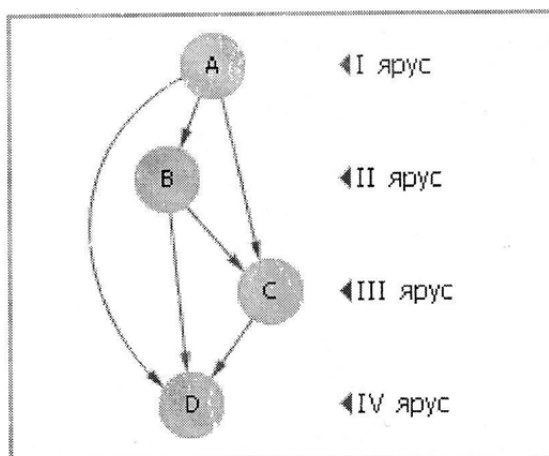


Рис. 4.4. Граф предпочтений ABCD в ярусно-параллельной форме

Приведение графа к ЯПФ есть приведение его к такой форме, где в верхних ярусах находятся вершины, в которые нет входящих стрелок из вершин, лежащих в нижних ярусах. ЯПФ показывает, что вершиной, в которую нет стрелок, является вершина А, следовательно, лучшим является проект А. Проект А лучше В, одновременно он лучше С, одновременно он лучше D. Далее, среди оставшихся проектов (BCD) проект В лучший, так как он одновременно лучше С и D. И, наконец, С лучше D.

Проект А – 1 место, проект В – 2 место, проект С – 3 место, проект D – 4 место.

Ранжирование по методу Борда. Альтернативам, присваиваемым экспертами, приписываются числа: самой высшей – самое низкое число, например 1. За первое место проекту 1 балл, за второе – 2 балла, за третье – 3 балла и так далее. Далее подсчитывается количество баллов, которое получит каждый проект. Первое место получает проект, который наберет наименьшее число баллов, остальные места определяются сортировкой набранных баллов.

Для нашего примера из табл. 4.11 получим таблицу 4.16.

Таблица 4.16

Распределение мест проектов по методу Борда

	A	B	C	D
Эксперт 1	1	2	3	4
Эксперт 2	1	3	2	4
Эксперт 3	2	1	3	4
Эксперт 4	1	3	4	2
Итого:	5	9	12	14

Проект А – 1 место (5 баллов), проект В – 2 место (9 баллов), проект С – 3 место (12 баллов), проект D – 4 место (14 баллов).

ГЛАВА 5

АГРЕГАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СУЖДЕНИЙ

5.1. Подготовка и принятие экспертных решений с учетом коэффициентов компетентности, согласованности и объективности

Поскольку для получения конечного решения задачи $\Omega_{\text{оп}} = C_{\text{оп}}(\Omega)$, сформулированной в главе 4, используются оценки нескольких экспертов, необходимо формирование агрегированной оценки [53]. При этом возникает необходимость решения задач: количественной оценки степени согласованности множества экспертных оценок; определения достаточности степени согласованности этого множества; вычисления агрегированной согласованной экспертной оценки. Основные подходы к решению первой задачи рассмотрены в главе 4. Решение остальных задач вызывает необходимость учета относительной компетентности и объективности экспертов.

В развитие подходов, представленных в главе 4, рассмотрим еще один. Для определения агрегированной оценки можно использовать метод, основанный на представлении оценок альтернатив, данных разными экспертами, как реализации некоторой случайной величины и применении методов математической статистики [43,53,67]. При этом агрегированная экспертная оценка вычисляется следующим образом:

$$\bar{a} = \sum_{i=1}^N c_i a_i,$$

где N – количество экспертов; c_i – нормированный коэффициент относительной компетентности i -го эксперта; a_i – оценка, данная i -м экспертом. Коэффициенты компетентности должны удовлетворять условию $\sum_{i=1}^N c_i = 1$. В качестве количественной меры степени согласованности множества экспертных оценок используем второй

центральный момент – дисперсию $D = \sum_{i=1}^N c_i (\bar{a} - a_i)^2$. Определяем статистическую значимость агрегированной оценки, задавшись вероятностью P ошибки на интервале Δ , в который агрегированная оценка a попадает с вероятностью $(1-P)$ в предположении, что оценка распределена нормально с математическим ожиданием a и дисперсией D . Соответственно, $\bar{a} - \Delta \leq a \leq \bar{a} + \Delta$, при этом $\Delta = t\sqrt{DN}$, где величина t имеет распределение Стьюдента с $(N-1)$ степенями свободы и определяется таблично на основании величины P .

Естественно для вычисления коэффициента согласованности $k_s(R)$ множества экспертных оценок (МЭО) применить следующие рассуждения: должна иметь место функция $\phi(R)$, которая для наиболее рассогласованного спектра принимает максимальное для данных типов значение, а при наибольшей согласованности МЭО равна нулю. Одной из функций, наиболее удовлетворяющих этим требованиям, является функция энтропии: $\phi(R) = -\sum_{i=1}^n (r_i / m) \ln(r_i / m)$.

Обеспечение неизменности значения $k_s(R)$ при одинаковом и одновременном изменении всех оценок на одну и ту же величину μ , достигается путем ввода компоненты, представляющей собой сумму взвешенных разностей оценок и средней оценки $\bar{a}$. Исходя из изложенного, возможно представление [68]:

$$k_s(R) = \left(1 - \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^n r_i |i - \bar{a}| - \sum_{i=1}^n (r_i / m) \ln(r_i / m)}{G \sum_{i=1}^n |i - (n+1)/2| + \ln n} \right)^z, \quad (5.1)$$

где $G = \frac{m}{\ln(m)n \ln(n)}$ – масштабный коэффициент, $\bar{a}$ – средняя оценка МЭО.

Для шкал интервалов и отношений в качестве средней оценки используем среднее арифметическое. Для порядковых и балльных шкал принимаем:

$$z = \begin{cases} 1, & \text{если } z = TRUE, \\ 0, & \text{если } z = FALSE, \end{cases}$$

$$z = [i(1)=1] \vee [i(q)=1] \bigvee_{d=1}^{q-1} [i(d) - i(d+1) = const],$$

где q – количество групп экспертов, давших одинаковые оценки; m – количество экспертов; $i(d)$ – номер деления шкалы, до которого округлены оценки, данные экспертами d группы; $r_{i(d)}$ – количество экспертов, оценки которых округлены до деления с номером $i(d)$; z – булева функция, задающая необходимые и достаточные условия равенства нулю коэффициента согласованности $k_s(R)$.

Количественно компетентность j -го эксперта оценивается коэффициентом относительной компетентности s_j в группе. Эти коэффициенты должны удовлетворять следующим условиям

$$\forall j [0 < s_j < 1] \text{ и } \sum_{j=1}^m s_j = 1. \text{ В случае равной компетенции всех } m$$

экспертов каждый из них имеет коэффициент компетентности, равный $1/m$. С учетом компетентности экспертов выражение для определения средней оценки множества экспертных оценок для шкал интервалов и отношений имеем вид $\bar{a} = \sum_{i=1}^n i \delta_i$. Тогда

коэффициент согласованности МЭО из (5.1) переходит в (5.2) [53]:

$$k_s(S_v) = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i \left| i - \sum_{i=1}^n i \sigma_i \right| - \sum_{i=1}^n \sigma_i \ln \sigma_i}{G \sum_{i=1}^n \left| i - (n+1)/2 \right| \ln n} \right) z, \quad (5.2)$$

где $G = \frac{m}{\ln(m)n \ln(n)}$ – масштабный коэффициент; $\sigma_{i(d)}$ – сумма компетентностей экспертов, оценки которых округлены до деления с номером $i(d)$.

$$z = \begin{cases} 1, & \text{если } z = TRUE, \\ 0, & \text{если } z = FALSE, \end{cases}$$

$$z = [i(1)=1] \vee [i(n)=1] \bigvee_{d=1}^{q-1} [\sigma_{i(d)} = \sigma_{i(d+1)}] \bigvee_{d=1}^{q-1} [i(d) - i(d+1)] = \text{const}$$

Для определения порогового значения ω спектрального коэффициента согласованности, используется нахождение спектра R_τ экспертных оценок, несущих минимально допустимое количество информации, а далее в соответствии с (5.1) при условии равной компетенции экспертов вычисляется коэффициент согласованности, который и применяется в качестве порогового. Спектр R_τ проектируется на основе наименее согласованного, не несущего информацию R_o : внешний наблюдатель воспринимает множество ЭО по его агрегированной оценке, которой является среднее значение, тогда в качестве R_τ учитывается спектр ЭО такой же, как и для R_o , для количества экспертов, которому соответствовала средняя величина a_τ , отличающаяся от средней величины a_o , вычисленной для спектра R_o , на минимальную регистрируемую величину δ , причем a_τ отличалось на одно деление шкалы от a_o . Учитывая, что a_τ округляется до ближайшего целого, логично предположить $\delta = 0.5$. Так как R_τ и R_o отличаются только количеством экспертов, давших в качестве оценки первое и y -е деления, и при условии что обобщенная оценка есть среднее арифметическое, получим: $y(n-1)n = \delta$ при условии, что $\delta = 0,5$, $y = [0,5n + 1]$. Конечной целью обработки множества экспертных оценок V является определение агрегированной согласованной экспертной оценки a , в качестве которой может приниматься среднее значение, определенное для значимого подмножества $V_h \subseteq V$. Можно принять, что значимыми являются подмножества $V_h \subseteq V$, для которого $k_s(V) \geq T_u$. В зависимости от значения коэффициента согласованности множества экспертных оценок V ЛПР необходимо улучшить данный показатель. Если

$$k_s(V) < \omega, \quad (5.3)$$

тогда V не несет информации. В этом случае определяем экспертов,

давших минимальную и максимальную оценки, после чего из экспертов выбираем наименее компетентного эксперта и предлагаем ему пересмотреть свою оценку, не сообщая при этом оценок остальных экспертов. При равной компетентности выбирается эксперт, оценка которого по модулю наиболее отличается от средней оценки множества V , и предлагается ему пересмотреть ее; в случае отказа эксперта его оценка исключается из множества V . После этого определяется коэффициент согласованности полученного множества ЭО и при выполнении условия (5.3), описанная процедура повторяется для множества экспертов, из которого исключен эксперт, которому предлагалось пересмотреть оценку на предыдущих шагах алгоритма. При условии, что на некотором шаге оказывается, что условия (5.3) по-прежнему выполняется, а множество экспертов, которые не пересмотрели свои оценки – пусто, процесс прекращается и делается вывод о невозможности получения информации от этой команды экспертов и принимается решение о ее замене. Если

$$\omega \leq k_s(V) < T_u, \quad (5.4)$$

множество V содержит информацию, тогда производим поиск множества, отвечающего заданным критериям поиска на каждой итерации, исключая из V оценку наименее компетентного эксперта из числа давших максимальную и минимальную оценки. При равной компетентности экспертов удаляется оценка, имеющая наибольший модуль отклонения от средней оценки. После исключения оценки проверяется выполнение условий (5.4) и условия $m_j > 3$, где m_j – число оценок, оставшихся в V , после выполнения j -го шага алгоритма. Процесс продолжается до тех пор, пока выполняются эти условия.

Если на некотором шаге выполняется условие $k_s(V) \geq T_u$, то текущее множество V считается значимым подмножеством исходного множества ЭО, а средняя оценка данного множества ЛПР, определенная для него, принимается в качестве согласованной

агрегированной оценки. Если же на некотором шаге процесс прерывается, а условие (5.4) по-прежнему выполняется, то вычисляем среднюю оценку, и ЛПР сообщается значение коэффициента согласованности и порогового значения. Если достигнутое значение коэффициента удовлетворяет ЛПР, процесс останавливаем, в противном случае состав экспертов пересматривается и формируется новая группа экспертов.

Оценку результатов экспертизы можно вычислить с учетом объективности экспертов.

Первоначальным шагом является опрос экспертов и получение оценок r_i . Получив результат экспертизы R , можно оценить объективность каждого из членов экспертного коллектива по следующей формуле:

$$o_i = 1 - \frac{d(r_i, R)}{\sum_{i=1}^n d(r_i, R)},$$

где o_i – коэффициент объективности i -го эксперта; r_i – мнение i -го эксперта; R – результат экспертизы (среднее мнение), вычисленное ранее изложенными способами; $d(r_i, R)$ – расстояние от значения мнения i -го эксперта до значения среднего мнения R ; n – количество экспертов.

Для ранее рассмотренного примера (табл. 4.14) просчитаем объективность каждого эксперта (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Матрица мнений экспертов

	А	В	С	Д
Эксперт 1	1	2	3	4
Эксперт 2	1	3	2	4
Эксперт 3	2	1	3	4
Эксперт 4	1	3	4	2
Результат экспертизы:	1	2	3	4

Расстояние $d(r_i, R)$ от мнения i -го эксперта до результата (среднего мнения R):

$$d(r_1, R) = |1 - 1| + |2 - 2| + |3 - 3| + |4 - 4| = 0;$$

$$d(r_2, R) = |1 - 1| + |3 - 2| + |2 - 3| + |4 - 4| = 2;$$

$$d(r_3, R) = |2 - 1| + |1 - 2| + |3 - 3| + |4 - 4| = 2;$$

$$d(r_4, R) = |1 - 1| + |3 - 2| + |4 - 3| + |2 - 4| = 4.$$

$$\sum_{i=1}^4 d(r_i, R) = 0 + 2 + 2 + 4 = 8.$$

$$o_1 = 1 - 0/8 = 1;$$

$$o_2 = 1 - 2/8 = 0.75;$$

$$o_3 = 1 - 2/8 = 0.75;$$

$$o_4 = 1 - 4/8 = 0.5.$$

Видим, что первый эксперт имеет наибольшую объективность, а наименьшую – четвертый. Рекомендуется отсеять мнения экспертов с малым значением a_i и результат R пересчитать снова без их учета.

Вторая проверка экспертов касается согласованности их коллектива. Для расчета согласованности мнений экспертов (табл. 5.2) рассчитаем дисперсию мнений и оценим ее величину статистической формулой $W = 12 \cdot D / m^2(n^3 - n)$, где m – число экспертов, n – число оцениваемых проектов.

Таблица 5.2

Матрица расчета согласованности мнений четырех экспертов

	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Баллы проекта	Отклонение балла проекта от среднего балла	Дисперсия D
Проект А	1	1	2	1	5	-5	25
Проект В	2	3	1	3	9	-1	1
Проект С	3	2	3	4	12	2	4
Проект D	4	4	4	2	14	4	16
Итого					40		46
Средний балл					10		

Для нашего случая имеем $W = 12 \cdot 46 / (4^2 \cdot (4^3 - 4)) = 552 / 960 = 0,575$. При $W=1$ эксперты находятся в полном согласии; при $W=0$ наблюдается полная несогласованность. В нашем примере согласие экспертов слабое. Поэтому можно порекомендовать изменить число экспертов – либо удалить четвертого эксперта, как самого необъективного, либо увеличить число экспертов для большей статистической устойчивости результатов. Посмотрим, как возрастет согласованность экспертов, например, после удаления четвертого эксперта (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Матрица согласованности мнений трех экспертов

	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Баллы проекта	Отклонение балла проекта от среднего балла	Дисперсия D
Проект А	1	1	2	-	4	-2,5	6,25
Проект В	2	3	1	-	6	-1,5	2,25
Проект С	3	2	3	-	8	0,5	0,25
Проект D	4	4	4	-	12	4,5	20,25
Итого					30		29
Средний балл					7,5		

$W = 12 \cdot 29 / (3^2 (4^3 - 4)) = 0.64$ – согласие увеличилось.

Как видим, экспертиза помогает отобрать из множества предложенных наиболее перспективный вариант будущего проекта. Так как все методы экспертиз достаточно субъективны, целесообразно использование нескольких методов для выбора общего решения. Полученное решение обязательно следует проверить. Мы рассмотрели две проверки – на качество эксперта (объективность эксперта) и качество группы (согласованность группы).

Величина критерия, полученная в результате проверки, дает только относительную оценку, поэтому рекомендуется наблюдать изменение величины при изменении некоторого существенного

фактора и искать наилучшее значение. Такими факторами могут служить количество ЭГ, качественный состав группы экспертов, система критериев, состав проектов. Хорошие результаты дает применение итераций в экспертизе.

5.2. Применение метода парных сравнений на этапе агрегации экспертных суждений

В основе подхода лежит метод парных сравнений. Эксперт может сравнить два объекта и указать, какой из двух лучше. Сущность метода парных сравнений (ПС) состоит в том, что путем сравнения каждого объекта со всеми другими из данного конечного множества определяют элементы матрицы V , где элемент v_{ij} есть соответствующее действительное число, которое определяет результат сравнения объекта i с объектом j относительно некоторого их общего свойства [69,70,71].

По методу парных сравнений можно дать оценки типа «лучше», «приемлемей», «хуже», т.е. упорядочить несколько объектов по привлекательности, но нельзя ответить, во сколько раз или на сколько один объект лучше другого. Другими словами, ответы эксперта обычно измерены в порядковой шкале, или являются ранжировками, результатами парных сравнений и другими оценками нечисловой природы, т.е. не числами. Затем ответы экспертов пытаются рассматривать как числа, полученные путем «оцифровки» их мнений, приписывая этим мнениям численные значения –баллы, которые потом обрабатывают с помощью методов прикладной статистики как результаты обычных физико-технических измерений. В случае произвольной «оцифровки» выводы, полученные в результате обработки данных, могут не соответствовать реальности. Относительные приоритеты (веса) w_i вычисляются как результаты обработки матрицы сравнений.

Обычно методом парных сравнений определяют групповые согласованные оценки относительных весов $w_{1r}, w_{2r}, \dots, w_{qr}$ для

значений, $a_{1r}, a_{2r}, \dots, a_{qr}$ r -го критерия. Веса присваиваются дугам графа иерархии критериев, которые исходят из вершин, обозначенных соответствующими значениями критериев. Достижения j -го эксперта по определенному критерию задаем q_ρ -разрядным булевым вектором Ω_ρ , где q_ρ – количество значений ρ критерия. Компонента $\phi_{\mu\rho j}$, $\mu = \overline{1, q_\rho}$ равна единице при условии, что j -й эксперт имеет достижения, которые определяются μ значением ρ критерия, и нуль в противном случае; ненормированное значение оценки $\lambda_{\rho j}^*$ j -го эксперта по ρ номинальному определенному критерию записывается в виде $\lambda_{\rho j}^* = \sum_{\mu=1}^{q_\rho} \phi_{\mu\rho j} w_{\mu\rho}$.

Согласованность означает, что решение будет согласовано с определениями парных сравнений критериев или альтернатив. С математической точки зрения согласованность матрицы A означает $a_{jk} = a_{ik}$ для всех i, j, k . Свойство согласованности требует линейной зависимости столбцов (и строк) матрицы A . В частности, столбцы любой матрицы сравнений размерностью 2×2 являются зависимыми, следовательно, такая матрица всегда является согласованной. Не все матрицы сравнений являются согласованными. Так как матрицы строятся на основе экспертных суждений, можно ожидать некоторую степень несогласованности.

Для определения допустимого уровня согласованности необходимо определить соответствующую количественную меру для матрицы сравнений A . Идеально согласованная матрица A порождает нормализованную матрицу N , в которой все столбцы одинаковы. Исходя из изложенного, следует, что матрица сравнений A может быть получена из матрицы N , например, путем деления элементов i -го столбца на w_i [61,70]:

$$N = \begin{Bmatrix} w_1 & w_1 & \dots & w_1 \\ w_2 & w_2 & \dots & w_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n & w_n & \dots & w_n \end{Bmatrix} \Rightarrow A = \begin{Bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{Bmatrix} \Rightarrow$$

$$\begin{Bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{pmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}.$$

Условие согласованности матрицы A формулируется следующим образом. Матрица A будет согласованной тогда и только тогда, когда $Aw = nw$, где w – столбец относительных весов w_i , $i = 1, 2, \dots, n$.

При несогласованности матрицы A относительный вес w_i аппроксимируем средним значением n элементов i -й строки нормализованной матрицы N . Обозначим через $\bar{w}$ вычисленную оценку, тогда $A\bar{w} = n_{\max} \bar{w}$, где $n_{\max} \geq n$. В данном случае, чем ближе $n_{\max}$ к n , тем более согласованной является матрица сравнения A .

При использовании методов парных сравнений без обратной связи с экспертами, выбираем: метод «линия» и метод Саати [73]. Определяем некоторое множество $A = \{A_h\}$, $h = \overline{1, k}$, альтернатив, которые подвергаем сравнению по некоторому качественному критерию C с целью определения относительных коэффициентов значимости w_h . Из сущности этих коэффициентов следует, что они должны быть положительными и удовлетворять уравнению

нормировки.

Эксперту предлагается произвольно выбрать некоторую альтернативу A_q и выполнить ее попарные сравнения с каждой из $(k-1)$ оставшихся альтернатив относительно критерия C .

В результате получено множество $D_q = \{d_{qh}\}$, $h \neq q$ степеней преимущества альтернативы A_q над остальными альтернативами и в общем случае альтернатива A_q превосходит некоторые альтернативы и уступает другим. Введем понятия абсолютного веса v_h альтернативы A_h , под которым будем понимать количественную меру степени выраженности у альтернативы A_h свойства, описываемого критерием C . Присваивая A_q вес v_q и задавая функцию

$$v_h = f(v_q, d_{qh}), \quad (5.5)$$

вычисляем веса всех остальных альтернатив. На завершающем этапе нормируем значения $v_h (\sum_{h=1}^k v_h = 1)$ и получаем коэффициенты значимости w_h альтернатив относительно критерия C .

Трудоемкость алгоритма, называемого в дальнейшем «линия», равна $(k-1)$, где k – количество альтернатив. Очевидным требованием к функции (5.5) является её монотонность. Вид этой функции зависит от типа вопросов, которые ставятся перед экспертом в ходе парного сравнения. В частности она может иметь вид $v_h = v_q \phi(d_{qh})$, где $\phi(d_{qh})$ – произвольная монотонная функция, которая удовлетворяет условию $\phi(1) = 1$.

Метод парных сравнений Саати является базовым для предложенных Саати методов анализа иерархических процессов и анализа сетевых процессов [70,71] поддержки принятия решений. Сущность его состоит в следующем: эксперту последовательно предъявляются пары альтернатив (A_i, A_j) и предлагается

определить степень d_{ij} преимущества альтернативы A_i перед альтернативой A_j относительно некоторого качественного критерия C . При предъявлении пары (A_i, A_j) эксперт определяет степень превосходства d_{ij} , тогда пара (A_j, A_i) уже не предъявляется, а степень преимущества d_{ji} определяется, исходя из соотношения

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

которое является базовым при использовании метода Саати определения относительных весов альтернатив. Элементы d_{ij} , $i, j = \overline{1, k}$ образуют квадратную матрицу парных сравнений D , где d_{ij} можно трактовать, как отношение весов альтернатив A_i и A_j , т.е. w_i / w_j :

$$D = \begin{vmatrix} w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & \cdots & w_1 / w_k \\ w_2 / w_1 & w_2 / w_2 & \cdots & w_2 / w_k \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_k / w_1 & w_k / w_2 & \cdots & w_k / w_k \end{vmatrix}.$$

Существует несколько методов вычисления относительных весов альтернатив, исходя из матрицы D , но наиболее математически обоснованным на наш взгляд является метод собственного вектора, предложенный Саати [16,60,72,73], поэтому используем его.

В качестве множества относительных весов альтернатив используем компоненты собственного вектора, соответствующего максимальному характеристическому числу $\lambda_{\max}$. Если матрица D удовлетворяет требованию

$$\forall i, j, h \left[d_{ij} = (w_i / w_j) = (w_i w_h / w_j w_h) = (w_i / w_h) (w_h / w_j) = d_{ih} d_{hj} \right],$$

тогда $\lambda_{\max} = k$, где k – количество альтернатив.

Для несогласованной матрицы всегда $\lambda_{\max} \geq k$. По Саати [71,72] в качестве показателя степени согласованности элементов матрицы

D используется величина индекса согласованности $CI = (\lambda_{\max} - k) / (k - 1)$. Для оценки достаточной степени согласованности необходимо использовать отношение $CR = CI / CIS$, где $CIS = \frac{1.98(k-2)}{k}$ – стохастический коэффициент согласованности матрицы D , который определяется эмпирическим путем как среднее значение коэффициента CI для большой выборки генерированных случайным образом матриц D .

В случае необходимости непосредственного оценивания альтернатив, каждому эксперту предлагается оценивать альтернативные решения на множестве показателей качества и ситуаций неопределенности. Показатели качества в общем виде представим как

$$X_t = \{\tilde{X}_{it} \mid i = \overline{1, n}\}, \quad t = \overline{1, v},$$

$$\tilde{X}_{it} = \{x_{ijt} \mid j = \overline{1, z}\}, \quad i = \overline{1, n}; \quad t = \overline{1, v},$$

где X_t – множество оценок альтернатив по разным показателям качества, определенных t экспертом; $\tilde{X}_{it}$ – множество оценок i -ой альтернативы по разным показателям качества, данных t экспертом; x_{ijt} – оценка, определяемая t экспертом i -й альтернативе по j -му показателю качества.

Для ситуаций неопределенности:

$$Y_t = \{\tilde{Y}_{it} \mid i = \overline{1, n}\}, \quad t = \overline{1, v},$$

$$\tilde{Y}_{it} = \{y_{ikt} \mid k = \overline{1, z}\}, \quad i = \overline{1, n}; \quad t = \overline{1, v},$$

где Y_t – множество оценок альтернатив при появлении разных ситуаций неопределенности, определенной t экспертом; $\tilde{Y}_{it}$ – множество оценок i -ой альтернативы при появлении разных ситуаций неопределенности, определенной t экспертом; y_{ikt} – оценка, данная t экспертом i -й альтернативе при возникновении k -ой ситуации неопределенности.

В случае необходимости ранжирования альтернатив каждому эксперту предлагается построить их ранжированный ряд по

каждому показателю качества и каждой ситуации неопределенности, то есть каждой альтернативе поставить в соответствие определенный ранг. Для показателей качества:

$$G_t = \{\tilde{G}_{it} \mid i = \overline{1, n}\}, t = \overline{1, v},$$

$$\tilde{G}_{it} = \{g_{ijt} \mid j = \overline{1, z}\}, i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v},$$

где G_t – множество рангов альтернатив по разным показателям качества, данных t экспертом; $\tilde{G}_{it}$ – множество рангов i -ой альтернативы по разным показателям качества, данных t экспертом; g_{ijt} – ранг, данный t экспертом i -й альтернативе по j -му показателю качества.

Для ситуации неопределенности соответствуют:

$$Q_t = \{\tilde{Q}_{it} \mid i = \overline{1, n}\}, t = \overline{1, v}, \quad (5.6)$$

$$\tilde{Q}_{it} = \{q_{ijt} \mid j = \overline{1, z}\}, i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v}, \quad (5.7)$$

где Q_t – множество рангов альтернатив при появлении разных ситуаций неопределенности, определенное t экспертом; $\tilde{Q}_{it}$ – множество рангов i -ой альтернативы при появлении различных ситуаций неопределенности, определенное t экспертом; q_{ijt} – ранг, присвоенный t экспертом i -й альтернативе при возникновении k -ой ситуации неопределенности.

Парное сравнение альтернатив проводится на основании алгоритма, известного как задача Штейнгауза [53,67,71]. С помощью попарного сравнения альтернатив с использованием вышеназванного алгоритма, будет получен ранжированный список из n альтернатив по i -му показателю качества или n -ой ситуации неопределенности, сформированной t экспертом. Аналогичным образом проводится парное сравнение альтернатив по другим показателям качества и ситуациям неопределенности, которые описывается выражениями (5.6) и (5.7).

Построение групповой оценки методов решений проводим в случае, если обработка оценок альтернатив не дает однозначного ответа о наиболее приоритетном решении. Построение групповой

оценки методов решений осуществляем с помощью указанных выше методик. При необходимости непосредственного оценивания методов решений эксперты выставляют соответствующие оценки в балльной шкале. В результате для каждой альтернативы получают множество оценок по методам реализации и по разным показателям качества и ситуациям неопределенности, которые описываются соотношениями:

$$X_t^{(i)} = \{\tilde{X}_{pt}^{(i)} \mid p = \overline{1, r}\}, i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v},$$

$$\tilde{X}_{pt}^{(i)} = \{x_{pjt}^{(i)} \mid j = \overline{1, z}\}, i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; t = \overline{1, v},$$

где $X_t^{(i)}$ – множество оценок показателей качества, определенных t экспертом при реализации i -ой альтернативы; $\tilde{X}_{pt}^{(i)}$ – множество оценок p метода реализации i -ой альтернативы относительно показателей качества, определенных t экспертом; $x_{pjt}^{(i)}$ – оценка, определенная t экспертом p метода реализации i -ой альтернативы по j -му показателю качества; r – общее количество методов решений:

$$Y_t^{(i)} = \{\tilde{Y}_{pt}^{(i)} \mid p = \overline{1, r}\}, i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v},$$

$$\tilde{Y}_{pt}^{(i)} = \{y_{pjt}^{(i)} \mid j = \overline{1, z}\}, i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; t = \overline{1, v},$$

где $Y_t^{(i)}$ – множество оценок ситуаций неопределенности, определенных t экспертом методам реализации i -ой альтернативы; $\tilde{Y}_{pt}^{(i)}$ – множество оценок p метода реализации i -ой альтернативы относительно ситуаций неопределенности, определенной t экспертом; $y_{pjt}^{(i)}$ – оценка, определения t экспертом p метода реализации i -ой альтернативы по k ситуации неопределенности.

При необходимости ранжирования методов решений, каждый эксперт строит свой ранжированный ряд по каждому показателю качества и ситуации неопределенности. Ранжирование методов проводится таким же образом, как и ранжирование альтернатив:

$$G_t^{(i)} = \{\tilde{G}_{pt}^{(i)} \mid p = \overline{1, r}\}, i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v},$$

$$\tilde{G}_{pt}^{(i)} = \{g_{pjt}^{(i)} \mid j = \overline{1, z}\}, i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; t = \overline{1, v},$$

где $G_t^{(i)}$ – множество рангов относительно показателей качества, данных t экспертом методам реализации i -ой альтернативы; $\tilde{G}_{pt}^{(i)}$ – множество рангов p метода реализации i -ой альтернативы относительно показателей качества, данной t экспертом; $g_{pjt}^{(i)}$ – ранг, данный t экспертом p метода реализации i -ой альтернативы по j -му показателю качества:

$$Q_t^{(i)} = \{\tilde{Q}_{pt}^{(i)} \mid p = \overline{1, r}\}, i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v},$$

$$\tilde{Q}_{pt}^{(i)} = \{q_{pkt}^{(i)} \mid k = \overline{1, l}\}, i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; t = \overline{1, v},$$

где $Q_t^{(i)}$ – множество оценок относительно ситуаций неопределенности, данным i -ым экспертом методам реализации i -ой альтернативы; $\tilde{Q}_{pt}^{(i)}$ – множество оценок p метода реализации i -ой альтернативы относительно ситуаций неопределенности, определенных t экспертом; $q_{pkt}^{(i)}$ – оценка, данная t экспертом p методу реализации i -ой альтернативы по k -ой ситуации неопределенности.

Парное сравнение методов решений проводится аналогичным образом, как и парное сравнение альтернатив. В результате могут быть получены ранги методов, которые определяются множеством показателей качества и ситуаций неопределенности. Можно предположить, что вероятности возникновения событий, влияющих на исследуемое решения, разные. Обеспечение большей достоверности оценок вероятностей реализуется экспертами, имеющими опыт проведения экспертиз в данной проблемной области. Оценку вероятностей проводят в интервале $[0;1]$. Для определения групповой оценки вероятностей появления ситуаций неопределенности используем выражение

$$P_j = \sum_{t=1}^v \lambda_t p_{jt},$$

где p – вероятность появления j -ой ситуации неопределенности; p_{jt} – вероятность появления j -ой ситуации неопределенности по мнению

t эксперта; λ_i – коэффициент компетентности t эксперта.

В результате может быть получено множество вероятностей появления ситуаций неопределенности $P = \{p_j \mid j = \overline{1, l}\}$.

5.3. Модификация критериев принятия решений в условиях неопределенности с учетом коллективного экспертного оценивания

Рассмотрим случай, когда экспертиза конечного множества альтернатив выполняется по одному показателю качества, но на принятие решений влияет некоторое множество ситуаций неопределенности. Подобные задачи и соответственно модели в теории принятия решений могут быть отнесены к моделям однокритериального выбора в условиях неопределенности. В этом случае решение может быть принято на основании одного из критериев (в зависимости от предпочтений ЛПР): Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Байеса-Лапласа, Гурвица, Ходжа-Лемана, крайнего оптимизма или крайнего пессимизма [42,53,73,74,75]. Рассмотрим модификации приведенных критериев с учетом экспертного коллективного оценивания.

Модификация критериев связана с изменением платежной матрицы критерия: вместо каждого элемента y_{ij} платежной матрицы будем рассматривать кортеж $y_{ij} = (\lambda_1 y_{ij1}, \lambda_2 y_{ij2}, \dots, \lambda_t y_{ijv})$, где v – количество экспертов; λ_i – коэффициент компетентности i -го эксперта.

С учетом изложенного рассмотрим основные критерии.

Критерий Лапласа применяется в условиях неопределенности, если вероятности появления ситуаций неопределенности неизвестны, но нет оснований считать их различными, поэтому они принимаются равными. Тогда

$$K^I = \max_i \left[\frac{1}{l} \sum_{j=1}^l y_{ij} \right],$$

$$y_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}}, \sum_{t=1}^v \lambda_t = 1,$$

где K' – значение функции выигрыша, соответствующее решению, которое в соответствии с критерием является лучшим по критерию Лапласа; λ_t – коэффициент компетентности t эксперта; y_{ij} – относительная оценка i -го решения при наступлении j -ой ситуации неопределенности с учетом значений коэффициента компетентности экспертов; y_{ijt} – оценка, данная t экспертом i -му решению при возникновении j -ой ситуации неопределенности; n – количество альтернативных решений; l – количество ситуаций неопределенности, которые определенным образом влияют на реализацию альтернатив или методов решений; v – количество экспертов.

Критерий Вальда ориентирован на появление наиболее худшей из возможных ситуаций неопределенности. В связи с этим его иногда называют критерием пессимизма. Суть критерия заключается в оценке каждым из экспертов решения и ситуации неопределенности y_{ijt} , умноженной на коэффициент компетентности экспертов λ_t , которые затем подытоживаются и делятся на сумму этих оценок по всем решениям. Получаем матрицу относительных оценок экспертов по ситуациям неопределенности $\|Y\|$ и для каждого полученного решения производится выбор наименьшего значения при возникновении определенной ситуации неопределенности, а из всех наименьших значений – наибольшее:

$$K'' = \max_i \min_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}},$$

где K'' – значение функции платежа, соответствующее лучшему решению по критерию Вальда. Условия применения критерия:

вероятности появления ситуаций неопределенности неизвестны; нужно учитывать появление новых ситуаций неопределенности; решение принимается первый раз; необходимо исключить риск.

Критерий Сэвиджа ориентирован на минимизацию потерь, возникающих из-за незнания t экспертом того, какая из ситуаций неопределенности настанет. Величина r_{ijt} , определяет дополнительный выигрыш или вред:

$$r_{ijt} = \max_j y_{ijt} - y_{ijt}. \quad (5.8)$$

Используя (5.8), для каждого эксперта строим матрицу максимально возможных потерь или матрицу риска $\|r_t\|$. Для получения относительных значений риска необходимо выполнить операции: каждое значение величины риска r_{ijt} по i -му решению при наступлении j -ой ситуации неопределенности по мнению t эксперта умножается на коэффициент компетентности λ_t , далее делится на сумму оценок всех экспертов по всем ситуациям неопределенности. Лучшее решение выбирается для каждого решения в матрице относительных потерь нахождением максимально возможных потерь, из которых выбирается решение с минимальным значением максимально возможных потерь, то есть:

$$K^{III} = \min_i \max_j r_{ij}, \quad r_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}},$$

где K^{III} — значение, соответствующее *лучшему* решению; r_{ijt} — значение потерь от выбора i -го решения t экспертом при появлении j -ой ситуации неопределенности; r_{ij} — относительное значение потерь от выбора i -го решения при появлении j -ой ситуации неопределенности.

Критерий Байеса-Лапласа по выигрышу использует в качестве исходной информации наличие множества вероятностей появления

ситуаций неопределенности $\{p_1, p_2, \dots, p_l\}$ соответственно для $\{n_1^S, n_2^S, \dots, n_l^S\}$. Предполагается, что информацию о вероятности появления ситуаций неопределенности эксперты получают на основании прецедентов. Поэтому экспертам предлагается определить множество вероятностей $\{p_{1t}, p_{2t}, \dots, p_{lt}\}$. Значения элементов матрицы выигрышей y_{ij} умножаются на относительные вероятности p_j (5.20) и лучшим признается решение с наибольшим значением суммы произведений оценок по всем ситуациям неопределенности

$$K^{IV} = \max_i \sum_{j=1}^l p_j y_{ij},$$

где K^{IV} – значение, соответствующее лучшему решению по критерию Байеса-Лапласа; p_j – относительная вероятность появления j -ой ситуации неопределенности.

Критерий Байеса-Лапласа K^V по риску рассчитывается аналогично K^{IV} , но вместо математического ожидания относительной величины выигрыша $p_j y_{ij}$ используется математическое ожидание относительной величины потерь (риска) $p_j r_{ij}$, которое необходимо минимизировать

$$K^V = \min_i \sum_{j=1}^l p_j r_{ij}.$$

Критерий Гурвица (матрица выигрыша) иногда называют критерием оптимизма-пессимизма, поскольку в условиях полной неопределенности его значения находятся между точками крайнего оптимизма и крайнего пессимизма:

$$K^{VI} = \max_i \left(\alpha \max_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}} + (1 - \alpha) \min_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}} \right), \quad (5.9)$$

где K^{VI} – значение, соответствующее лучшему решению по критерию Гурвица; α – коэффициент, который показывает уровень оптимизма эксперта ($0 \leq \alpha \leq 1$). При $\alpha = 1$ эксперт уверен в своих решениях полностью (слишком оптимистичен), при $\alpha = 0$ критерий

вырождается в минимаксный.

Критерий Гурвица (матрица проигрыша) аналогичный предыдущему критерию (5.9) с тем отличием, что вместо оценок выигрыша y_{ijt} использует величину потерь (риска) r_{ijt} , которые необходимо минимизировать. Критерий принимает вид:

$$K^{VII} = \min_i \left(\alpha \max_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}} + (1-\alpha) \min_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}} \right). \quad (5.10)$$

При $\alpha = \frac{1}{2}$ предыдущий критерий (5.10) вырождается в критерий Гурвица (компромисса), который применяется в случае, если необходимо найти равновесие между точками зрения крайнего оптимизма и крайнего пессимизма:

$$K^{VIII} = \min_i \left(\frac{1}{2} \max_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}} + \frac{1}{2} \min_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}} \right),$$

где K^{VIII} – значение, соответствующее лучшему решению по критерию Гурвица для $\alpha = \frac{1}{2}$.

Критерий Ходжа-Лемана (по выигрышу) в качестве начальной информации, кроме оценок альтернатив, при появлении разных ситуаций неопределенности использует два субъективных фактора: распределение вероятностей появления ситуаций неопределенности $\{p_1, p_2, \dots, p_l\}$, которое определяется на основании опыта экспертов, и уровень уверенности экспертов в адекватности своих оценок α . На критерий оказывает влияние субъективность, что повышает требования к ЭГ.

$$K^{IX} = \max_i \left(\alpha \sum_{j=1}^l p_j y_{ij} + \left(1 - \alpha \min_j y_{ij} \right) \right),$$

где K^{IX} – значение, соответствующее лучшему решению по критерию Ходжа-Лемана для матрицы выигрыша.

Критерий Ходжа-Лемана (по проигрышу) использует

аналогичный подход, что и предыдущий критерий, при условии минимизации риска:

$$K^X = \min_i \left(\alpha \sum_{j=1}^l p_j r_{ij} + (1 - \alpha \max_j r_{ij}) \right),$$

где K^X – значение, соответствующее лучшему решению по критерию Ходжа-Лемана для матрицы проигрышей..

Критерий крайнего оптимизма ориентирован на выбор альтернативного решения с максимальной оценкой возникновения определенной ситуации неопределенности, при этом риск принятия неэффективного решения довольно высок:

$$K^{XI} = \max_i \max_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t y_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^v \lambda_t y_{ijt}},$$

где K^{XI} – значение, соответствующее лучшему решению по критерию крайнего оптимизма.

Критерий крайнего пессимизма предусматривает выбор решения с минимальным значением риска из всех возможных ситуаций неопределенности:

$$K^{XII} = \min_i \min_j \frac{\sum_{t=1}^v \lambda_t r_{ijt}}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^v \lambda_t r_{ijt}},$$

где K^{XII} – значение, соответствующее лучшему решению по критерию крайнего пессимизма.

ЛПР, в зависимости от конкретной проблемной ситуации и ожидаемого результата, может выбрать любой из перечисленных выше критериев.

ГЛАВА 6

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

6.1. Программное обеспечение для поддержки коллективных методов принятия решений

В главе 1 показано, что структуризация любой проблемы представляется в виде обобщенной схемы (см. рис. 1.1) последовательности этапов подготовки, принятия и реализации принятых решений.

В соответствии с последовательностью подготовки и принятия решений группой экспертов нами разработана информационная технология [76], позволяющая обеспечить:

- руководителя экспертизы возможностью эффективного управления экспертами;
- обработку данных, полученных от экспертов;
- реализацию результата экспертизы с помощью пакета прикладных программ (ППП).

Структурная схема программы представлена на рис. 6.1.

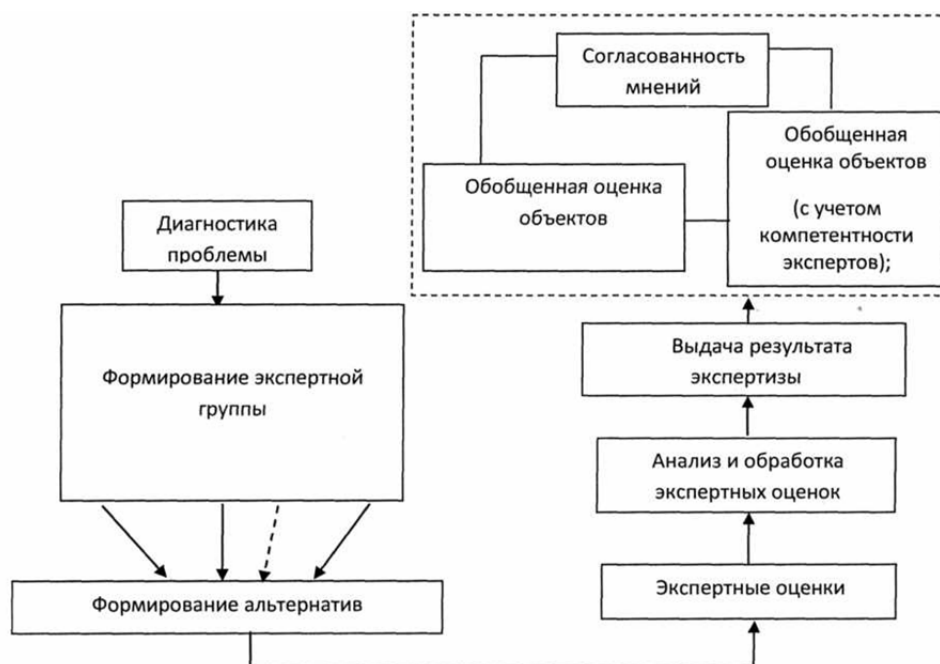


Рис. 6.1. Структурная схема программы

Пакет прикладных программ для поддержки процедуры коллективного принятия решений реализован по трехуровневой архитектуре.

На нижнем уровне находится сервер баз данных (БД), там же находится модуль бизнес-логики, в который входит ядро ППП и модуль доступа к БД. На этом уровне находится терминал, с помощью которого организуется интерфейс пользователя и который спроектирован отдельно как для эксперта, так и для администратора (организатора экспертизы). Терминал – это интерфейсный (графический) компонент, который находится на первом уровне, и предназначен для работы ПК конечного пользователя. По соображениям безопасности первый уровень не имеет прямых связей с базой данных, по требованиям масштабируемости он не нагружен основной бизнес-логикой, для обеспечения надежности – не хранит состояния дополнения. На первый уровень вынесена самая простая бизнес-логика: интерфейс авторизации, проверка вводимых значений на допустимость и соответствие формату, несложные операции сортировки, группировки и подсчетов значений данных пользователя, загруженными с помощью терминала.

На втором уровне сосредоточена основная часть бизнес-логики. Вне его остаются фрагменты, экспортированные на терминалы. Уровень бизнес-логики является самым главным для работы программы, поскольку соединяет уровень сервера базы данных и уровень интерфейса пользователя. С его помощью осуществляются все главные вычисления и обработка как информации, которая поступает от пользователя и выдается ему в ответ на его запрос, так и информации, которая поступает из базы данных.

Сервер базы данных обеспечивает хранение данных и находится на третьем уровне.

Программа реализована в соответствии с архитектурой клиент-сервер. Модуль-клиент является программой, которая установлена на ПК пользователя, и которая с помощью использования объектов бизнес-логики получает информацию из базы данных у модуля-

сервера, расположенного на отдаленном компьютере. В качестве клиентской программы выступает десктоп-дополнение. В результате распределения информационной системы на независимые программы с четко определенными интерфейсами взаимодействия значительно упрощаются сопровождение и поддержка программного обеспечения [73]. На рис. 6.2 приведена концептуальная схема информационной системы.

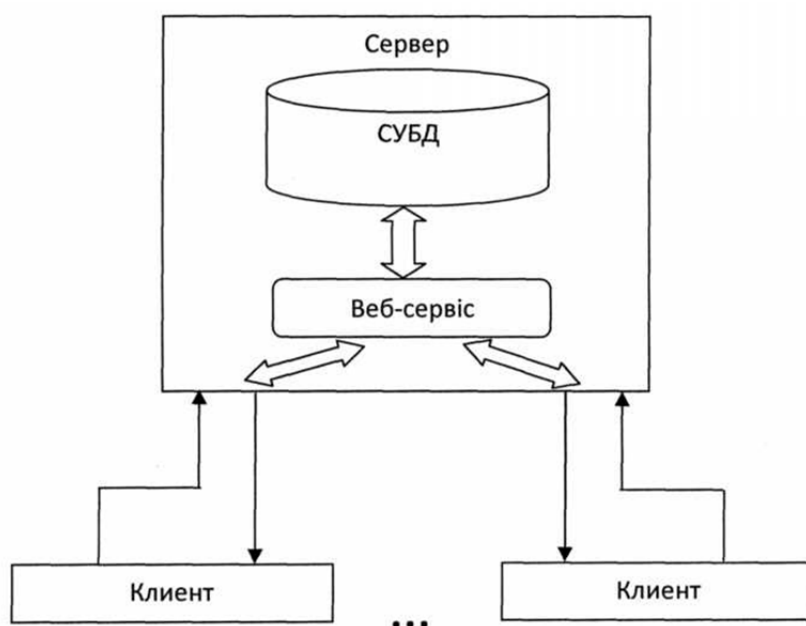


Рис. 6.2. Концептуальная схема информационной системы

Выделим основные функции системы:

- подбор экспертов для проведения коллективного экспертного оценивания;
- формирование экспертами альтернатив и критериев для данной экспертизы;
- ранжирование выбранных альтернатив и критериев;
- выдача результатов экспертизы;
- обеспечение возможности организатору экспертизы выполнять необходимые действия по организации новой экспертизы.

Для выполнения отмеченных функций в состав информационной системы введены подпрограммы: выбора экспертов; формирования альтернатив и критериев; ранжирования; выдачи результата; подпрограмма администрирования программы.

Взаимосвязи между подпрограммами представлены на рис 6.3.

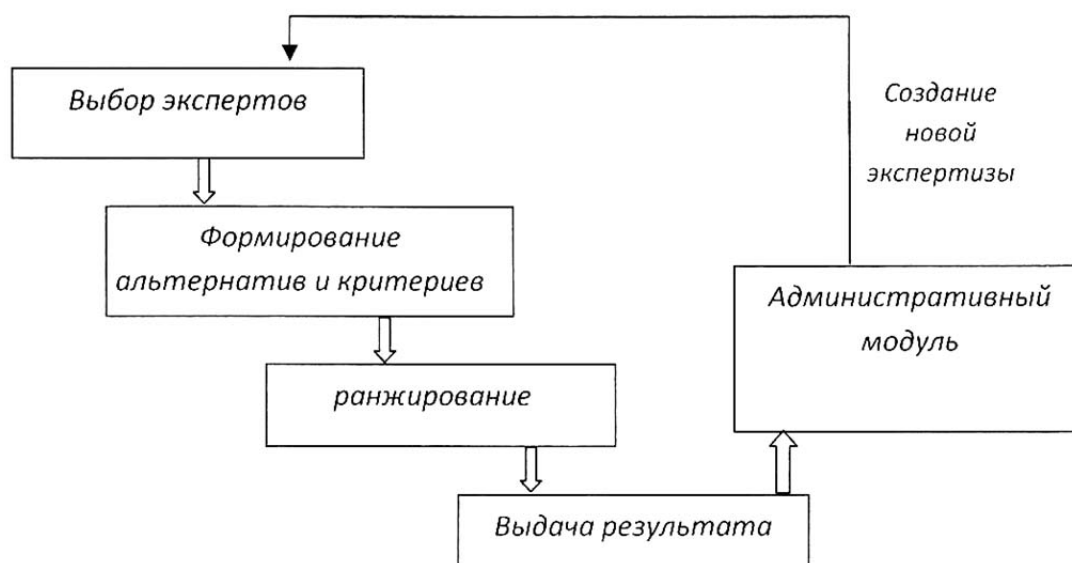


Рис. 6.3. Взаимосвязи между подпрограммами

В основу проектирования программного продукта были положены принципы обеспечения высокой эффективности программного обеспечения:

- полнота классов научно-практических заданий, математических методов и алгоритмов;
- возможность гибкого изменения исследования и автоматизированного выбора метода решения, исходя из имеющейся информации о задании;
- модульная структура с обеспечением гибкости и возможности модификации с целью последующего расширения круга решаемых заданий;
- поддержка возможностей визуализации и интерактивного диалога с пользователем.

Функциональная схема программного продукта представлена на рис. 6.4.

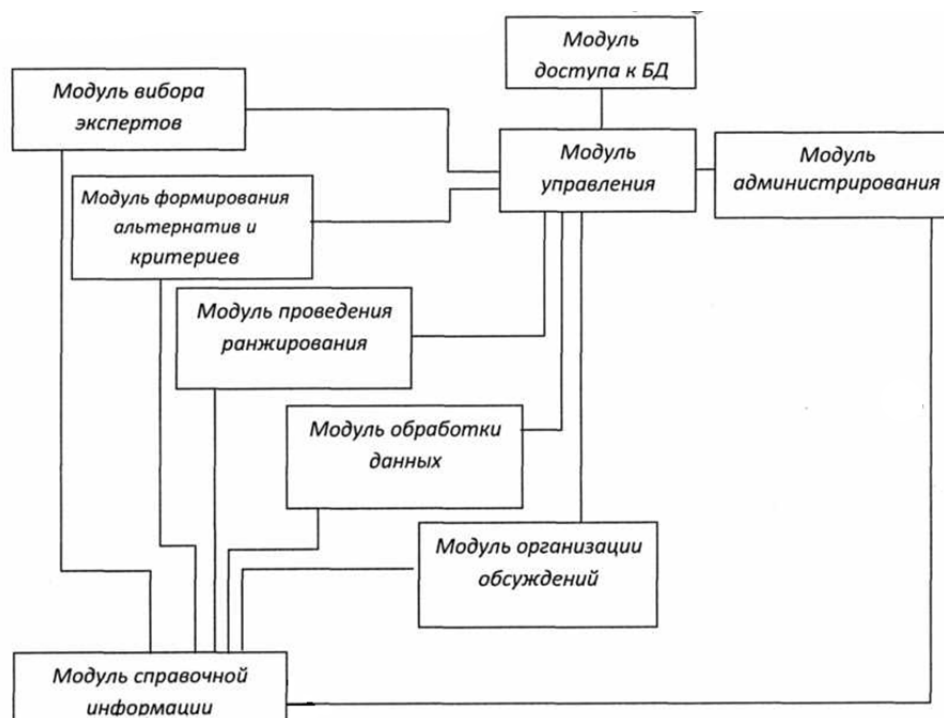


Рис. 6.4. Функциональная схема программного продукта

ППП состоит из 9 основных модулей: управления; подбора экспертов; выбора альтернатив и критериев; проведения ранжирования; обработки данных; организации обсуждений; доступа к БД; административного модуля и модуля справочной информации. Модули выполняют определенные функции (процессы).

Модуль управления осуществляет согласование работы всех модулей комплекса и организацию взаимодействия с пользователем. Позволяет исследователю создавать удобную для работы конфигурацию программного комплекса.

Модуль выбора экспертов предназначен для организации подбора экспертов.

Модуль формирования альтернатив и критериев предназначен

для выбора экспертами альтернатив и критериев по теме экспертизы.

Модуль проведения ранжирования позволяет организовать ранжировку выбранных альтернатив.

Модуль обработки данных служит для проведения обработки информации, получаемой от экспертов.

Модуль организации обсуждений служит для организации обсуждений между экспертами.

Модуль справочной информации служит для предоставления пользователю помощи в его работе с программным комплексом. Он позволяет узнать, какие действия реализованы в текущей ситуации, а также предупреждает о возможных ошибках.

Модуль администрирования предназначен для руководителя экспертизы. Включает возможность создания и удаления экспертиз, а также просмотр их результатов.

Модуль доступа к БД служит для организации взаимосвязи с разработанной базой данных.

Опишем алгоритм работы системы:

Шаг 1. Загрузка программы.

Шаг 2. Выдача окна ввода адреса сервера и пароля.

Шаг 3. Если пользователь зарегистрирован в системе как администратор, переход на шаг 4. Если пользователь зарегистрирован как эксперт, переход на шаг 5. Если пользователь не зарегистрирован, выдается сообщение об ошибке и переход на шаг 3.

Шаг 4. Показ окна для администратора. При нажатии кнопки «Завершить» переход на шаг 11.

Шаг 5. Открывается главное окно программы, сравнивается время начала экспертизы с текущим временем на сервере. Если время меньше или равно времени начала экспертизы, переход на шаг 6. В противном случае переход на шаг 11.

Шаг 6. Начало экспертизы и выдача пользователю бланка для заполнения его личных данных. На заполнение данных отводится $T=40$ сек. Если все поля заполнены в отведенное время, переход к

шагу 7. В противном случае переход на шаг 11.

Шаг 7. Согласно методу подбора экспертов, для экспертизы выдается пользователю соответствующий бланк для заполнения (метод тестирования, метод «снежного кома»). На заполнение отводится определенное время. После заполнения бланка, сравниваются ответы всех экспертов и отбираются лучшие. Если текущий эксперт проходит по рейтингу, переход на шаг 8. В противном случае – переход на шаг 11. Если подбор экспертов осуществляется по методу назначения, переход на шаг 8.

Шаг 8. Выбор альтернатив и критериев исходя из текущей темы. После завершения работы – переход на шаг 9.

Шаг 9. Эксперту предоставляется возможность проранжировать таблицу альтернатив. После завершения ранжировки – переход на шаг 10.

Шаг 10. Выдача результатов экспертизы.

Шаг 11. Завершение экспертизы.

Алгоритм работы программного продукта представлен на рис. 6.5.

Выходными данными являются:

- тестовая информация (при подборе экспертов методом тестирования);
- информация об экспертах (в случае подбора экспертов методом „Снежного кома”);
- информация о критериях и альтернативах;
- информация, представленная в виде таблицы для ранжировки альтернатив;
- информация с результатами экспертного оценивания;
- информация, которая предоставляется организатору экспертизы в административной части программы.

В качестве платформы для разработки клиентского дополнения выбрана платформа .NET. Эта платформа представляет собой среду выполнения программ, в сущности – виртуальную машину языка MSIL, которая обеспечивает высокую скорость выполнения и независимость от среды программирования.

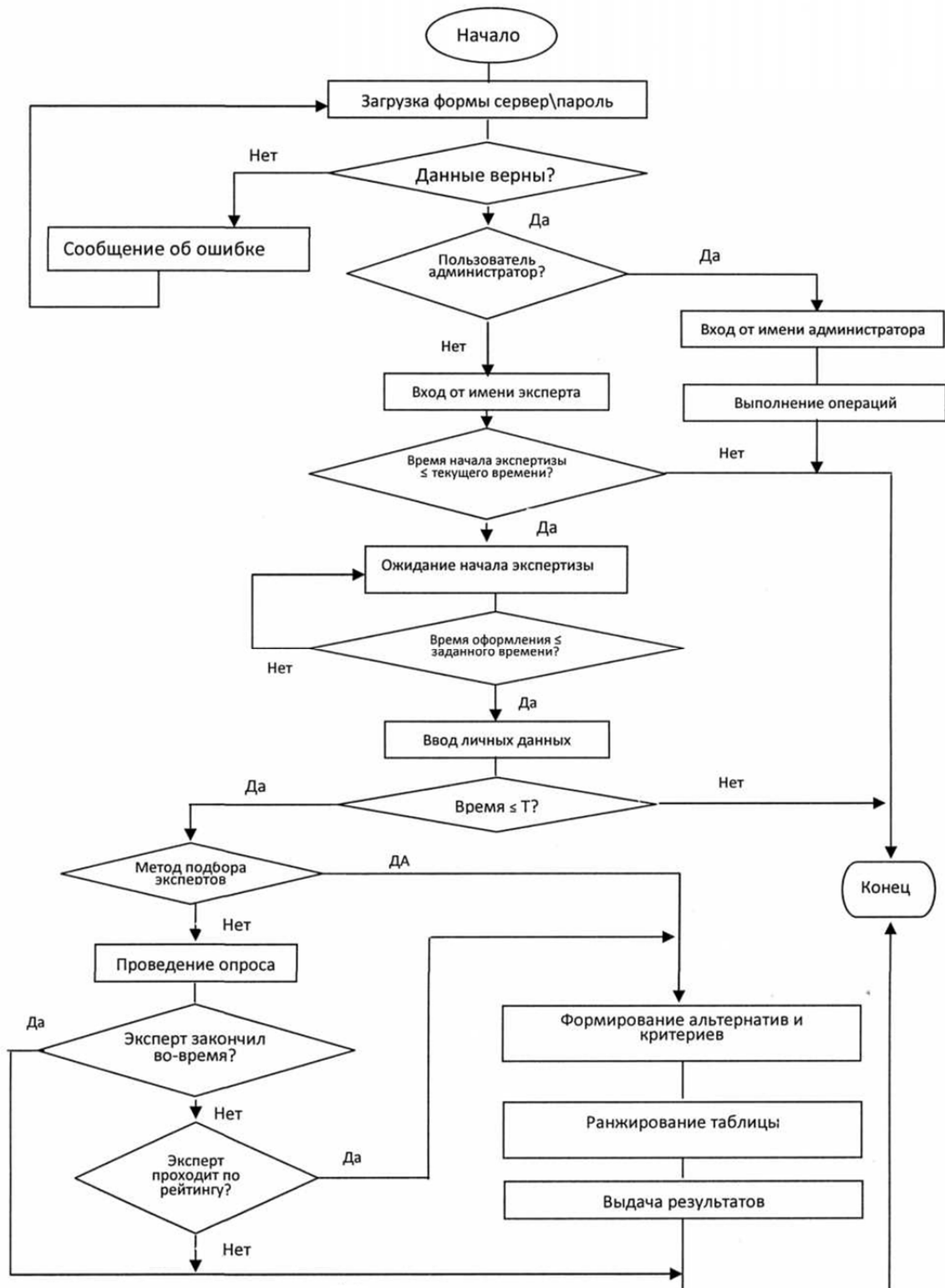


Рис. 6.5. Алгоритм работы программного продукта

Важную часть .NET составляет Common Language Runtime (CLR), то есть библиотека классов и функций, доступных для использования в программах.

Использование платформы .NET позволяет применять для разработки любые языки этой платформы.

В качестве платформы для хранения данных выбран Microsoft SQL Server, доступ к данным которого осуществляется использованием технологии ADO.NET.

Технология ADO.NET (Active Data Objects .NET) является набором классов, которые реализуют программные интерфейсы для облегчения подключения к базам данных из дополнения независимо от особенностей реализации конкретной системы управления базами данных, структуры базы данных и места расположения базы.

Для создания ППП для поддержки коллективных методов принятия решений использована технология Web Service.

Web Service – это программное обеспечение, которое предоставляет доступ к данным в распределенной сети. В основе веб-сервисов лежит использование XML, а распределенные дополнения получают доступ к ним через Интернет, используя коммуникационные протоколы, такие как SOAP (Simple Object Access Protocol). SOAP позволяет разработчикам указывать, что делает сервис и предоставлять доступ к сервису другим дополнениям.

ППП предназначен для работы в локальной сети или в сети Интернет под управлением Windows XP и выше. Система должна обеспечивать возможность подключения к локальной сети или к сети Интернет.

К компьютеру, который используется в качестве сервера, предъявляются следующие требования:

- операционная система Windows XP и выше;
- платформа .NET Framework 2.0 и выше;
- Internet Information Service;
- MS SQL Server, который должен содержать базу, для использования в разработанном программном продукте;

- должен быть подключен к сети Интернет;
- должен быть запущен веб-сервис Service1.aspx.

6.2. Реализация алгоритма агрегирования оценок и ранжирования объектов

Изложим алгоритм ранжирования, используемый в системе. Получаемые от экспертов оценки загружаются в базу данных в соответствии с порядковой шкалой. Для вычисления обобщённой оценки порядковые номера заменяются числовыми значениями в соответствии с вербально-числовой шкалой.

За основу взята вербально-числовая шкала Харрингтона, которая достаточно широко применяется в экспертных оценках для характеристики степени выраженности критериального свойства. Шкала (табл. 6.1) имеет универсальный характер и может в соответствующих модификациях использоваться для оценки показателей качественного характера [68].

Таблица 6.1

Шкала Харрингтона

Содержательное описание градаций	Численное значение
Очень высокая	1,0-0,8
Высокая	0,8-0,63
Средняя	0,63-0,37
Низкая	0,37-0,2
Очень низкая	0,2-0,0

Модифицированная шкала Харрингтона представлена таблицей 6.2, где интервалы заменены числами, каждое из которых является средним арифметическим значением границ интервала, а также добавлен нулевой уровень.

Результатом агрегирования экспертных оценок является «Обобщённая оценка», для получения которой суммируются

численные оценки уровней, полученные от всех экспертов.

Таблица 6.2

Вербально-числовая шкала для агрегирования экспертных оценок сериальных изданий

№ уровня	Содержательное описание уровня	Численное значение	Вычисление численного значения
5	Высокий	0,900	$(1,0+0,8)/2$
4	Выше среднего	0,715	$(0,8+0,63)/2$
3	Средний	0,500	$(0,63+0,37)/2$
2	Ниже среднего	0,285	$(0,37+0,2)/2$
1	Низкий	0,100	$(0,2+0,0)/2$
0	Нулевой	0,000	0

Алгоритм агрегирования оценок и ранжирования объектов состоит из семи последовательных шагов.

Шаг 1. Собрать индивидуальные экспертные оценки в матрицу (a_{ij}) размера $n \times m$, каждый элемент которой является качественной экспертной оценкой i -го объекта j -м экспертом.

Шаг 2. Построить матрицу (b_{ij}) , которая получается путём замены каждого элемента матрицы (a_{ij}) числом в соответствии с вербально-числовой шкалой (табл. 6.2).

Шаг 3. Для каждого i -го объекта вычислить обобщённую оценку S_i по формуле $S_i = \sum_{j=1}^m b_{ij}$.

Шаг 4. Для каждого i -го объекта вычислить максимальную оценку M_i по формуле $M_i = \max_j a_{ij}$.

Шаг 5. Построить матрицу (r_{ij}) размера $n \times m$, в которой каждый элемент представляет собой номер ранга i -го объекта в ранжированном списке j -го эксперта. Ранжирование осуществляется по убыванию двух значений: a_{ij} (экспертная оценка) и S_i (обобщённая оценка). Если в ранжированном списке j -го эксперта

оказываются группы совпадающих (a_{ij}, S_i) , их ранги заменяются средним арифметическим рангов группы.

Шаг 6. Для каждого i -го объекта вычислить высший нормированный ранг R_i по формуле $R_i = 1 - \min_j (r_{ij} / \max_i r_{ij})$.

Шаг 7. Ранжировать объекты методом лексикографического упорядочения по трём критериям M_i , S_i и R_i .

Лексикографическое упорядочение - упорядочивание объектов (в многокритериальной задаче выявления предпочтений) таким образом, что, например, объект a' предпочитается объекту a'' , если он имеет большую оценку по наиболее важному критерию x_1 , невзирая на то, насколько он является хорошим или же плохим по другим менее важным критериям. Но если значения x_1 для них совпадут, вводится в рассмотрение следующий по важности критерий x_2 и по нему выбирается предпочитаемый объект. Соответственно, в случае совпадения оценок по критериям x_1 , x_2 вводится критерий x_3 и т.д. Употребление словосочетания «лексикографическое упорядочение» объясняется тем, что эта процедура напоминает построение словаря [70].

6.3. Тестовое использование алгоритма ранжирования объектов

Продemonстрируем использование алгоритма ранжирования на примере оценивания восьми объектов шестью экспертами, обозначенными как Э1, Э2, ..., Э6 (табл. 6.3). Объектам присвоены имена – латинские буквы от А до Н (хотя подразумевается, что каждый объект имеет порядковый номер – индекс). Если упорядочить объекты по убыванию суммы экспертных оценок, получаем следующую последовательность: $F > B > A = C > D = E > H > G$. Результатом выполнения алгоритма лексикографического упорядочения является новая последовательность: $F > B > C > A > H > D > E > G$.

Таблица 6.3

Индивидуальные экспертные оценки (шаг 1)

i	Объект	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	M
1	A	5		4		3	1	5
2	B	5	2		4		3	5
3	C		3	5		5		5
4	D		4	3	4			4
5	E	4	4			3		4
6	F	3		4	3		5	5
7	G	1			3	2		3
8	H		5			4		5

После замены экспертных оценок числами по вербально-числовой шкале получаем табл. 6.4, в которой в последней колонке вычислена обобщённая оценка S .

Таблица 6.4

Числовая интерпретация экспертных оценок (шаг 2)

i	Объект	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	S
1	A	0,900		0,715		0,500	0,1	2,215
2	B	0,900	0,285		0,715		0,5	2,400
3	C		0,500	0,900		0,900		2,300
4	D		0,715	0,500	0,715			1,930
5	E	0,715	0,715			0,500		1,930
6	F	0,500		0,715	0,500		0,9	2,615
7	G	0,100			0,500	0,285		0,885
8	H		0,900			0,715		1,615

Построенная на шаге 5 матрица рангов и вычисленные высшие нормированные ранги представлены в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Ранги объектов (шаги 5 и 6)

i	Объект	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	R
1	A	1,5		2,5		3,5	3,0	0,70
2	B	1,5	5,0		1,5		2,0	0,70
3	C		4,0	1,0		1,0		0,80
4	D		2,5	4,0	1,5			0,57
5	E	3,0	2,5			3,5		0,50
6	F	4,0		2,5	3,5		1,0	0,67
7	G	5,0			3,5	5,0		0,00
8	H		1,0			2,0		0,80
ax					5,0			

Высшие нормированные ранги объектов вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 1 - \min(1,5/5; 2,5/4; 3,5/5; 3/3) = 0,7; \\
 R_2 &= 1 - \min(1,5/5; 5/5; 1,5/3,5; 2/3) = 0,7; \\
 R_3 &= 1 - \min(4/5; 1/4; 1/5) = 0,8; \\
 R_8 &= 1 - \min(2,5/5; 4/4; 1,5/3,5) = 0,57; \\
 R_5 &= 1 - \min(3/5; 2,5/5; 3,5/5) = 0,5; \\
 R_6 &= 1 - \min(4/5; 2,5/4; 3,5/3,5; 1/3) = 0,67; \\
 R_7 &= 1 - \min(5/5; 3,5/3,5; 5/5) = 0; \\
 R_8 &= 1 - \min(1/5; 2/5) = 0,8.
 \end{aligned}$$

В табл. 6.6 представлен итоговый ранжированный список объектов, полученный в результате лексикографического упорядочения по трём критериям – M , S , R (шаг 7). Результат упорядочения: $F > B > C > A > H > D > E > G$.

Таблица 6.6

Результат выполнения алгоритма

Ранг	Объект	T	Si	R
1	F	5,0	2,615	0,70
2	B	5,0	2,400	0,70
3	C	5,0	2,300	0,80
4	A	5,0	2,215	0,57
5	H	5,0	1,615	0,50
6	D	4,0	1,930	0,67
7	E	4,0	1,930	0,00
8	G	3,0	0,885	0,80

Приведенный алгоритм использовался для построения рейтинга высших учебных заведений Украины на основе экспертных оценок, полученных от 20-ти экспертов. В качестве экспертов выступали представители (преподаватели) юго-востока Украины. Результат работы алгоритма приведен в табл. 6.7.

Таблица 6.7

Рейтинг ВУЗов Украины по результатам экспертной оценки

Ранг	ВУЗ
1	Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"
2	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
3	Государственное высшее учебное заведение "Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана"
4	Национальный авиационный университет
5	Харьковский национальный университет им. Каразина
6	Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"
7	Государственное высшее учебное заведение "Донецкий национальный технический университет"
8	Киевский национальный университет строительства и архитектуры
9	Национальный университет "Киево-Могилянская академия"
10	Киевский национальный торгово-экономический университет
11	Национальная юридическая академия Украины имени Ярослава Мудрого
12	Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара
13	Донецкий национальный университет
14	Львовский национальный университет имени Ивана Франко
15	Одесская национальная юридическая академия
16	Харьковский национальный аэрокосмический университет (ХАИ)
17	Национальный университет "Львовская политехника"
18	Одесский национальный университет им. Мечникова
19	Национальный университет пищевых технологий
20	Харьковский национальный университет радиоэлектроники

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие математических методов и значительные успехи в области создания компьютерных технологий предопределяют все более широкое их применение в социальной сфере, промышленности, экономике как средстве автоматизации интеллектуальной деятельности человека. Одним из направлений применения является все более значительное использование указанных методов и средств в коллективных (групповых) экспертных методах подготовки и принятия решений, т.е. в экспертном коллективном оценивании, которое, по мнению авторов, является составной частью активно создаваемой общей нормативной теории подготовки и принятия решений.

Это направление исследований переживает сейчас период бурного развития, интенсивного количественного накопления результатов, предложений, методов и их качественного осмысления. Их взаимоувязка, систематизация, формирование стройной системы проведения экспертиз и всех задач и этапов экспертного оценивания еще далека от завершения. Многие содержащиеся в публикуемых работах идеи и методы, будучи в ряде случаев сами по себе весьма интересными, оказываются никак не связанными, «не стыкующимися» друг с другом. Этого свойства не лишена, по нашему мнению, в какой-то мере и данная работа (так, некоторые идеи находятся в известном отрыве от методов).

Простота и разобщенность различных методов и предложений не могут быть оценены однозначно. С одной стороны, это естественный период развития нового научного направления. Мощный, не сдерживаемый тесными рамками поток предложений, стимулирует научные поиски, способствует постепенному формированию глубоких, обоснованных подходов. Сказанное в особенности справедливо для активизировавшихся в последнее

время математических исследований проблемы экспертного коллективного оценивания.

С другой стороны, практики, озабоченные необходимостью осуществления реальной процедуры экспертного коллективного оценивания, оказываются в весьма трудном положении. Рекомендации по проведению экспертизы нужны им сегодня, сейчас. Между тем, знакомство с литературой по экспертным методам ставит их перед выбором подходов из очень широкого спектра разнообразных предложений. Многие из них к тому же пока очень далеки от практического использования.

Отмеченное состояние дел, по мнению авторов, ставит в качестве первоочередной задачу выработки ясных и разумных представлений об экспертизе и экспертном оценивании, их основных этапах, которые были бы логически связаны между собой. В настоящий момент, по-видимому, важнее понять, не столько какими конкретными методами реализовывать тот или иной этап экспертизы и экспертного оценивания, сколько что представляет собой этот этап, каковы его содержательные особенности и свойства, соотношение с другими этапами. Понимание этого, во-первых, поможет избавить от усилий по разработке методов, которые, будучи оторванными от содержательных запросов экспертизы, экспертного оценивания, никогда никем не будут использованы. Во-вторых, для практика или исследователя станет ясной логическая цепочка операций, которые им надо осуществить. Не так существенно, если для начала некоторые этапы будут реализованы с помощью упрощенных методов. Пожалуй, хуже, если скрупулезно разработанный метод будет использован там, где он, по существу, не нужен.

Именно такого рода мотивы стимулировали работу авторов, которая концентрировалась в первую очередь на понятийной стороне дела, структуризации и логике последовательных этапов

экспертизы. Описанные же в книге методы имеют преимущественно иллюстративный характер, они показывают один из возможных путей реализации данного этапа экспертизы и экспертного оценивания в соответствии с содержательной сущностью этого этапа.

Формирование понятийных основ коллективной экспертизы, ее основных этапов позволит создать базу, на которой будут более плодотворно развиваться и совершенствоваться конкретные методы и процедуры получения и анализа экспертной информации. Экспертные методы теоретически обосновываются с позиций таких областей науки как теория идентификации, теория принятия коллективных решений, статистика объектов нечисловой природы, теория измерений. Связь экспертных оценок с этими областями сохранится и в будущем. Однако возможно, что создание тех основ, о которых говорилось выше, приведет к тому, что экспертные методы будут развиваться как в рамках самостоятельной, интересной и чрезвычайно актуальной области знаний, так и в рамках общей нормативной теории подготовки и принятия решений.

В данной работе сделана попытка систематизации, обобщения и развития имеющихся результатов в области экспертного коллективного оценивания, позволяющий реализовать процедуры экспертного оценивания. Авторам видится развитие теории экспертного оценивания в следующих направлениях

Развитие исследований фундаментальных теоретических направлений и доработка концептуальных основ экспертного коллективного оценивания.

Совершенствование методологии экспертного коллективного оценивания как в целом, так и отдельных ее компонентов.

Разработка и внедрение эффективного решения разноплановых задач экспертного коллективного оценивания.

Широкая практическая реализация разработанных методов, моделей, инструментария в сложных современных социально-экономических и технических системах.

Авторы надеются, что данная монография, посвященная теоретическим основам экспертного коллективного оценивания и выражающая авторское понимание экспертного оценивания, окажется полезной и нужной книгой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров Э.Г. Методы и инструментальные средства систем поддержки принятия решений при организационном управлении социально-экономическими системами / Э.Г. Петров, Е.В. Губаренко // Бионика интеллекта. – 2010, №3(74) – С. 26-36.
2. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Д. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
3. Шнейдерман М.В. Процедуры коллективного экспертного опроса и их измерительные исследования / М.В. Шнейдерман // Автоматика и телемеханика. – 1988 – № 5. – С. 3-16.
4. Глушков В.М. Введение в АСУ / В.М. Глушков. – К. : Техника, 1971. – 212 с.
5. Коваленко И.И. Методы и средства поддержки принятия решений: Учебное пособие / И.И. Коваленко, А.П. Гожий. – Николаев : НУК, 2005. – 104 с.
6. Венделин А.Г. Подготовка и принятие управленческого решения: Монография / А.Г. Венделин. – М.: Экономика, 1994. – 176 с.
7. Хвастунов Р.М. Важнейший вопрос организации групповой экспертизы / Р.М. Хвастунов // Серия книг «Системы и проблемы управления». – М. : СИНТЕГ, 2001. – С.164-165.
8. Згуровский М.З. Основы системного анализа / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова. – К. : Видавнича група ВНУ, 2007. – 554 с.
9. Бурбаки Н. Теория множеств: пер. с франц. Г.Н. Поваров, Ю.А. Шиханович. – М. : Мир, 1965. – 457 с.
10. Капица С.П. Парадоксы роста. Законы развития человечества / С.П. Капица. – М. : АНФ, 2010. – 192 с.
11. Бродель Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм XV–XVIII вв. В 3х томах / Ф. Бродель. – М.: Весь мир, 2007. – 752 с.
12. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста /

В.И. Вернадский. – М. : Наука, 1988. – 520 с.

13. Юсупов И.Ю. Автоматизированные системы принятия решений / И.Ю. Юсупов. – М. : Наука, 1983. – 88 с.

14. Тонких Ф.П. Совершенствование стиля управления воинским коллективом / Ф.П. Тонких, Ю.Г. Фокин. – М. : Мин. обороны СССР, 1979. – 143 с.

15. Бабаєв В.М. Організаційна культура керівника / В.М. Бабаєв, Н.В. Шаронова. – Харків: Вид. НТУ «ХПІ», 2005. – 260 с.

16. Гнатієнко Г.М. Експертні технології прийняття рішень : Монографія / Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюк. – К. : ТОВ «Маклаут», 2008. – 444 с.

17. Соціальна експертиза в Україні: методологія, методика, досвід впровадження / За ред. Ю.І. Саєнка. – К. : Ін-т соціології НАНУ, 2000. – 194 с.

18. Крючковський В.В. Деякі задачі підготовки й прийняття колективних рішень / В.В.Крючковський, Д.В.Ходаков // Наукові проці : Науково-методичний журнал. – Вип. 104. Т. 117. Комп'ютерні науки. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. – С. 149-159.

19. Гуревич К.М. Профессиональная пригодность и основные свойства нервной системы / К.М. Гуревич. – М.: Наука, 1970. – 286 с.

20. Бечтолд Х. Отбор / Х. Бечтолд // Экспериментальная психология. Под ред. С. Стивенса. Т. 2. – М. : Изд-во ИЛ, 1963. – С. 879-916.

21. Орлов А.И. Организационные методы управления наукой и статистика объектов нечисловой природы / А.И. Орлов // Медицинское науковедение и автоматизация информационных процессов : материалы Всесоюзного симпозиума. – М. : Статистика, 1984. – С. 32-43.

22. Крючковский В.В. Формализация процесса формирования экспертной группы для экспертного оценивания / В.В.Крючковский

// Вестник Херсонского национального технического университета. – 2009. – № 3(36). – С. 211-213.

23. Петров К.Э. Компараторная структурно-параметрическая идентификация моделей скалярного многофакторного оценивания : Монография / К.Э. Петров, В.В. Крючковский. – Херсон : Олди-плюс, 2009. – 294с.

24. Панкова Л.А. Организация экспертизы и анализа экспертной информации / Л.А. Панкова, А.М. Петровский, М.В. Шнейдерман. – М. : Наука, – 120 с.

25. Ивахненко Л.Г. Принятие решений на основе самоорганизации / А.Г. Ивахненко, Ю.П. Зайченко, В.Д. Дмитров. – М. : Сов. радио, 1976. – 280 с.

26. Грабовецький Б.С. Економічне прогнозування і програмування : навчальний посібник / Б.С. Грабовецький. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 163 с.

27. Коваленко И.И. Экспертные оценки в управлении инновационными проектами / И.П. Коваленко, С.В. Драган, М.А. Рыхальский. – Николаев : НУК, 2007. – 168 с.

28. Адамов А.П. Об определении компетентности экспертов методом взаимооценки / А.П.Адамов, Ю.А.Гаджиев, А.Н.Соцкая // Автоматика и телемеханика. – 1989. – № 3. – С. 185-189.

29. Овезгельдыев А.О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации/ А.О.Овезгельдыев, Э.Г.Петров, К.Э.Петров. – К.: Наукова думка, 2002. –164 с.

30. Бешелев С.Д. Экспертные оценки / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М. : Наука, 1973. – 246 с.

31. Моделирование социальных процессов. – М. : Институт конкретных социальных исследования, 1970. – 228 с.

32. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування : Підручник / Геєць В.М., Клебанова Т.С., Черняк О.І., Іванов В.В., Кизим М.О., Дубровіна Н.А., Ставицький А.В. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2008. – 396 с.

33. Корольов О.А. Практикум з економетрії : завдання з практичними рекомендаціями, алгоритмами та прикладом їх наскрізного використання. Ч. 1 / О.А.Корольов, В.В.Рязанцева. – К. : Вид. Європейського університету. – 250 с.

34. Aamodt A. Gase-Based Reasoning: Foundational issues, methodological variations and system approaches / A. Aamodt, E. Plaza // All Communications. 1994 – Vol. 4 – №1. – pp.39-59.

35. Smyth B. Gase-Base Maintenance / B. Smyth // Task and methode in Applied Artificial Intelligence, UVAI 1416, – Springer – Verlag, 1988. – pp. 507-516.

36. Smyth B. The Utility Problem Analysed: A Gase-Based Reasoning Perspective / B.Smyth, P.Cunninghem // Advances in Gase-Based Reasoning. – Lecture Notes in Artificial Intelligense, Vol 1168, – Springer – Verlag, 1996. – pp. 392-399.

37. Kolonder J. Case-Based Reasoning. / J.Kolonder // Magazin Kaufmann. – San Mateo, 1993. – 386 p.

38. Крючковский В.В. Использование прецедентов в экспертных коллективных решениях / В.В.Крючковский, Н.В.Подмогильный // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы к применению информационных технологий в профессиональной деятельности». – Белгород : ГиК, 2009. – С. 301-304.

39. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений / О.И.Ларичев. – М.: Наука, 1979. – 200 с.

40. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа / Б.Г. Литвак. М. : Радио и связь, 1982. – 184 с.

41. Волкова В.Н. Теория систем / В.Н.Волкова, А.А.Денисов. – М. : Высш.шк., 2006. – 511 с.

42. Теория выбора и принятия решений: Учеб.пособ. / И.М.Макаров, Т.М.Виноградская, А.А.Рубчинский, В.Б.Соколов. – М. : Наука, 1982. – 328 с.

43. Литвак Б.Г. Меры близости и результирующие

ранжирования / Б.Г.Литвак // Кибернетика. – 1983. – № 1 – С. 57-63.

44. Унадзе Д.Н. Общая психология: пер. с грузинского Е.Ш. Чомахидзе / Д.Н.Унадзе. – М. : Смысл; СПб. : Питер, 2004 – 413 с.

45. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Р. Лурия. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 384 с.

46. Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования / Э. Мах. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 456 с.

47. Грановская Р.М. Элементы практической психологии / Р.М. Грановская. 2-е издание. – Л. : Издательство Ленинградского университета, 1988. – 560 с.

48. Лурия А.Р. Язык и сознание. Под. ред. Е.Д. Хомской / А.Р. Лурия. – Изд. МГУ, 1979. – 320 с.

49. Косяков Ю.Б. Мой мозг. Строение, принципы работы, моделирование / Ю.Б. Косяков. // Серия книг «Системы и проблемы управления». – М.: СИНТЕГ, 2001. – 164 с.

50. Згуровский М.З. Роль инженерной науки и практики в устойчивом развитии общества / М.З. Згуровский, Г.А. Статюха // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – № 1. – С. 19-38.

51. Вундт В. Очерк психологии: пер. с немецк. / В.Вундт. – Санкт-Петербург: Изд. Ф.Павленкова, 1986. – 229 с.

52. Крючковский В.В. Оценка степени согласованности мнений экспертов при коллективном принятии решений / В.В.Крючковский // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – 2009. – Вип. 6(65). – Дніпропетровськ : Національна металургійна академія, 2009. – С. 65-74.

53. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений: Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко. – К. : Наукова думка, 2002. – 382 с.

54. Фу К. Последовательные методы в распознавании образов и

обучении машин / К.Фу. – М. : Наука, 1971. – 255 с.

55. Kendall M.G. The problem of rankings / M.G.Kendall, Babington Smith // The Annals of Mathematical Statistics – 1939. – Vol. 10. – pp. 275-287.

56. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И.Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

57. Кендэл М. Ранговые корреляции / М.Кендэл. – М. : Статистика, 1975. – 196 с.

58. Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика : Учебное пособие / М.Б.Лагутин. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 472 с.

59. Schucany W.R. A rank test for two group concordance / W.R.Schucany, W.H.Fraley // Psychometrika. – 1973. – Vol. 38. – pp. 249-258.

60. Снитюк В.Є. Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми : Навчальний посібник / В.Є. Снитюк – К.: ТОВ «Макклаут», 2008. – 364 с.

61. Волошин О.Ф. Построение компромиссной ранжировки в задаче группового выбора / О.Ф.Волошин, Г.М.Гнатиенко // «Проблемы теоретической кибернетики»: Материалы 8-й Всероссийской конф. – Волгоград : ВГУ, 1997. – С.44-46.

62. Гнатиенко Г.Н. Алгоритм последовательного поиска строгой компромиссной ранжировки в задачах группового выбора / Г.Н. Гнатиенко // КНУ им. Т.Г.Шевченко. Киев, 1992. – 16 с. Рус. – Деп. В УкрНИИТИ 18.02.92. – № 212 – Ук 92.

63. Орлов А.И. Экспертные оценки / А.И. Орлов // Заводская лаборатория. – 1996. – Т.62. – №1. – С. 54-60.

64.Кемени Дж. Кибернетическое моделирование / Дж.Г.Кемени, Дж.Л.Снелл. – М. : Советское радио, 1972. – 192 с.

65. Мухин О.И. Моделирование систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://stratum.ac.ru/modelir>

66. Орлов А.И. Экспертные оценки : Учебн.пособ. / А.И Орлов.

– М. : Изд-во «Экзамен», 2002. – 31 с.

67. Экенроде Р.Т. Взвешенные многомерные критерии / Р.Т.Экенроде // Статистические измерения качественных характеристик. – М. : Статистика, 1972. – С. 139-154.

68. Muhittin Oral. Modelling the process of multiattribute choice / Oral Muhittin, Ossama Kettani // J. Opl. Res. – 1989. – Vol. 40.– № 3. – pp.281-291.

69. Тоценко В.Г. Експертні системи діагностики і підтримки рішень / В.Г.Тоценко. – К. : Наукова думка, 2004. – 126 с.

70. Растрингин Ю.А. Адаптивные методы многокритериальной оптимизации / Ю.А.Растрингин, Ю.А.Эйдук // Автоматика и телемеханика. – 1985. – № 1.– С. 5-26.

71. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем. / Т.Саати, К. Керне. – М. Радио и Связь, 1991. – 223 с.

72. Таха Х.А. Введение в исследование операций / Хэмди А.Таха. – пер. с англ. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2001. – 912 с.

73. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.

74. Дубов Ю.А. Многокритериальные модели вариантов систем : Монография / Ю.А.Дубов, С.Н.Травкин, В.Н.Якиме. – М. : Наука, 1986. – 296 с.

75. Руда Б. Классификация и выбор при наличии нескольких критериев / Б.Руда // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М. : Мир, 1976. – С. 80-107.

76. Крючковский В.В. Реализация процедур экспертного коллективного оценивания / В.В. Крючковский, Д.В. Ходаков // Проблеми інформаційних технологій. – 2010. – № 1. – С. 85-95.

Научное издание

Крючковский Виктор Владимирович
Петров Эдуард Георгиевич
Соколова Надежда Андреевна
Ходаков Виктор Егорович

ИНТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

МОНОГРАФИЯ

Подписано к печати 21.11.2011 г.
Формат 60х84/16. Бум. офсет.
Усл. печ. лист. 9.77. Тираж 300 экз.

Издание и печать СПД Гринь Д. С.
г. Херсон, 73033, а/я-15
e-mail: dimg@meta.ua
Свид. сер. ДК № 4094 от 17.06.2011 г.