

Подход к построению модели объекта экспертизы с возможностью корректировки компетентности экспертов и оценки деятельности рабочей группы. Часть 1. Метод построения атрибутивной модели

Е. А. Бурков[✉], П. И. Падерно

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

[✉] eaburkov@gmail.com

Аннотация. Предлагаемый метод относится к группе методов экспертного оценивания и включает в себя опрос специалистов в исследуемой области и последующий многоступенчатый анализ полученных экспертных оценок. Применение метода разбито на четыре стадии: подготовительную, оценочную, аналитическую и заключительную, которые в свою очередь разбиты на этапы. Особое внимание уделено комплексу работ, выполняемых на аналитической стадии метода. Основная цель метода заключается в построении результирующей атрибутивной модели объекта экспертизы, при этом рассматриваются только показатели, а не их взаимосвязи. Построенная атрибутивная модель служит основой как для корректировки коэффициентов компетентности экспертов с учетом эффективности их работы, так и для выявления и оценки недостатков, допущенных рабочей группой при подготовке экспертизы. Последующее развитие атрибутивной модели позволит в будущем перейти к семантической модели, учитывающей взаимосвязи отдельных показателей и используемой для оценки качества объекта экспертизы с применением метода анализа иерархий.

Ключевые слова: атрибутивная модель, рабочая группа, объект экспертизы, опрос, показатели, экспертиза, эксперты

Для цитирования: Бурков Е. А., Падерно П. И. Подход к построению модели объекта экспертизы с возможностью корректировки компетентности экспертов и оценки деятельности рабочей группы. Часть 1. Метод построения атрибутивной модели // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2025. Т. 18, № 5. С. 33–44. doi: 10.32603/2071-8985-2025-18-5-33-44.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Original article

Approach to Building a Model of the Object of Expertise with the Possibility of Adjusting the Competence of Experts and Evaluating the Activities of the Working Group. Part 1. The Method of Constructing an Attribute Model

E. A. Burkov[✉], P. I. Paderno

Saint Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg, Russia

[✉] eaburkov@gmail.com

Abstract. The proposed method belongs to the group of expert assessment methods and includes a survey of specialists in the field under study and a subsequent multi-stage analysis of the expert assessments obtained. The application of the method is divided into four stages: preparatory, evaluative, analytical and final, which in turn are divided into stages. Special attention is paid to the complex of works performed at the analytical stage of the method. The main purpose of the method is to build the resulting attribute model of the object of expertise, while considering only the indicators, and not their interrelationships. The constructed attributive model is the basis for both adjusting the competence coefficients of experts, taking into account the effectiveness of

their work, and for identifying and evaluating the shortcomings made by the working group during the preparation of the expertise. The subsequent development of the attribute model allows to move on to a semantic model that takes into account the interrelationships of individual indicators and is used to assess the quality of the object of expertise using the analytic hierarchy process.

Keywords: attribute model, working group, object of expertise, survey, indicators, expertise, experts

For citation: Burkov E. A., Paderno P. I. Approach to Building a Model of the Object of Expertise with the Possibility of Adjusting the Competence of Experts and Evaluating the Activities of the Working Group. Part 1. The Method of Constructing an Attribute Model // LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2025. Vol. 18, no. 5. P. 33–44. doi: 10.32603/2071-8985-2025-18-5-33-44.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Важнейший этап решения задач многокритериального выбора и экспертиз, направленных на сравнительный анализ альтернатив или оценку качества сложных объектов (например, технических или информационных систем) – построение семантической модели предметной (проблемной) области, либо некоторого объекта из нее. Образующими элементами такой семантической моде-

ной области, класса объектов или конкретного объекта экспертизы (ОЭ).

Рассматриваемый далее метод базируется на методологии экспертного оценивания [2], [3] и для получения входных данных требует проведения опроса специалистов в области принадлежности ОЭ. Далее выполняется многоступенчатый анализ полученных экспертных оценок, направ-

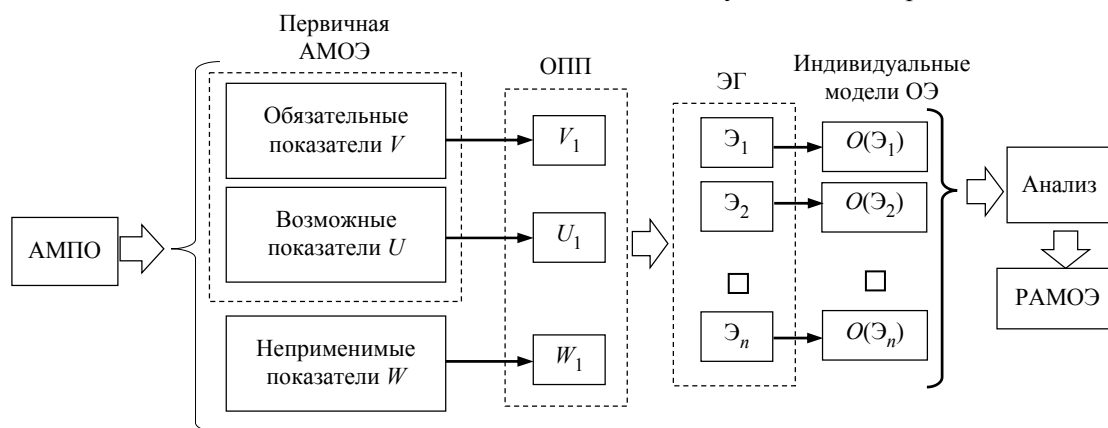


Рис. 1. Схема построения результирующей атрибутивной модели объекта экспертизы

Fig. 1. Scheme of construction of the resulting attribute model of the object of expertise

ли выступают значимые атрибуты (критерии, показатели, свойства, характеристики и т. п.), которые следует учитывать при подготовке решения. Многие подходы и методы системного анализа и принятия решений базируются на использовании семантических моделей иерархического типа – например, предложенный Т. Саати метод анализа иерархий [1], – но при этом не обеспечивают ЛПР¹ средствами для их формирования. Поэтому актуальной представляется задача разработки метода, позволяющего полностью либо фрагментарно формализовать процесс построения семантической и/или атрибутивной модели² предмет-

ленный на достижение основной цели метода – построение результирующей атрибутивной модели объекта экспертизы (РАМОЭ), детализированная схема построения которой приведена на рис. 1) посредством корректировки и дополнения первичной атрибутивной модели объекта экспертизы (АМОЭ). Общая стадийно-этапная схема метода приведена на рис. 2.

Дополнительными задачами, реализуемыми на заключительной стадии, которые позволяют решить данный метод, служат корректировка коэффициентов компетентности³ экспертов с учетом эффективности их работы, а также выявление

¹ ЛПР – лицо, принимающее решение, широко употребляемый в теории принятия решений и менеджменте термин.

² Отличие атрибутивной модели от семантической заключается в отсутствии в первой каких-либо зависимостей или связей между элементами (атрибутами). Выявление связей

между отдельными элементами позволяет преобразовать атрибутивную модель в более сложную семантическую.

³ Предполагается, что привлекаемые к данной экспертизе эксперты уже имеют некоторые априорные оценки их компетентности [4], [5].

ние, анализ и оценка недостатков, допущенных рабочей группой (РГ) при подготовке опроса экспертов. В результате анализа экспертной информации определяется апостериорная оценка компетентности каждого эксперта, которая сравнивается с его априорной оценкой, полученной до проведения опроса. При наличии существенных различий между ними апостериорная оценка корректируется, чтобы она адекватно отражала уровень профессиональных знаний и специализированных навыков эксперта.



Рис. 2. Стадии и этапы метода
Fig. 2. Phases and stages of the method

Этап 1. Подготовка предварительных атрибутивных моделей. РГ подготавливает *атрибутивную модель предметной области*⁴ (АМПО) –

⁴ АМПО представляет собой широкопрофильный шаблон для выделения АМОЭ, конкретизирующей элементарную базу (состав модели) для выбранного класса объектов или конкретного ОЭ. Следовательно, АМПО должна в первую очередь обладать свойством широты и многообразия входящих в нее атрибутов, а уточнение их адекватности конкретному ОЭ (идентификация элементов модели ОЭ) происходит в процессе перехода сначала к первичной (ПАМОЭ), а затем – к результирующей модели (РАМОЭ). Таким образом, РГ может использовать для формирова-

перечень общих и частных свойств и характеристик, которые в будущем могут быть представлены в виде вершин иерархической структуры показателей исследуемого ОЭ. Далее на основе анализа информационных источников (литературных или электронных), своего опыта проведения подобных экспертиз, а также имеющихся знаний о предметной области в целом и ОЭ в частности РГ редуцирует АМПО до *первичной атрибутивной модели объекта экспертизы* (ПАМОЭ), содержащей показатели (атрибуты), релевантные конкретному объекту с точки зрения поставленной цели экспертизы (цель экспертизы может состоять, например, в оценке эргономичности интерфейса определенной информационной системы, относящейся к некоторому классу систем). В результате будут образованы множества показателей более релевантных и менее релевантных ОЭ (с учетом поставленной цели экспертизы), а также третье множество показателей, нерелевантных ОЭ:

– множество *обязательных* показателей $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$, использование которых по мнению РГ *целесообразно*, т. е. группа твердо уверена, что выполнение всесторонней оценки ОЭ невозможно без учета этих элементов АМПО;

– множество *возможных* показателей $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, использование которых по мнению РГ допустимо, но нет твердой уверенности, что необходимо для выполнения всесторонней оценки ОЭ, т. е. РГ не пришла к единому мнению относительно этих элементов АМПО;

– множество *неприменимых* показателей $W = \{w_1, w_2, \dots, w_l\}$, использование которых по мнению РГ *нецелесообразно*, т. е. это элементы АМПО, которые недопустимо или бесполезно использовать для всесторонней оценки ОЭ.

Таким образом, знания и представления РГ об ОЭ позволяют сформировать три непересекающихся множества показателей, и объединение первых двух из этих множеств образует ПАМОЭ: $O = V \cup U$, $V \cap U = \emptyset$, $V \cap W = \emptyset$, $U \cap W = \emptyset$. Третье множество показателей – множество W – служит важным дополнением к ПАМОЭ, так как специфику конкретного ОЭ отражают не только *обязательные* и *возможные*, но также и *неприменимые* для его оценки показатели.

ния АМПО и ПАМОЭ любые слабоформализованные методы принятия коллективных решений, например, различные варианты мозгового штурма [6]–[9].

Этап 2. Разработка анкеты и формирование опросного перечня показателей. На последующей стадии РГ должна провести опрос экспертов, опыт и знания которых необходимы для обеспечения обоснованного перехода от ПАМОЭ к РАМОЭ. Главная цель опроса экспертов состоит в том, чтобы определить для каждого элемента множества U целесообразность его включения в РАМОЭ, поскольку сама РГ не смогла решить эту задачу. Для проведения опроса РГ должна подготовить анкету, которая содержит два основных раздела: «Общие положения» и «Карта опроса».

В разделе «Общие положения» экспертам поясняется цель анкетирования, его особенности и сроки проведения. Кроме того, до экспертов доводится информация, что по результатам их участия в опросе оценки их компетентности, от которых зависит их востребованность как экспертов, а также, возможно, оплата участия в экспертизах, могут быть пересмотрены как в большую, так и в меньшую сторону. Эта информация призвана способствовать росту мотивации и внимания экспертов при выполнении анализа ОЭ и связанных с ним показателей.

В карте опроса или, иначе говоря, в опросном листе РГ приводит *опросный перечень показателей* (ОПП) X_1 , в который включаются показатели из множеств V , U и W , т. е. $X_1 = V_1 \cup U_1 \cup W_1$. Первоочередная задача экспертов – разрешить неопределенность, связанную с включением в модель ОЭ показателей множества U . Показатели же из множеств V и W , приведенные в ОПП, используются как *контрольные* – по ним РГ будет оценивать степень добросовестности и компетентности экспертов, а также сможет оценить собственные ошибки, допущенные на этапе построения ПАМОЭ.

Все предъявляемые экспертам в опросном листе показатели обязательно снабжаются подробными и четкими определениями и пояснениями. При этом показатели в опросном листе идут единым списком, упорядоченным в случайном или алфавитном порядке. Таким образом, на момент опроса эксперты не обладают информацией о выполненной РГ классификации показателей, приведенных в ОПП, т. е. им неизвестна как принадлежность показателей к одному из множеств V , U и W , так и сам факт разделения показателей на эти множества.

Распределение показателей в ОПП должно быть выполнено РГ таким образом, чтобы минимизировать пользу от работы экспертов и мини-

мизировать аналитическую нагрузку на них. Желательно, чтобы ОПП содержал все (или большую часть, если их очень много, например около 50) *возможные* показатели из множества U , которые не смогла однозначно классифицировать РГ. Что касается показателей из множеств V и W , то их переизбыток сделает работу экспертов сложнее, а недостаток не позволит полноценно использовать рассматриваемый метод. Поэтому рекомендуется использовать следующее примерное соотношение между *обязательными, возможными и неприменимыми* показателями в ОПП⁵:

$$(k_1 + l_1)/m_1 = \theta \in [0.2; 0.5];$$

$$l_1/(k_1 + l_1) = \varphi \in [0.15; 0.4],$$

где k_1 , l_1 , m_1 – соответственно мощности множеств показателей V_1 , U_1 и W_1 , которые должны быть сформированы таким образом, чтобы коэффициенты θ и φ , отражающие соотношение между размерами указанных множеств, находились в приведенных диапазонах.

При работе с опросным листом эксперты должны вычеркнуть (исключить из ОПП) показатели, которые, по их индивидуальному мнению, неприменимы для выполнения адекватной оценки ОЭ с учетом цели экспертизы. Кроме того, эксперты могут дополнять ОПП своими вариантами показателей, но с обязательным представлением их развернутого определения и достаточным обоснованием включения нового показателя в перечень. Для дополнительных показателей в опросном листе отводится особый раздел, содержащий поля, заполняемые экспертом, предложившим новый показатель.

Этап 3. Подбор экспертов. Если РГ регулярно проводит экспертизы определенного класса объектов, то у нее постепенно формируется пул или реестр экспертов – квалифицированных специалистов в области принадлежности ОЭ, с которыми РГ работала, работает и планирует это делать в дальнейшем. Таким образом, рано или поздно у РГ появляется возможность подбора экспертов для запланированной экспертизы, а вместе с этим возникает задача формирования экспертной группы, отвечающей определенному

⁵ Допустим, множество U состоит из десяти *возможных* показателей, т. е. их число невелико, поэтому следует включить в ОПП все десять таких показателей, а к ним добавить пять контрольных показателей – четыре *обязательных* показателя и один *неприменимый* или три *обязательных* и два *неприменимых* (зависит от предпочтений РГ).

набору требований, например со средним уровнем компетентности не ниже заданного, включающей экспертов с определенным минимальным уровнем компетентности, и т. п. Постановка и решение такой задачи обычно базируются на двух принципиально различных подходах к оцениванию компетентности экспертов – априорном и апостериорном. Первый подход предполагает использование некоторой процедуры, позволяющей оценить уровень знаний и квалификацию эксперта *до стадии получения экспертных оценок*. Вторым подходом используется аналогичную по назначению процедуру, которая выводит коэффициенты компетентности экспертов на основе специфического анализа экспертных оценок, обычно заключающегося в выявлении близости оценок экспертов к некоторому идеалу или эталону, т. е. в этом случае *опрос экспертов должен быть уже проведен*. Таким образом, важным преимуществом методов, реализующих априорный подход, служит возможность их применения на стадии подготовки экспертизы, что позволяет заранее исключить из группы малокомпетентных экспертов. Однако апостериорные методы лучше формализованы и имеют проработанную математическую составляющую, позволяющую использовать коэффициенты компетентности экспертов на этапе обработки и анализа экспертных оценок. Главный минус подобных методов – поздняя стадия применения, что не позволяет заблаговременно подобрать или изменить состав экспертной группы. Однако в том случае, когда эксперты выбираются из уже установленного реестра, этот недостаток легко устранить, отслеживая динамику коэффициента компетентности каждого эксперта от экспертизы к экспертизе [5].

Будем полагать, что для опроса, запланированного на предыдущем этапе, РГ собирается привлечь уже работавших ранее с этой группой экспертов $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_N$, следовательно, априорные оценки⁶ компетентности этих экспертов уже известны РГ и представляют собой апостериорные оценки, полученные по итогам прошлых экспертиз, в которых эти эксперты принимали участие: $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N, \alpha_i \in [\alpha_{\min}; \alpha_{\max}]$. Если это не так, то для априорной оценки компетентности новых экспертов РГ может использовать различные методы получения таких оценок [5].

⁶ Чем выше уровень компетентности эксперта, тем больше оценка (коэффициент) компетентности эксперта. Шкала, по которой оценивается компетентность, может быть произвольной, но чаще всего используется шкала [0; 1].

Тогда задачу формирования экспертной группы можно свести к аналогу задачи о назначениях, в которой максимизация целевой функции реализует подбор компетентных экспертов. Дополнительно можно ввести ограничение расходов на оплату деятельности экспертной группы в целом f^* , полагая, что оплата работы каждого эксперта зависит от его уровня компетентности, ограничение на минимальный и максимальный размеры экспертной группы, а также ограничение на минимальный уровень компетентности отдельного эксперта α^* . Формально данную задачу можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N \alpha_i x_i \rightarrow \max, \\ \sum_{i=1}^N f(\alpha_i) x_i \leq f^*, \\ f(\alpha_i) \in [0; f(\alpha_{\max})], \\ n_{\min} \leq \sum_{i=1}^N x_i \leq n_{\max}, \\ \alpha_{\min} \leq \alpha^* \leq \alpha_i \leq \alpha_{\max}, \\ x_i \in \{0; 1\}. \end{cases}$$

Далее будем полагать, что в результате решения задачи подбора экспертов РГ сформировала экспертную группу из $n = \sum_{i=1}^N x_i$ компетентных экспертов.

Этап 4. Предоставление анкет экспертам. Экспертам $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_n$ выдаются для заполнения анкеты, в карте опроса которых приведен ОПП: $X_1 = V_1 \cup U_1 \cup W_1, V_1 = \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1k_1}\} \subseteq V, k_1 \leq k, U_1 = \{u_{11}, u_{12}, \dots, u_{1m_1}\} \subseteq U, m_1 \leq m, W_1 = \{w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1l_1}\} \subseteq W, l_1 \leq l$, где k, l, m – мощности множеств показателей V, U и W соответственно. Не попавшие в опросный лист *обязательные, возможные и неприменимые* показатели образуют множества V_0, U_0 и W_0 , которые для удобства дальнейшего рассмотрения можно совместно представить в виде множества показателей $X_0 = (V \setminus V_1) \cup (U \setminus U_1) \cup (W \setminus W_1) = V_0 \cup U_0 \cup W_0, X_1 \cap X_0 = \emptyset, X_1 \cup X_0 = \hat{X}$. Далее будем для простоты изложения называть показатели, приведенные в ОПП (множество X_1), *открытыми* показателями, а показатели, которые в ОПП отсутствуют (множество X_0), – *скрытыми* показателями.

Этап 5. Получение результатов опроса. Результатом работы каждого i -го эксперта на данном этапе служит *индивидуальная* модель ОЭ $O(\Theta_i)$, имеющая вид перечня показателей, которые по мнению эксперта должны быть включены в иерархическую структуру, отражающую ключевые свойства и характеристики объекта экспертизы. Показатели, входящие в $O(\Theta_i)$, можно разделить на следующие подмножества:

- не вычеркнутые из опросного листа i -го эксперта показатели $V_1(\Theta_i) = \{v_{1i1}, v_{1i2}, \dots, v_{1ij_i}\} \subseteq V_1$, которые РГ относит к категории *обязательных* показателей;

- не вычеркнутые из опросного листа i -го эксперта показатели $U_1(\Theta_i) = \{u_{1i1}, u_{1i2}, \dots, u_{1ij_i}\} \subseteq U_1$, которые РГ относит к категории *возможных* показателей;

- не вычеркнутые из опросного листа i -го эксперта показатели $W_1(\Theta_i) = \{w_{1i1}, w_{1i2}, \dots, w_{1is_i}\} \subseteq W_1$, которые РГ относит к категории *неприменимых* показателей;

- показатели $D(\Theta_i) = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ig_i}\}$, которые были *добавлены* в опросный лист i -м экспертом.

Этап 6. Структурирование мнений экспертов. Часть добавленных экспертами показателей может входить в ПАМОЭ, но при этом отсутствовать в ОПП, т. е. это *скрытые* показатели, которые РГ не посчитала нужным включать в опросный лист. Добавление экспертом *скрытых* показателей в свой опросный лист говорит либо о тщательности его работы и совпадении его мнения с мнением РГ, если добавленный показатель относится к множеству *обязательных* V , либо о расхождении его мнения с мнением РГ, если добавленный показатель относится к множеству *неприменимых* W . В обоих случаях этот факт должен быть установлен, поэтому для каждого эксперта выявляются пересечения множества показателей, *добавленных* в опросный лист данным экспертом, с подмножествами *обязательных*, *возможных* и *неприменимых* показателей множества *скрытых* показателей⁷:

$$V_0(\Theta_i) = V_0 \cap D(\Theta_i), U_0(\Theta_i) = U_0 \cap D(\Theta_i), \\ W_0(\Theta_i) = W_0 \cap D(\Theta_i).$$

Элементы множества $D(\Theta_i)$, которые не могут быть отнесены ни к одному из множеств $V_0(\Theta_i)$, $U_0(\Theta_i)$ и $W_0(\Theta_i)$, представляют собой в принципе неучтенные РГ *абсолютно новые* показатели

$$Z(\Theta_i) = \{z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iq_i}\} = D(\Theta_i) \setminus (V_0(\Theta_i) \cup \\ \cup U_0(\Theta_i) \cup W_0(\Theta_i)),$$

т. е. показатели, которые изначально отсутствовали в АМПО, на основе которой РГ формировала ПАМОЭ, а затем ОПП:

$$Z(\Theta_i) \cap V = \emptyset, Z(\Theta_i) \cap U = \emptyset, Z(\Theta_i) \cap W = \emptyset, \\ Z(\Theta_i) \cap O = \emptyset, Z(\Theta_i) \cap \hat{X} = \emptyset.$$

Таким образом, показатели, образующие каждую индивидуальную модель ОЭ $O(\Theta_i)$ можно окончательно разделить на следующие подмножества:

- $V(\Theta_i) = V_1(\Theta_i) \cup V_0(\Theta_i)$, где $V_1(\Theta_i) = \{v_{1i1}, v_{1i2}, \dots, v_{1ij_i}\} \subseteq V_1$ – *открытые обязательные* показатели, которые i -й эксперт не вычеркнул из опросного листа; $V_0(\Theta_i) = \{v_{0i1}, v_{0i2}, \dots, v_{0ij_{i0}}\} \subseteq V_0$ – *скрытые обязательные* показатели, которые i -й эксперт сам добавил в опросный лист; выполняется равенство $j_{i0} + j_{i1} = j_i$;

- $U(\Theta_i) = U_1(\Theta_i) \cup U_0(\Theta_i)$, где $U_1(\Theta_i) = \{u_{1i1}, u_{1i2}, \dots, u_{1ij_{i1}}\} \subseteq U_1$ – *открытые возможные* показатели, которые i -й эксперт не вычеркнул из опросного листа; $U_0(\Theta_i) = \{u_{0i1}, u_{0i2}, \dots, u_{0ij_{i0}}\} \subseteq U_0$ – *скрытые возможные*⁸ показатели, которые i -й эксперт сам добавил в опросный лист; выполняется равенство $r_{i0} + r_{i1} = r_i$;

- $W(\Theta_i) = W_1(\Theta_i) \cup W_0(\Theta_i)$, где $W_1(\Theta_i) = \{w_{1i1}, w_{1i2}, \dots, w_{1is_{i1}}\} \subseteq W_1$ – *открытые неприменимые* показатели, которые i -й эксперт не вычеркнул из

⁷ В силу когнитивных и лингвистических причин у РГ могут возникнуть сложности при идентификации добавленных в опросный лист показателей как скрытых показателей. Опорой в принятии этого решения выступает поясняющее определение, которое обязан дать каждый эксперт при добавлении показателя, изначально отсутствующего в опросном листе. Если этого недостаточно, РГ может обратиться за дополнительной информацией к предложившему спорный показатель эксперту.

⁸ Наличие *скрытых возможных* показателей нежелательно, так как категория *возможных* показателей как раз и служит причиной привлечения экспертов, поскольку РГ не смогла самостоятельно принять решение о необходимости их включения в АМОЭ. Однако на практике вероятно ситуация, когда *возможных* показателей слишком много, и с разными частями множества U работают разные экспертные группы, каждой из которых РГ будет открыта только какая-то часть *возможных* показателей.

опросного листа; $W_0(\Theta_i) = \{w_{0i1}, w_{0i2}, \dots, w_{0is_{i0}}\} \subseteq W_0$ – *скрытые неприменимые* показатели, которые i -й эксперт сам добавил в опросный лист; выполняется равенство $s_{i0} + s_{i1} = s_i$;

– $Z(\Theta_i) = D(\Theta_i) \setminus X_0 = \{z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iq_i}\}$ – *абсолютно новые* показатели, которые i -й эксперт сам добавил в опросный лист.

Этап 7. Построение результирующей модели объекта экспертизы. На данном этапе реализуется формализованный переход от ПАМОЭ к РАМОЭ на основе анализа экспертной информации, полученной на стадии опроса и структурированной на предыдущем этапе применения метода.

Шаг 1. Объединение мнений всех экспертов⁹. Формируется *сводный перечень показателей* (СПП), содержащий только показатели, оставшиеся или добавленные в опросный лист хотя бы одним экспертом:

$$\begin{aligned} \tilde{Y} = \{y_1, \dots, y_p\} &= \bigcup_{i=1}^n O(\Theta_i) = \bigcup_{i=1}^n [V(\Theta_i) \cup U(\Theta_i) \cup W(\Theta_i) \cup Z(\Theta_i)] = \\ &= \left(\bigcup_{i=1}^n V(\Theta_i) \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^n U(\Theta_i) \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^n W(\Theta_i) \right) \cup \\ &\cup \left(\bigcup_{i=1}^n Z(\Theta_i) \right) = \left(\bigcup_{i=1}^n V_1(\Theta_i) \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^n V_0(\Theta_i) \right) \cup \\ &\cup \left(\bigcup_{i=1}^n U_1(\Theta_i) \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^n U_0(\Theta_i) \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^n W_1(\Theta_i) \right) \cup \\ &\cup \left(\bigcup_{i=1}^n W_0(\Theta_i) \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^n Z(\Theta_i) \right) = \\ &= \tilde{V}_1 \cup \tilde{V}_0 \cup \tilde{U}_1 \cup \tilde{U}_0 \cup \tilde{W}_1 \cup \tilde{W}_0 \cup \tilde{Z}; \\ \tilde{V}_1 &\subseteq V_1, \tilde{V}_0 \subseteq V_0, \tilde{U}_1 \subseteq U_1, \tilde{U}_0 \subseteq U_0; \\ \tilde{W}_1 &\subseteq W_1, \tilde{W}_0 \subseteq W_0, \tilde{Z} \cap (Y_1 \cup Y_0) = \emptyset. \end{aligned}$$

Для всех показателей, попавших в СПП, вычисляется индикаторная функция $\lambda(y_j) = n(y_j)/n$, значение которой равно доле экспертов, не вычеркнувших или добавивших показатель y_j в свой

опросный лист¹⁰. Если РГ считает целесообразным использовать информацию о компетентности отдельных экспертов на этапе анализа их оценок, то может использоваться *альтернативный вариант индикаторной функции*, учитывающей не количество экспертов, а их уровень компетентности

$$\lambda'(y_j) = \sum_{i=1}^n \delta(y_j, O(\Theta_i), \alpha_i, 0) / \sum_{i=1}^n \alpha_i,$$

где вспомогательная функция $\delta(y_j, O(\Theta_i), \alpha_i, 0) \in \{\alpha_i \mid y_j \in O(\Theta_i); 0 \mid y_j \notin O(\Theta_i)\}$ принимает одно из двух возможных значений: значение равно априорной оценке компетентности i -го эксперта α_i , если этот эксперт не вычеркнул или добавил показатель y_j в свой опросный лист; нулевое значение, если в опросном листе этого эксперта показатель y_j отсутствует (вычеркнут или не был добавлен).

Введенный λ -индикатор представляет собой фильтр, через который нужно пропустить все показатели $\tilde{Y}$, чтобы таким образом сформировать результирующую модель объекта (РАМОЭ) $\hat{O}$. Предварительно требуется настроить λ -индикатор, задав *верхнее* (ВКЗ) и *нижнее* (НКЗ) *критические значения* $\lambda_{\text{ВКЗ}}$ и $\lambda_{\text{НКЗ}}$ ($\lambda_{\text{ВКЗ}} \geq 1/2 \geq \lambda_{\text{НКЗ}}$), которые будут использоваться для определения условий попадания показателя y_j в $\hat{O}$: $\lambda(y_j) \geq \lambda_{\text{ВКЗ}}$, $\lambda(y_j) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}$. Первое условие, будет применяться к *открытым* показателям, попавшим в СПП ($\tilde{V}_1 \cup \tilde{U}_1 \cup \tilde{W}_1$), второе – к *скрытым* ($\tilde{V}_0 \cup \tilde{U}_0 \cup \tilde{W}_0$) или *абсолютно новым* ($\tilde{Z}$) показателям, попавшим в СПП.

Шаг 2. Калибровка верхнего критического значения λ -индикатора. Включенные РГ в ОПП *контрольные* показатели (V_1 и W_1) можно использовать, чтобы оценить, насколько непротиворечиво и единообразно рассматривают ОЭ эксперты и РГ. Используя для проверки согласованности РГ и экспертов только *открытые* показатели, уровень согласия можно оценить по числу *обязательных* показателей V_1 или *неприменимых* показателей W_1 , оставленных в опросном листе или вычеркнутых из него большей частью экспертов:

⁹ Возможны когнитивно-лингвистические сложности с различением и объединением *добавленных* разными экспертами показателей, так как эксперты могли по-разному называть одинаковые показатели. РГ следует либо опираться на пояснения, сопровождающие каждый вновь введенный экспертом показатель, либо обратиться напрямую к экспертам, предложившим неоднозначные показатели.

¹⁰ Если показатель не вычеркнули или добавили в опросный лист все эксперты, то λ -индикатор будет равен единице, если же приложить его к показателю, который не заявлен ни одним из экспертов, то значение λ -индикатора будет равным нулю.

$$\begin{aligned} \mu(V_1 \cup W_1) &= \mu(V_1) + \mu(W_1) = \\ &= \sum_{i=1}^{k_1} \delta(v_{1i}, \tilde{V}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}), c_1, -c_2) + \\ &+ \sum_{i=1}^{l_1} \delta(w_{1i}, \tilde{W}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}), -c_3, c_4), \quad (1) \\ \tilde{V}_1 &\geq \tilde{V}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}) : \lambda(\tilde{v}_{1i}) \geq \lambda_{\text{БКЗ}}, c_1, c_2 > 0, \\ \tilde{W}_1 &\geq \tilde{W}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}) : \lambda(\tilde{w}_{1i}) \geq \lambda_{\text{БКЗ}}, c_3, c_4 > 0, \\ \mu(V_1 \cup W_1) &\in [-c_2 k_1 - c_3 l_1; c_1 k_1 + c_4 l_1], \end{aligned}$$

где $\mu(V_1)$ и $\mu(W_1)$ – сепаратные оценки согласованности экспертов и РГ по множеству открытых обязательных показателей V_1 и множеству открытых неприменимых показателей W_1 соответственно.

Множество $\tilde{V}_1(\lambda_{\text{БКЗ}})$ представляет собой подмножество $\tilde{V}_1$, для элементов которого выполняется условие $\lambda(\tilde{v}_{1i}) \geq \lambda_{\text{БКЗ}}$, т. е. данное множество образуют *открытые обязательные* показатели, которые попадают в $\hat{O}$ при определенном критическом (фильтрующем) значении λ -индикатора, равном $\lambda_{\text{БКЗ}}$. Чем больше элементов в множестве $\tilde{V}_1(\lambda_{\text{БКЗ}})$, тем выше согласованность экспертов и РГ. В свою очередь множество $\tilde{W}_1(\lambda_{\text{БКЗ}})$ представляет собой подмножество $\tilde{W}_1$, для элементов которого выполняется условие $\lambda(\tilde{w}_{1i}) \geq \lambda_{\text{БКЗ}}$, т. е. данное множество образуют *открытые неприменимые* показатели, которые попадают в $\hat{O}$ при определенном критическом значении λ -индикатора, равном $\lambda_{\text{БКЗ}}$. Чем больше элементов в множестве $\tilde{W}_1(\lambda_{\text{БКЗ}})$, тем ниже согласованность экспертов и РГ.

Коэффициенты c_1 – c_4 в (1) задаются РГ исходя из того, какое совпадение и несовпадение мнений по различным множествам *открытых* показателей группа считает более важным. Например, могут быть использованы значения $c_1 = 1$, $c_2 = 2$, $c_3 = 3$, $c_4 = 3$.

Аналитик РГ должен подобрать такое значение¹¹ $\lambda_{\text{БКЗ}} \in [0.5; 1]$, при котором в РАМОЭ $\hat{O}$ одновременно попадает наибольшее число обя-

зательных показателей V_1 и наименьшее число неприменимых показателей W_1 . Увеличение $\lambda_{\text{БКЗ}}$ упрощает выполнение первой части стоящей перед аналитиком задачи, но усложняет выполнение второй; уменьшение $\lambda_{\text{БКЗ}}$ влияет противоположным образом – упрощает выполнение второй части задачи, но усложняет его для первой. Таким образом, подбор $\lambda_{\text{БКЗ}}$ представляет собой амбивалентную задачу, решение которой призвано обеспечить достоверность результатов применения рассматриваемого метода за счет, во-первых, достаточного высокого порога включения показателя в модель ОЭ; во-вторых, выявления ситуаций, когда РГ и эксперты имеют настолько разные взгляды на ОЭ, что выработка единого согласованного решения принципиально невозможна¹².

Формально указанную задачу можно представить в виде задачи оптимизации функции (1), что позволяет автоматизировать ее решение:

$$\begin{cases} \mu(V_1 \cup W_1) = \sum_{i=1}^{k_1} \delta(v_{1i}, \tilde{V}_1(\lambda), c_1, -c_2) + \\ + \sum_{i=1}^{l_1} \delta(w_{1i}, \tilde{W}_1(\lambda), -c_3, c_4) \rightarrow \max_{\lambda}, \\ 1/2 \leq \lambda \leq 1, \\ c_1 > 0, c_2 > 0, c_3 > 0, c_4 > 0. \end{cases}$$

Имеющим практическую ценность можно считать такое решение оптимизационной задачи, когда подобранное значение $\lambda_{\text{БКЗ}}$ обеспечивает положительное значение целевой функции. Использование найденного $\lambda_{\text{БКЗ}}$ в качестве филь-

¹¹ Если верхнее критическое значение λ -индикатора будет выбрано равным единице, то это означает, что любой *открытый* показатель попадет в РАМОЭ только если его оставили в опросном листе все эксперты.

¹² Причины расхождения мнений РГ и экспертов могут быть различными: 1) РГ допустила ошибку при категорировании показателей и формировании ПАМОЭ; 2) большинство экспертов проявили низкий профессионализм и халатность, что может быть обусловлено, например, их низкой мотивацией и/или оплатой, а также некомфортными условиями работы (цейтнот, давление РГ, шум и пр.); 3) принципиальное расхождение в позициях РГ и экспертов, обусловленное, например, различием научных школ; 4) аффилированность (сговор или подкуп) экспертов, обусловленная воздействием третьей стороны, которая, предположим, получит выгоду от включения в модель показателей, подчеркивающей достоинства ОЭ. Какой бы ни была точная причина, результатом становится невозможность выработки консенсуса между экспертами и РГ. В этом случае нужно менять либо модель (попытаться переработать ПАМОЭ совместно с экспертами), либо экспертную группу, если РГ уверена, что дело именно в экспертах.

тующего значения для показателей из множества $\tilde{V}_1 \cup \tilde{U}_1 \cup \tilde{W}_1$ позволяет определить первую часть РАМОЭ, содержащую прошедшие отбор *открытые* показатели:

$$\begin{aligned}\hat{O}_1 &= \tilde{V}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}) \cup \tilde{U}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}) \cup \tilde{W}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}), \\ \tilde{V}_1 &\supseteq \tilde{V}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}): \lambda(\tilde{v}_{0i}) \geq \lambda_{\text{БКЗ}}, \tilde{W}_1 \supseteq \tilde{W}_1(\lambda_{\text{БКЗ}}): \\ &\lambda(\tilde{w}_{1i}) \geq \lambda_{\text{БКЗ}}, \hat{O}_1 \subseteq \hat{O}.\end{aligned}$$

*Шаг 3. Калибровка нижнего критического значения λ -индикатора*¹³. Эксперты, тщательно выполняющие свою работу, в результате анализа ОЭ могут добавить в опросный лист показатели из множества X_0 , которые РГ от них скрыла и не включила в ОПП. Следовательно, используя для проверки согласованности РГ и экспертов только *скрытые* показатели, уровень их согласия можно оценить по числу *обязательных* $\tilde{V}_0$, *возможных* $\tilde{U}_0$ и *неприменимых* $\tilde{W}_0$ показателей, добавленных экспертами в опросный лист:

$$\begin{aligned}\mu(\tilde{V}_0 \cup \tilde{U}_0 \cup \tilde{W}_0) &= \mu(\tilde{V}_0) + \mu(\tilde{U}_0) + \mu(\tilde{W}_0) = \\ &= \sum_{i=1}^{\tilde{k}_0} \delta(\tilde{v}_{0i}, \tilde{V}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}), c_5, -c_6) + \\ &+ \sum_{i=1}^{\tilde{l}_0} \delta(\tilde{u}_{0i}, \tilde{U}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}), c_7, -c_8) + \\ &+ \sum_{i=1}^{\tilde{m}_0} \delta(\tilde{w}_{0i}, \tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}), -c_9, c_{10}), \quad (2) \\ c_5, c_9 &> 0, c_6, c_7, c_8, c_{10} \geq 0, \\ \tilde{V}_0 &\supseteq \tilde{V}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}): \lambda(\tilde{v}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}, \\ \tilde{U}_0 &\supseteq \tilde{U}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}): \lambda(\tilde{u}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}, \\ \tilde{W}_0 &\supseteq \tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}): \lambda(\tilde{w}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}, \\ \mu(V_1 \cup W_1) &\in [-c_6 \tilde{k}_0 - c_8 \tilde{l}_0 - c_9 \tilde{m}_0; \\ &c_5 \tilde{k}_0 + c_7 \tilde{l}_0 + c_{10} \tilde{m}_0].\end{aligned}$$

Множество $\tilde{V}_0(\lambda_{\text{НКЗ}})$ представляет собой подмножество $\tilde{V}_0$, для элементов которого выполняется условие $\lambda(\tilde{v}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}$, т. е. данное множество образуют выявленные экспертами (хотя бы одним из них) *скрытые обязательные* показатели, которые попадают в $\hat{O}$ при определенном критическом (фильтрующем) значении λ -ин-

дикатора, равно $\lambda_{\text{НКЗ}}$. Чем больше элементов в множестве $\tilde{V}_1(\lambda_{\text{БКЗ}})$, тем выше согласованность экспертов и РГ.

Множество $\tilde{U}_0(\lambda_{\text{НКЗ}})$ представляет собой подмножество $\tilde{U}_0$, для элементов которого выполняется условие $\lambda(\tilde{u}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}$, т. е. данное множество образуют выявленные экспертами *скрытые возможные* показатели (если таковые были), которые попадают в $\hat{O}$ при определенном критическом значении λ -индикатора, равно $\lambda_{\text{НКЗ}}$. В целом можно предположить, что чем больше элементов в множестве $\tilde{U}_0(\lambda_{\text{НКЗ}})$, тем выше согласованность экспертов и РГ.

Множество $\tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}})$ представляет собой подмножество $\tilde{W}_0$, для элементов которого выполняется условие $\lambda(\tilde{w}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}$, т. е. данное множество образуют выявленные экспертами *скрытые неприменимые* показатели, которые попадают в $\hat{O}$ при определенном критическом значении λ -индикатора, равно $\lambda_{\text{НКЗ}}$. Чем больше элементов в множестве $\tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}})$, тем ниже согласованность экспертов и РГ.

Коэффициенты $c_5, \dots, c_{10}$ в (2) задаются РГ, исходя из того, какое совпадение и несовпадение мнений по различным множествам *скрытых* показателей группа считает более важным. Например, могут быть использованы значения $c_5 = 2, c_6 = 0, c_7 = 1, c_8 = 0, c_9 = 3, c_{10} = 0$.

В данном случае аналитик РГ должен подобрать такое значение¹⁴ $\lambda_{\text{НКЗ}} \in [0; 0.5]$, при котором в РАМОЭ $\hat{O}$ попадает наибольшее число *скрытых обязательных* $\tilde{V}_0$ и *скрытых возможных* $\tilde{U}_0$ показателей, выявленных экспертами, и одновременно с этим – наименьшее число выявленных экспертами *скрытых неприменимых* показателей $\tilde{W}_0$.

Как и в случае определения верхнего критического значения, подбор $\lambda_{\text{НКЗ}}$ представляет собой амбивалентную задачу, которую формально

¹³ Данный шаг выполняется, только если наличествуют эксперты, которые добавили в опросный лист скрытые от них РГ показатели.

¹⁴ Если нижнее критическое значение λ -индикатора будет выбрано равным нулю, то это означает, что любой скрытый показатель, заявленный хотя бы одним экспертом, будет включен в РАМОЭ.

можно аналогичным образом представить в виде задачи оптимизации функции (2), что позволяет автоматизировать ее решение:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu(\tilde{V}_0 \cup \tilde{U}_0 \cup \tilde{W}_0) = \sum_{i=1}^{\tilde{k}_0} \delta(\tilde{v}_{0i}, \tilde{V}_0(\lambda), c_5, -c_6) + \\ + \sum_{i=1}^{\tilde{l}_0} \delta(\tilde{u}_{0i}, \tilde{U}_0(\lambda), c_7, -c_8) + \\ + \sum_{i=1}^{\tilde{m}_0} \delta(\tilde{w}_{0i}, \tilde{W}_0(\lambda), -c_9, c_{10}) \rightarrow \max_{\lambda}, \\ 0 \leq \lambda \leq 1/2, \\ c_5 > 0, c_6 \geq 0, c_7 \geq 0, c_8 \geq 0, c_9 > 0, c_{10} \geq 0. \end{array} \right.$$

Имеющим практическую ценность можно считать такое решение оптимизационной задачи, когда подобранное значение $\lambda_{\text{НКЗ}}$ обеспечивает положительное значение целевой функции. Использование найденного $\lambda_{\text{НКЗ}}$ в качестве фильтрующего значения для показателей из множества $\tilde{V}_0 \cup \tilde{U}_0 \cup \tilde{W}_0$ позволяет определить вторую часть РАМОЭ, содержащую прошедшие отбор *скрытые* показатели:

$$\begin{aligned} \hat{O}_0 &= \tilde{V}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) \cup \tilde{U}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) \cup \tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}), \\ \hat{O}_0 &\subseteq \hat{O}, \tilde{V}_0 \supseteq \tilde{V}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) : \lambda(\tilde{v}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}, \\ \tilde{W}_0 &\supseteq \tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) : \lambda(\tilde{w}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}. \end{aligned}$$

Последнюю часть¹⁵ РАМОЭ, содержащую отобранные *абсолютно новые* показатели, можно определить, используя $\lambda_{\text{НКЗ}}$ в качестве фильтрующего значения для показателей из множества $\tilde{Z}$: позволяет определить вторую часть РАМОЭ, образованную *скрытыми* показателями:

$$\hat{O}_z = \tilde{Z}(\lambda_{\text{НКЗ}}), \tilde{Z} \supseteq \tilde{Z}(\lambda_{\text{НКЗ}}) : \lambda(\tilde{z}_i) \geq \lambda_{\text{НКЗ}}, \hat{O}_z \subseteq \hat{O}.$$

Таким образом, задачу определения РАМОЭ $\hat{O} = \hat{O}_1 \cup \hat{O}_0 \cup \hat{O}_z$ после завершения данного шага метода можно считать выполненной.

Заключение. К достоинствам разработанного метода построения РАМОЭ относятся:

– высокий уровень формализации, позволяющий ускорить или автоматизировать большую

часть этапов анализа и обработки входных и промежуточных данных, включая задачу подбора экспертов на подготовительной стадии;

– возможность учитывать коэффициенты компетентности экспертов и подбирать для проведения экспертизы наиболее подходящих из них по уровню текущей компетентности;

– адаптивность метода под требования РГ за счет осознанного выбора значений отдельных параметров, применяемых на этапах обработки и анализа входных и промежуточных данных (есть и рекомендуемые значения, позволяющие использовать метод без тонкой настройки под РГ, если она не требуется);

– процедура калибровки критических значений λ -индикатора позволяет РГ обеспечивать требуемый уровень достоверности построения РАМОЭ за счет: а) управления пороговыми значениями включения отдельных атрибутов в модель; б) выявления ситуаций, когда РГ и эксперты имеют существенно различные мнения, при которых выработка согласованного решения о составе модели невозможна;

– использование при построении атрибутивной модели принципов большинства на основе учета как доли отданных за показатель голосов, так и весовых коэффициентов, отражающих значимость отдельных членов экспертной группы, что позволяет детализировать и использовать при обработке оценок различия между экспертами (например, в разных предметных областях).

Полученная атрибутивная модель ОЭ может быть в дальнейшем использована для:

– корректировки коэффициентов компетентности экспертов с учетом эффективности их работы;

– выявления и оценки недостатков, допущенных РГ при подготовке экспертизы;

– построения уточненной семантической модели с учетом взаимосвязей отдельных показателей;

– проведения экспертизы, целью которой состоит в интегральной оценке качества (или отдельного аспекта, например эргономичности) ОЭ или его аналогов.

¹⁵ Данную часть РАМОЭ РГ может сформировать по итогам дополнительного внутреннего, либо с привлечением экспертов, обсуждения выявленных *абсолютно новых* показателей, приняв для каждого из них отдельное решение о его включении или не включении в РАМОЭ.

Список литературы

1. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / пер. с англ. О. Н. Андрейчиковой. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 360 с.
2. Коробов В. Б. Теория и практика экспертных методов / под ред. Б. И. Кочурова. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. 279 с.
3. Гузий А. Г., Лушкин А. М., Майорова Ю. А. Теория и практика экспертного анализа состояний сложных динамических систем. М.: ИД Академии Жуковского, 2015. 128 с.
4. Бурков Е. А., Падерно П. И., Пахарьков Г. Н. Экспертиза: системные проблемы и пути их решения при выборе медицинской аппаратуры // Биотехносфера. 2010. № 2(8). С. 6–14.
5. Бурков Е. А., Карпачевский А. В., Падерно П. И. Оценка компетентности экспертов на основе результативности их участия в экспертизах // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. № 10. С. 38–44.
6. Сидельников Ю. В. Четырехэтапная мозговая атака // Проблемы управления. 2014. № 1. С. 36–44.
7. Сидельников Ю. В. Разработка и реализация подхода к корректному описанию экспертного креативного метода. Ч. 1. Разработка подхода // Управление большими системами: сб. тр. 2020. № 83. С. 29–52.
8. Сидельников Ю. В. Разработка и реализация подхода к корректному описанию экспертного креативного метода. Ч. 2. Реализация подхода на примере мозговой атаки // Управление большими системами: сб. тр. 2020. № 84. С. 130–151.
9. Найдис О. А., Найдис И. О. Коллективные методы решения нестандартных задач: сравнительный анализ // Азимут науч. исследований: экономика и управление. 2018. Т. 7, № 3(24). С. 206–209.

Информация об авторах

Бурков Евгений Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

E-mail: eaburkov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8788-6470>

Падерно Павел Иосифович – д-р техн. наук, профессор кафедры информационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Заслуженный деятель науки РФ.

E-mail: pipaderno@list.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9032-5084>

References

1. Saati T. L. Prinjatje reshenij pri zavisimostjah i obratnyh svjazjah: Analiticheskie seti / per. s angl. O. N. Andrejchikovej. M.: Izd-vo LKI, 2008. 360 s. (In Russ.).
2. Korobov V. B. Teorija i praktika jekspertnyh metodov / pod red. B. I. Kochurova. M.: NIC INFRA-M, 2019. 279 s. (In Russ.).
3. Guzij A. G., Lushkin A. M., Majorova Ju. A. Teorija i praktika jekspertnogo analiza sostojanij slozhnyh dinamicheskikh sistem. M.: ID Akademii Zhukovskogo, 2015. 128 s. (In Russ.).
4. Burkov E. A., Paderno P. I., Pahar'kov G. N. Jekspertiza: sistemnye problemy i puti ih reshenija pri vybore medicinskoj apparatury // Biotehnosfera. 2010. № 2(8). S. 6–14. (In Russ.).
5. Burkov E. A., Karpachevskij A. V., Paderno P. I. Ocenka kompetentnosti jekspertov na osnove rezul'tativnosti ih uchastija v jekspertizah // Izv. SPbGJeTU «LJeTI». 2011. № 10. S. 38–44. (In Russ.).
6. Sidel'nikov Ju. V. Chetyrehjetapnaja mozgovaja ataka // Problemy upravlenija. 2014. № 1. S. 36–44. (In Russ.).
7. Sidel'nikov Ju. V. Razrabotka i realizacija podhoda k korrektnomu opisaniju jekspertnogo kreativnogo metoda. Ch. 1. Razrabotka podhoda // Upravlenie bol'shimi sistemami: sb. tr. 2020. № 83. S. 29–52. (In Russ.).
8. Sidel'nikov Ju. V. Razrabotka i realizacija podhoda k korrektnomu opisaniju jekspertnogo kreativnogo metoda. Ch. 2. Realizacija podhoda na primere mozgovoj ataki // Upravlenie bol'shimi sistemami: sb. tr. 2020. № 84. S. 130–151. (In Russ.).
9. Najdis O. A., Najdis I. O. Kollektivnye metody reshenija nestandartnyh zadach: sravnitel'nyj analiz // Azimut nauch. issledovanij: jekonomika i upravlenie. 2018. T. 7, № 3(24). S. 206–209. (In Russ.).

Information about the authors

Evgeniy A. Burkov – Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Department of Information Systems, Saint Petersburg Electrotechnical University.

E-mail: eaburkov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8788-6470>

Pavel I. Paderno – Dr Sci. (Eng.), Professor of the Department of Information Systems, Saint Petersburg Electrotechnical University. Honored Worker of Science of the Russian Federation.

E-mail: pipaderno@list.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9032-5084>

Статья поступила в редакцию 27.01.2025; принята к публикации после рецензирования 18.03.2025; опубликована онлайн 26.05.2025.

Submitted 27.01.2025; accepted 18.03.2025; published online 26.05.2025.
