

УДК 519.81; 519.876.32

DOI: 10.12737/23242

А.Г. Подвесовский, О.А. Михалева

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ ГРУППОВЫХ РЕШЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СЕТЯХ

Рассмотрены особенности моделирования задачи группового экспертного оценивания объектов в условиях распределенного взаимодействия экспертов. Предложен обобщенный алгоритм поддержки групповой экспертизы в распределенных экспертных сетях и построены информационные модели его этапов. По результатам этого определен комплекс математических моделей, разработка и исследование которых требуются для обеспечения

компьютерной поддержки групповой экспертизы в распределенной среде.

Ключевые слова: принятие решений, экспертные сети, экспертные оценки, групповая экспертиза, согласованность экспертных оценок, оценка компетентности экспертов, информационная модель.

A.G. Podvesovsky, O.A. Mikhalyova

PECULIARITIES IN PROCESSES SIMULATION OF GROUP MAKING-DECISIONS IN DISTRIBUTED EXPERT NETWORKS

A current stage of information society development creates a basis for the initiation and development of new information techniques of management activity support. One of them is the technology of information and expert-analytical support of the development, analysis and management decision-making in distributed environment. At the same time, in increasing frequency in the course of the preparation and decision-making the persons making decisions resort to the use of experts' group opinion in the corresponding subject fields. In the paper there is considered one of the significant and widespread problems in decision-making – the problem of experts' group assessment of objects and also the approaches to its modeling under conditions of experts' distributed interaction are investi-

gated. A generalized algorithm is offered and an information model of group examination in distributed expert networks is created. It allowed emphasizing basic stages of the mentioned process and information ties between them and also defining a set of expert procedures essential for the information provision of a support process. A complex of models of processing the results of a group examination is defined the formation and investigation of which represents a priority task for the development of a distributed information system of group examinations support.

Key words: decision-making, expert networks, expert assessments, group examination, consistency of expert assessments, assessment of experts' competence, information model.

Введение

Современный этап развития информационного общества создает основу для возникновения и развития новых информационных технологий поддержки управленческой деятельности. Одной из них является технология информационной и экспертно-аналитической поддержки разработки, анализа и принятия управленческих решений в распределенной среде. Возрастающий уровень сложности и информационной неопределенности практических задач принятия решений, принципиальная новизна таких задач и одновременно с этим высокая степень ответственности за результат и высокая цена неверно принятых решений – все это вынуждает лиц,

принимающих решение (ЛПР), использовать в процессе подготовки и принятия решений коллективное мнение экспертов в соответствующих предметных областях. Под экспертами обычно понимают специалистов, способных, опираясь на собственные знания, опыт и интуицию, сформулировать свою точку зрения относительно решаемой проблемы или дать оценку ситуации и при этом обладающих независимостью суждений [4]. Современный уровень развития информационно-коммуникационных технологий дает возможность организации распределенного взаимодействия экспертов между собой, а также с ЛПР и организатором экспертизы с

использованием современных сетей связи, в первую очередь Интернета.

Благодаря перечисленным обстоятельствам происходит становление нового явления, называемого сетевой экспертизой, в рамках которого возникают и активно развиваются экспертные сети и сетевые экспертные сообщества [1; 10]. Возникает сравнительно новая технология экспертного оценивания, когда к этапам принятия решений подключаются сетевые экспертные процедуры [1]. Фактически экспертная сеть становится «моделью так называемого коллективного интеллекта. Заказчик обращается к экспертной сети как к суперкомпетентному эксперту за экспертизой, не вникая в подробности ее реализации» [14, с. 1]. Государственные ведомства, фонды развития (экспертный совет Сколково, РБК, Фонд Бортника и др.), некоммерческие партнерства (Союз ИТ-директоров России), научные центры используют экспертные сети для обмена мнениями, проведения сетевых экспертиз и оценки компетентности друг друга [9; 14; 15]. Проблемы информатизации распределенной экспертной деятельности относятся к числу приоритетных направлений исследований ряда ведущих научных коллективов России и стран СНГ, что

подтверждается множеством научных работ последних лет (см., например, [1; 4; 9-11]).

В то же время сетевая экспертная деятельность имеет ряд особенностей, среди которых наиболее значимыми являются изолированность экспертов друг от друга, возможность несовпадения графиков работы экспертов и полная автоматизация процесса подготовки и принятия решений. В связи с этими особенностями, а также с учетом временных ограничений усложняется задача обеспечения согласованности суждений экспертов и сходимости их мнений к некоторой общей агрегированной оценке. Таким образом, в случае территориально распределенной работы экспертов эффективность традиционных методов организации экспертной деятельности и поддержки групповых решений снижается. Требуется разработка новых методов, учитывающих ограничения, связанные со спецификой сетевого взаимодействия экспертов и ЛПР.

С учетом изложенного можно сделать вывод об актуальности разработки моделей, методов и программных средств поддержки принятия групповых решений в распределенных экспертных сетях.

Постановка и особенности задачи группового экспертного оценивания в распределенных экспертных сетях

Одной из важных и широко распространенных задач принятия решений, наряду с задачами формирования целей и долгосрочных прогнозов, поиска и генерирования альтернативных решений, является задача группового экспертного оценивания объектов. Применительно к сетевой экспертной деятельности можно выделить следующие закономерности и свойства, присущие данной задаче:

- В качестве участников процесса групповой экспертизы помимо ЛПР и группы экспертов выступают аналитик, модератор и тематический куратор. При этом взаимодействие участников может быть распределенным как в территориальном, так и во временном отношении.

- Спектр задач, решаемых в рамках одной экспертной сети, достаточно многообразен и затрагивает множество предметных областей.

- Одним из требований, предъявляемых к модели экспертного оценивания и обработки его результатов, является учет компетентности экспертов. При этом важно иметь в виду, что компетентность каждого эксперта существенно зависит от рассматриваемой задачи, т.е. модель задачи должна учитывать компетентность экспертов не вообще, а в контексте предметной области, к которой данная задача относится.

- В качестве объектов экспертного оценивания могут выступать различные компоненты задачи принятия решений:

альтернативы, исходы, критерии, риски и др.

- Экспертные оценки различной природы могут принимать значения, выраженные в различных шкалах. При этом каждая шкала допускает определенные операции над представляемыми в ней оценками объектов.

- Результатом решения задачи может быть ранжирование объектов с учетом предпочтений ЛПР, выделение лучшего объекта или распределение объектов по классам решений в соответствии с каким-либо условием.

Рассмотрим общую концептуальную модель задачи групповой экспертизы в условиях экспертной сети. Пусть $U = \{U_1, U_2, \dots, U_p\}$ – множество предметных областей, $E = \{E_1, E_2, \dots, E_q\}$ – множество (пул) экспертов. Каждый эксперт E_s характеризуется показателем w_{sk} компетентности в предметной области U_k ($s = 1, \dots, q; k = 1, \dots, p$). Таким образом, формируется матрица компетентности экспертов $W = \|w_{sk}\|$, каждая строка которой $W_s = (w_{s1}, w_{s2}, \dots, w_{sk})$ определяет профиль компетентности эксперта E_s , а каждый столбец $W^k = (w_{1k}, w_{2k}, \dots, w_{qk})^T$ определяет профиль «покрытия» предметной области U_k знаниями экспертов.

С учетом этого, задача группового экспертного оценивания объектов в условиях распределенной экспертной сети допускает следующее формальное представление:

$$\langle T, D, X, K, F, H, C; X^* \rangle,$$

где T – тип задачи (отбор, ранжирование или оценка); $D \in U$ – предметная область задачи; $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ – множество объектов экспертного оценивания; K – критерий, на основании которого осуществляется отбор, ранжирование или оценка; F – дополнительная информация, зависящая от типа задачи (см. далее); $H = \{H_1, H_2, \dots, H_n\} \subset E$ – множество экспертов, отобранных для решения задачи; C – формализованная информация о компетентности экспертов в контексте решаемой задачи; X^* – итоговое решение задачи.

Информация C играет важную роль при определении состава и численности экспертной группы H и может быть представлена в виде набора степеней относительной компетентности экспертов в предметной области D либо иметь более сложное представление. Дополнительная информация F зависит от типа задачи и, как правило, задается в форме ограничений, связанных с параметрами процедуры оценивания. Так, для задачи отбора $F = \langle l_{\min}, l_{\max} \rangle$, где l_{\min}, l_{\max} – соответственно нижняя и верхняя границы числа отбираемых объектов (при этом $0 < l_{\min} < l_{\max} < m$); для задачи количественного оценивания $F = \langle v, v_{\min}, v_{\max} \rangle$, где v – числовой показатель, значения которого оцениваются, v_{\min}, v_{\max} – границы области его значений.

Таким образом, технология поддержки группового экспертного оценивания в распределенной среде должна обеспечивать решение таких задач, как формирование экспертной группы, выбор типа экспертных оценок и способа их получения, оценка согласованности экспертных суждений, определение итоговой (агрегированной) согласованной экспертной оценки. Помимо перечисленных задач возникает важная задача, связанная с оценкой компетентности экспертов в соответствующей предметной области и ее учетом в модели оценивания как на этапе формирования агрегированной оценки, так и на этапе оценки согласованности экспертных суждений. При этом, поскольку экспертную сеть можно рассматривать как группу экспертов, действующую на постоянной основе, становится возможной не только статическая, но и динамическая оценка компетентности экспертов, которая подразумевает возможность уточнения показателей компетентности каждого эксперта на основе фактических данных о его работе в группе. Например, компетентность эксперта в некоторый момент времени может зависеть от эффективности его участия в предыдущих задачах оценивания, т.е. от того, как часто оценки, получаемые от данного эксперта, совпадали либо не совпадали с мнением группы.

Кроме того, важно иметь в виду, что оценка согласованности множества экспертных суждений не является самоцелью, а применяется для того, чтобы принять обоснованное решение о возможности использования данного множества в качестве основы для определения итоговой агрегированной групповой оценки. Тем самым

наряду с определением степени согласованности множества экспертных оценок необходимо также оценивать ее достаточность для дальнейшей работы с данным множеством и, если она окажется недостаточной, предусматривать процедуры, направленные на повышение согласованности.

Обобщенный алгоритм и информационная модель поддержки групповой экспертизы

С учетом рассмотренных выше постановки и особенностей задачи группового экспертного оценивания в распределенной среде процесс поддержки групповой экспертизы в распределенных экспертных сетях можно представить в виде обобщенного алгоритма, схема которого приведена на рис. 1. Данный алгоритм включает

шесть основных этапов. Стрелками показаны связи между этапами и сетевыми экспертными процедурами, отражающие возможные последовательности их выполнения и направления передачи информации. Рассмотрим каждый этап подробно.

Этап 1. Формирование экспертной группы

Задача формирования экспертной группы была и остается одной из наиболее сложных в теории и практике экспертного оценивания, и ее решение предполагает решение следующих подзадач:

- определение численности экспертной группы;
- составление списка возможных кандидатов в эксперты;
- формирование экспертной группы из множества кандидатов на основе анализа их компетентности в соответствующей предметной области.

Стоит особо отметить важность задачи определения численности экспертной группы. Уменьшение количества экспертов может привести к недостоверности результата группового оценивания, а чрезмерное увеличение количества экспертов в группе затрудняет процесс оценки согласованности экспертных суждений.

Источником для формирования экспертной группы является экспертная сеть. При этом можно использовать возможности семантического поиска для автоматического определения априорных оценок компетентности претендентов в соответствующей предметной области.

Формирование экспертной группы начинается с целевого запроса к экспертной сети для получения информации об экспертах в заданной предметной области D и их компетентности в этой области. Полученная информация позволяет проанализировать кандидатов в порядке убывания их компетентности и на основе этого выделить под множество экспертов, мощность которого соответствует рекомендованной численности экспертной группы. Если информация о предыдущем опыте работы экспертов в данной предметной области отсутствует, то для оценки компетентности экспертов на данном этапе можно применять априорные или тестовые методы [2]. При наличии такой информации (ее источниками могут быть, например, реестры экспертов, привлекавшихся ранее для аналогичной работы) можно использовать апостериорные методы оценки компетентности (см. далее).

Выделив группу потенциальных экспертов, можно провести сетевой анкетный опрос для выяснения возможности членов группы принять участие в ее работе в определенный период времени.

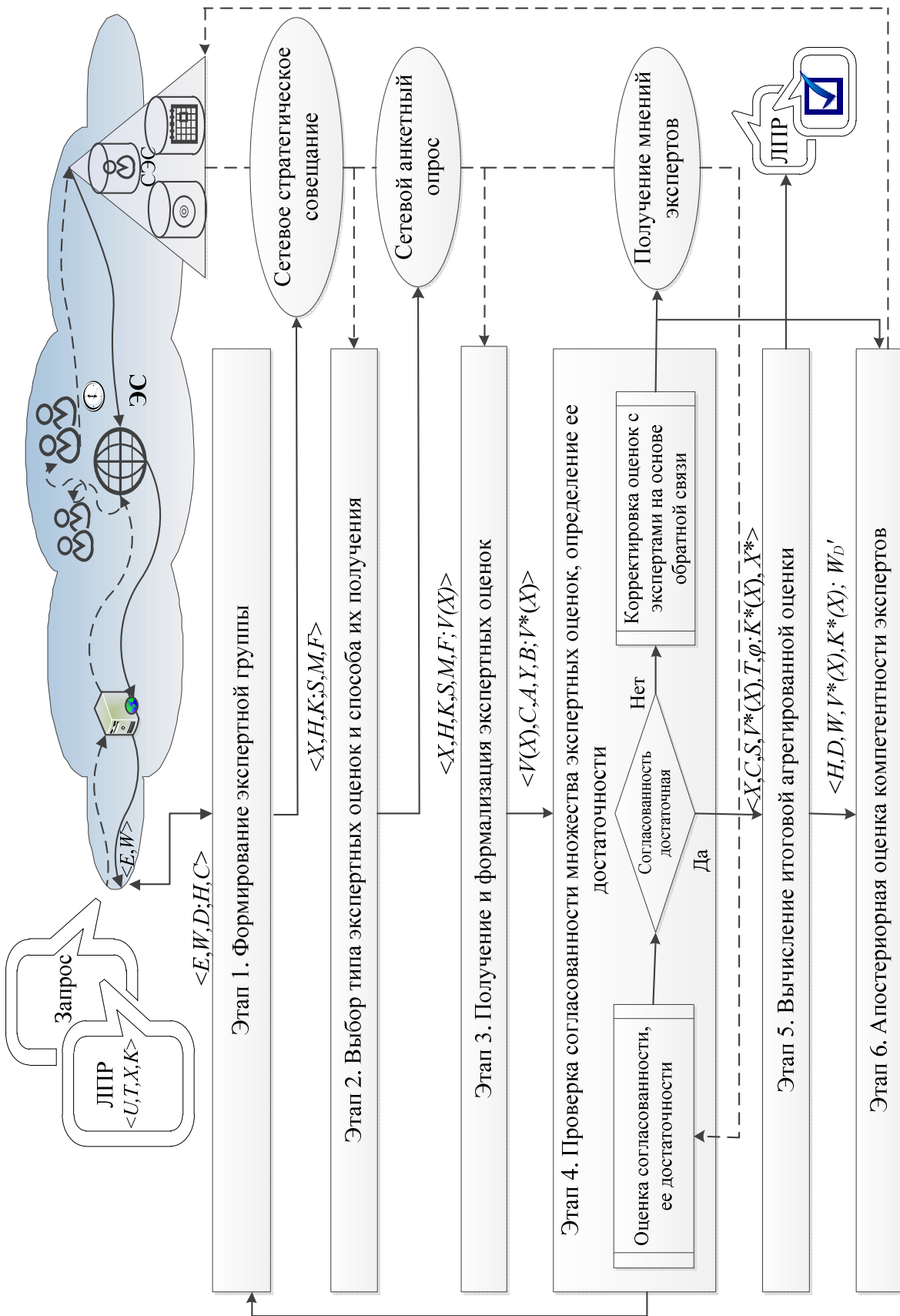


Рис. 1. Обобщенный алгоритм поддержки групповой экспертизы в распределенных экспертных сетях

С учетом изложенного информационная модель рассматриваемого этапа может быть представлена в следующем виде:

$$\langle E, W, D; H, C \rangle, \quad (1)$$

где компоненты E, W, D, H, C были определены ранее, при описании общей концептуальной модели задачи групповой экс-

$$C = (c_1, c_2, \dots, c_n); 0 < c_i < 1 (i = 1, \dots, n); \sum_{i=1}^n c_i = 1,$$

где n – численность экспертной группы. Значения c_i могут быть получены путем нормировки показателей w_i компетентности экспертов H_i в предметной области D ($i = 1, \dots, n$) на единичную сумму.

Этап 2. Выбор типа экспертных оценок и способа их получения

Целью данного этапа является информационное обеспечение последующих этапов решения задачи, что подразумевает создание необходимых условий для дальнейшей формализации экспертных оценок, а также выбор алгоритмов и процедур оценивания.

Возможны два подхода к экспертной оценке объектов с последующим агрегированием индивидуальных оценок для получения итоговой групповой оценки: ординальный и кардинальный [12; 13]. При ординальном подходе каждый эксперт ранжирует объекты по некоторому признаку, а задача оценивания состоит в определении результирующих рангов объектов. Кардинальный подход обеспечивает решение более общей задачи – определение количественных показателей абсолютной либо относительной эффективности объектов в отношении заданного свойства. Соответственно кардинальной абсолютной оценкой называется число, измеряющее

пертизы. Отметим, что если информация S_0 компетентности экспертов в контексте решаемой задачи задана в виде набора степеней относительной компетентности экспертов, то она допускает следующее формальное представление:

После завершения этапа формирования экспертной группы модератор организует сетевое стратегическое совещание с целью выработки сценария дальнейшей работы и выбора типа экспертных оценок.

характеристику отдельно взятого объекта вне его связи с остальными, а кардинальной относительной оценкой – число, характеризующее степень выраженности оцениваемого свойства по отношению к остальным объектам.

Определившись с типом экспертных оценок, следует разработать оценочную систему, в состав которой входят:

- шкала S , используемая для представления оценок по критерию K ;
- алгоритм M получения и формализации экспертных оценок;
- множество F ограничений, связанных с параметрами процедуры оценивания.

Таким образом, с учетом модели (1), информационная модель рассматриваемого этапа может быть представлена в виде

$$\langle X, H, K; S, M, F \rangle. \quad (2)$$

Этап 3. Получение и формализация экспертных оценок

Результатом данного этапа является формализованное представление оценок объектов, полученных от экспертов. Конкретный вид формализованного представления оценок зависит от выбранного на предыдущем этапе подхода к оцениванию. При ординальном подходе экспертные оценки будут представлены в виде множества индивидуальных ранжирований, при кардинальном подходе – в виде множества

числовых значений (для случая абсолютных оценок) либо множества индивидуальных матриц парных сравнений [249] (для случая относительных оценок).

Информационная модель указанного этапа формируется на основе связи между описанием объектов и их оценками, т.е. цепочки «объект – критерий – экспертная оценка». С учетом (2) она может быть представлена следующим образом:

$$\langle X, H, K, S, M, F; V(X) \rangle, \quad (3)$$

где $V(X) = \{V_i(X) \mid i = 1, \dots, n\}$ – множество наборов формализованных индивидуальных оценок объектов по критерию K . В зависимости от выбранной оценочной системы набор оценок $V_i(X)$, полученный от i -го эксперта, может быть представлен:

- при ординальном оценивании – множеством индивидуальных ранжирований $R_i = \{r_{ij}\} (j = 1, \dots, m)$;
- при кардинальном абсолютном оценивании – множеством количественных оценок $Q_i = \{q_{ij}\} (j = 1, \dots, m)$;
- при кардинальном относительном оценивании – индивидуальными матрица-

ми парных сравнений $D_i = \{d_{jk}^i\}$, где d_{jk}^i – оценка степени превосходства объекта X_j над X_k по критерию K , полученная от i -го эксперта.

Процедура оценивания объектов выполняется всякий раз по мере расширения множества объектов X .

Этап 4. Проверка согласованности множества экспертных оценок, определение ее достаточности

Целью данного этапа является решение вопроса о возможности использования множества экспертных оценок $V(X)$ для получения итоговой агрегированной оценки либо о выделении некоторого значимого его подмножества, на основе которого можно вычислить состоятельную агрегированную оценку.

Существует множество методов оценки согласованности, каждый из которых ориентирован на работу с конкретным типом экспертных оценок [12]. Определившись с методом оценки согласованности множества экспертных суждений, следует выбрать критерий оценки ее достаточности (устанавливающий возможность использования множества $V(X)$ для дальнейшей обработки), а также сформировать процедуру повышения согласованности на основе технологии обратной связи с экспертами.

В традиционных задачах групповой экспертизы общая идея методов обработки экспертных оценок заключается в аккумуляции мнений экспертов «в одной комнате». При распределенной работе экспертов возможность непосредственной коммуникации отсутствует, что приводит к затруднению процесса согласования оценок и увеличению времени на достижение согласованности. Кроме того, как отмечалось ранее, модель оценки согласо-

ванности экспертных суждений и методы повышения согласованности должны учитывать различия уровня компетентности экспертов в предметной области решаемой задачи. С учетом этого механизм обратной связи с экспертами реализуется с помощью сетевой экспертной процедуры – получения комментариев экспертов по запросу.

В процессе повышения согласованности множества экспертных оценок $V(X)$ может быть получен один из следующих результатов [12]:

- 1) множество не удалось согласовать, и группа экспертов подлежит замене;
- 2) изначально множество было несогласованным, но его удалось согласовать за счет пересмотра некоторыми экспертами своих оценок;
- 3) множество было согласованным изначально.

Таким образом, информационная модель рассматриваемого этапа имеет следующий вид:

$$\langle V(X), C, A, Y, B; V^*(X) \rangle, \quad (4)$$

где A – алгоритм определения оценки согласованности множества $V(X)$ с учетом информации C о компетентности экспертов; Y – критерий оценки достаточности согласованности; B – алгоритм организации обратной связи с экспертами; $V^*(X)$ – множество согласованных экспертных оценок.

Этап 5. Вычисление итоговой агрегированной оценки

Данный этап представляет собой заключительное звено процесса группового экспертного оценивания, и основным его содержанием является выбор агрегирующей функции φ и ее применение к согласованному множеству оценок $V^*(X)$.

Функция φ выбирается с учетом типа экспертных оценок и шкалы S , используемой для их представления, поскольку эти параметры определяют возможность и правомерность применения тех или иных методов агрегирования [2; 12]. Кроме того, данная функция должна учитывать информацию C о компетентности экспертов.

С учетом этого получаем следующую информационную модель данного этапа:

$$\langle X, C, S, V^*(X), T, \varphi; K^*(X), X^* \rangle, \quad (5)$$

Этап 6. Апостериорная оценка компетентности экспертов

Как уже отмечалось, компетентность экспертов оценивается в контексте предметной области, к которой относится рассматриваемая проблема. Как правило, априорной информации для оценки компетентности экспертов недостаточно и требуется ее уточнение, которое может производиться на основе фактических данных о работе эксперта в группе. Например, компетентность эксперта в некоторый момент времени может зависеть от эффективности его работы в предыдущих задачах оценивания. В качестве показателя эффективности можно рассматривать относительную частоту случаев, когда индивидуальное мнение эксперта совпадало с итоговым мнением группы. Очевидно, что получаемые таким образом оценки компетентности являются динамическими и их точность будет зависеть от длительности работы группы, т.е. от количества рассмотренных совместно проблем, по которым принимались групповые решения.

Таким образом, на данном этапе следует оценить фактическую эффективность работы эксперта в контексте решенной задачи и на основе этого произвести уточне-

где $K^*(X) = \{K^*(x_1), K^*(x_2), \dots, K^*(x_m)\}$ – набор итоговых агрегированных оценок объектов множества X ; X^* – итоговое решение задачи, зависящее от ее типа. В частности, для задачи отбора X^* представляет собой подмножество объектов, отобранных для дальнейшего анализа; для задачи ранжирования – список элементов исходного множества X , упорядоченный по предпочтительности; для задачи оценивания X^* совпадает с множеством итоговых оценок $K^*(X)$.

Информация о решенной задаче передается в базу знаний и сохраняется в ней для обеспечения возможности повторного использования.

ние показателя компетентности эксперта в соответствующей предметной области.

Информационная модель рассматриваемого этапа может быть представлена следующим образом:

$$\langle H, D, W, V^*(X), K^*(X); W'_D \rangle, \quad (6)$$

где W'_D – результат корректировки матрицы компетентности экспертов W для предметной области D .

В рамках рассмотренного обобщенного алгоритма поддержки групповой экспертизы для организации распределенного взаимодействия экспертов могут быть использованы следующие виды сетевых экспертных процедур [1]: получение комментариев экспертов по запросу, сетевой анкетный опрос, текущий и проблемно-ориентированный мониторинг ситуации, сетевой экспертный мозговой штурм, сетевое стратегическое совещание. Перечисленные процедуры позволяют учитывать специфику методов отбора экспертов и формирования экспертной группы, способов опроса экспертов и организации обратной связи с ними, методов получения и обработки экспертной информации.

Обобщенная математическая модель поддержки групповой экспертизы

Результаты построения обобщенного алгоритма и формирования информационных моделей поддержки групповой экспертизы в распределенной среде позволили выделить основные этапы данного процесса и информационные связи между ними, а также определить набор сетевых экспертных процедур, необходимых для информационного обеспечения процесса поддержки. С целью обеспечения возможности автоматизации указанного процесса требуется разработка и исследование математических моделей его этапов.

Анализ рис. 1 и формул (1- 6) позволяет сделать вывод, что в рамках общей задачи математического моделирования поддержки групповой экспертизы можно выделить две относительно независимые подзадачи: построение формализованной процедуры проведения групповой экспертизы и разработка комплекса математических моделей обработки результатов экспертизы. Первая из этих подзадач связана с этапами 1-3 и включает в себя построение моделей формирования оптимального состава экспертной группы и непосредственного проведения экспертного оценивания с представлением результатов в выбранной шкале. Вторая подзадача связана с этапами 4-6 и направлена на построение комплекса моделей, целью которых является получение итогового результата в соответствии с целью экспертизы, а также оценка фактической эффективности работы экспертов.

Задача разработки формализованной процедуры проведения групповой экспертизы достаточно широко освещена в литературе, и к настоящему моменту разработано множество методов ее решения (см., например, [2; 8; 11-13]). Здесь следует особо отметить работу [13], в которой показано, что все многообразие проблем экспертного оценивания в различных предметных областях может быть сведено к конечному набору формализованных задач определения экспертных оценок различных типов, что позволяет разработать соответствующие алгоритмы и программы для их решения. Также можно отметить работу [8], в которой дается обзор существ-

ствующих методов формирования экспертной группы и предлагается общий концептуальный подход к выбору и априорному оцениванию компетентности экспертов.

Рассмотрим более подробно задачу обработки результатов групповой экспертизы и построения комплекса математических моделей для ее информационной и программной поддержки. Обобщая содержание соответствующих этапов обобщенного алгоритма, можно выделить следующие основные цели обработки результатов экспертизы:

- 1) обеспечение возможности использования индивидуальных экспертных оценок для формирования итоговой групповой оценки, удовлетворяющей требованиям непротиворечивости и состоятельности;
- 2) непосредственное вычисление итоговой групповой оценки;
- 3) оценка фактической эффективности работы каждого эксперта в группе.

При этом, как отмечалось ранее, при достижении первой из перечисленных целей необходимо не просто оценивать согласованность экспертных суждений, но и обеспечивать меры, направленные на ее повышение. Кроме того, долгосрочный характер существования экспертной сети и возможность многократного привлечения каждого эксперта к оценочной деятельности позволяют осуществлять динамическую оценку его компетентности по результатам предыдущей работы.

Таким образом, комплекс моделей обработки результатов экспертизы должен включать в себя:

– модель управления согласованностью экспертных суждений, обеспечивающую как механизмы оценки согласованности для множеств экспертных оценок различных типов с учетом компетентности экспертов, так и механизмы повышения согласованности с использованием формализованных процедур обратной связи с экспертами;

– модель агрегирования экспертных оценок, позволяющую обрабатывать экспертные оценки различных типов с учетом компетентности экспертов;

– модель апостериорной динамической оценки компетентности экспертов, предоставляющую механизм уточнения значений показателя компетентности каждого эксперта в предметной области на ос-

нове фактической эффективности его работы.

Структура обобщенной математической модели поддержки групповой экспертизы с детализированным представлением комплекса моделей обработки результатов экспертизы показана на рис. 2.

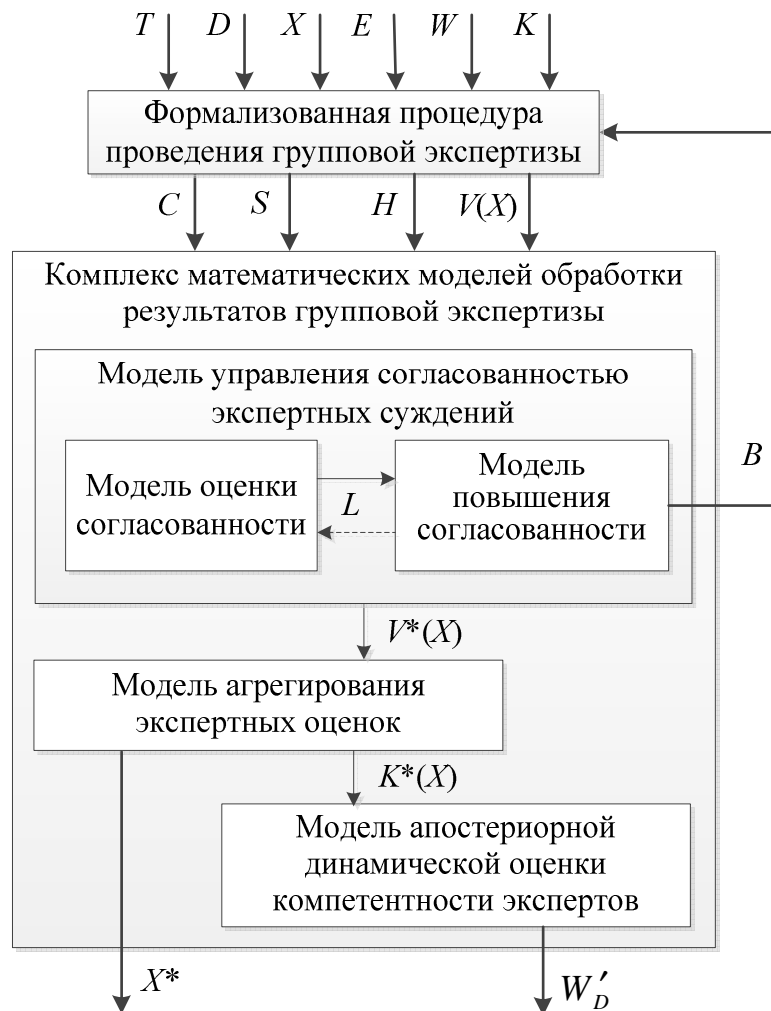


Рис. 2. Обобщенная математическая модель поддержки групповой экспертизы

Выводы и направления дальнейших исследований

Разработка научно-методических основ и создание информационно-аналитических систем поддержки принятия групповых решений в распределенной среде в настоящее время является актуальным направлением исследований, в рамках которого возникают задачи, связанные с созданием новых и развитием существующих математических моделей принятия групповых решений, учитывающих распределенный характер взаимодействия ЛПР, экспертов, аналитиков и других уча-

стников данного процесса. Проведенные исследования позволили выделить особенности таких моделей и предъявляемые к ним требования, а также определить состав комплекса моделей обработки результатов групповой экспертизы, построение и исследование которых представляет собой первоочередную задачу для разработки распределенной информационной системы поддержки групповых экспертиз и, соответственно, является направлением дальнейших исследований. В качестве мето-

логической основы для их построения планируется использовать существующие подходы к организации и управлению сетевой экспертной деятельностью в комбинации с математическим аппаратом теории

экспертных оценок и групповых решений, в том числе полученные авторами ранее результаты, опубликованные в работах [3; 5-7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губанов, Д.А. Сетевая экспертиза / Д.А. Губанов, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков, А.Н. Райков. – 2-е изд. – М.: Эгвес, 2011. – 166 с.
2. Литвак, Б.Г. Экспертные технологии в управлении / Б.Г. Литвак. – М.: Дело, 2004. – 400 с.
3. Михалева, О.А. Математические модели поддержки принятия групповых решений в распределенной среде / О.А. Михалева, Е.А. Козлов, А.А. Вершинин // CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование. – 2016. – № 2. – С. 37-43.
4. Павлов, А.Н. Особенности работы с экспертами в вычислительных сетях / А.Н. Павлов // Научно-техническая информация. Серия 1, Организация и методика информационной работы. – 2006. – №7. – С. 14-23.
5. Подвесовский, А.Г. Динамическая оценка компетентности экспертов в моделях принятия групповых решений / А.Г. Подвесовский // Ситуационные центры. Современные информационно-аналитические технологии поддержки принятия решений: материалы науч.-практ. конф. / под общ. ред. А.Н. Данчула. – М.: Изд-во РАГС, 2011. – С. 256-263.
6. Подвесовский, А.Г. Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений / А.Г. Подвесовский, Д.Г. Лагерева, Д.А. Коростелев // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2009. – № 4 (24). – С. 77-84.
7. Подвесовский, А.Г. Обобщенный алгоритм определения согласованных групповых кардинальных оценок с учетом компетентности экспертов / А.Г. Подвесовский, О.А. Михалева // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: тр. II междунар. конф. – Уфа: УГАТУ, 2014. – Т. 1. – С. 58-64.
8. Постников, В.М. Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений / В.М. Постников // Наука и образование: электрон. науч.-техн. журн. – 2012. – № 5. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/360720.html> (дата обращения: 29.06.2016).
9. Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития / Н.И. Ильин, Н.Н. Демидов, Е.В. Новикова. – М.: Медиа Пресс, 2011. – 336 с.
10. Славин, Б.Б. Современные экспертные сети / Б.Б. Славин // Открытые системы. – 2014. – №7. – С. 30-33. – URL: <http://www.osp.ru/os/2014/07/13042916/> (дата обращения: 29.06.2016).
11. Тоценко, В.Г. Исследование методов группового экспертного оценивания экспертами, работающими в INTERNET / В.Г. Тоценко, В.В. Цыганок // Реестрация, зберігання та оброб. даних. – 2004. – Т. 6. – № 2. – С. 81-87.
12. Тоценко, В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко. – Киев: Наукова думка, 2002. – 378 с.
13. Тоценко, В.Г. Об унификации алгоритмов организации экспертиз / В.Г. Тоценко // Проблемы правовой информатизации. – 2006. – № 2(12). – С. 96-101.
14. Экспертные сети и технология посткраудсорсинга. – URL: <http://www.starbase.ru> (дата обращения: 29.06.2016).
15. Foundation – Skolkovo Community. – URL: <http://sk.ru/foundation/> (дата обращения: 29.06.2016).
1. Gubanov, D.A. *Network Examination* / D.A. Gubanov, N.A. Korgin, D.A. Novikov, A.N. Raikov. – 2-d Ed. – M.: Egves, 2011. – pp. 166.
2. Litvak, B.G. *Expert Techniques in Management* / B.G. Litvak. – M.: Delo, 2004. – pp. 400.
3. Mikhalyova, O.A. Simulators of group decision-making support in distributed environment / O.A. Mikhalyova, E.A. Kozlov, A.A. Vershinin // CONTINUUM. Mathematics. Informatics. Education. – 2016. – № 2. – pp. 37-43.
4. Pavlov, A.N. Peculiarities of work with experts in computer networks / A.N. Pavlov // *Scientific-Technical Information. Series 1, Organization and Procedure of Information Work*. – 2006. – №7. – pp. 14-23.
5. Podvesovsky, A.G. Dynamic assessment of experts' competence in models of decision-making / A.G. Podvesovsky // *Situation Centers. Modern Information-Analytical Techniques of Decision-making Support: Proceedings of the Scientific-Pract. Conf.* / under the general editorship of A.N. Danchul. – M.: Publishing House of RASC, 2011. – pp. 256-263.
6. Podvesovsky, A.G. Fuzzy cognitive models application for formation of a set of alternatives in decision-making problems / A.G. Podvesovsky, D.G. Lagereva, D.A. Korostelev // *Bulletin of Bryansk*

- State Technical University*. – 2009. – № 4 (24). – pp. 77-84.
7. Podvesovsky, A.G. Generalized algorithm for definition of agreed group cardinal assessments taking into account experts' competence / A.G. Podvesovsky, O.A. Mikhalyova // *Information Techniques for Intellectual Support of Decision-Making: Proceedings of the II-d Inter. Conf.* –Ufa: USATU, 2014. – Vol. 1. – pp. 58-64.
 8. Postnikov, V.M. Analysis of approaches to formation of expert group directed to preparation and decision-making // *Science and Education: electronic scientific-tech. journal*. – 2012. – № 5. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/360720.html> (address date: 29.06.2016).
 9. *Situation Centers. Experience, State, Development Trends* / N.I. Iliyn, N.N. Demidov, E.V. Novikova. – M.: Media Press, 2011. – pp. 336.
 10. Slavin, B.B. Modern expert networks / B.B. Slavin // *Open Systems*. – 2014. – №7. – pp. 30-33.–URL: <http://www.osp.ru/os/2014/07/13042916/> (дата обращения: 29.06.2016).
 11. Totsenko, V.G. *Investigation of Methods of Group Expert Assessment by Experts Working in INTERNET*/ V.G. Totsenko, V.V. Tsyganok // Реєстрація, зберігання та оброб. даних. – 2004. – Vol. 6. – № 2. – pp. 81–87.
 12. Totsenko, V.G. *Methods and Systems of Decision-Making Support. Algorithmic Aspect* / V.G. Totsenko. – Kiev : Науковадумка, 2002. – pp. 378.
 13. Totsenko, V.G. On Unification of algorithms for examinations organization / V.G. Totsenko // *Legal Information Problems*. – 2006. –№ 2(12). – pp. 96-101.
 14. Expert Networks and Technology of post-crowdsourcing. – URL: <http://www.starbase.ru> (address date: 29.06.2016).
 15. Foundation – Skolkovo Community. – URL: <http://sk.ru/foundation/> (address date: 29.06.2016).

Статья поступила в редколлегию 18.07.2016.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета
Аверченков В.И.

Сведения об авторах:

Подвесовский Александр Георгиевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета, тел.: (4832) 56-09-84, e-mail: apodv@tu-bryansk.ru.

Podvesovsky Alexander Georgievich, Can. Eng., Assistant Prof., Head of the Dep. “Informatics and Software”, Bryansk State Technical University, Phone: +7 (4832) 56-09-84, E-mail: apodv@tu-bryansk.ru.

Михалева Оксана Алексеевна, ст. преподаватель кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета, тел.: (4832) 56-09-84, e-mail: gordonmi@mail.ru.

Mikhalyova Oksana Alexeevna, Senior Lecturer of the Dep. “Informatics and Software”, Bryansk State Technical University, Phone: +7 (4832) 56-09-84, E-mail: gordonmi@mail.ru