ЭКСПЕРТИЗА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

DOI 10.35264/1996-2274-2020-2-40-64

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКСПЕРТА

П.Б. Мельник, зам. ген. директора ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доцент,
pmelnick@extech.ru

Рецензент: И.И. Курочка

В статье в терминах теорий: множеств, матриц и системного анализа — обоснована математическая модель эксперта и разработан алгоритм формирования ее компонентов, в том числе вектора компетентности эксперта.

Ключевые слова: эксперт, модель, экспертно-аналитические исследования, научно-техническая экспертиза, реестр экспертов, отрасль знания, компетентность.

MATHEMATICAL MODEL OF THE EXPERT

P.B. Melnik, Deputy Director General, SRI FRCEC, Doctor of Engineering,
Associate Professor, *pmelnick@extech.ru*

In the article in terms of theories: sets, matrices and system analysis, the mathematical model of the expert is substantiated and an algorithm for the formation of its components, including the expert's competency vector, is developed.

Keywords: expert, model, expert and analytical research, scientific and technical expertise, expert roster, branch of knowledge, competence.

Введение

Эксперт является ключевым субъектом экспертно-аналитической деятельности, в связи с чем весьма важной задачей представляется его корректное формальное описание, которое, в нашем случае, было бы также приемлемо с точки зрения соответствия предложенной в [14] модели реестра экспертов (далее — Реестр).

В современной научной литературе предлагается несколько подходов к решению данной проблемы. Они, как правило, различаются по назначению процессов, для моделирования которых применяются данные формальные описания, а именно:

- процесса выработки экспертом решения [12] относительно объекта экспертно-аналитических исследований (далее — ЭАИ);

- процесса формирования экспертной группы путем оценки компетентности эксперта [13, 22] и степени его пригодности к проведению ЭАИ.

В терминах рассматриваемой модели Реестра нас будет интересовать второй подход, наиболее полно раскрытый, по мнению автора, в работах [10] и [5, 6].

По характеру информации, используемой при формальном описании экспертов, можно выделить две группы методов [9]:

- *объективные* — основанные на документальной информации и сведениях о результатах практической деятельности экспертов;

- *субъективные* — основанные на собственном мнении экспертов о себе и/или на мнениях их коллег.

К объективным методам относят *документальный* и *экспериментальный*, а к субъективным — методы *самооценки* и *коллективной оценки*. Коллективная оценка, в свою очередь,

может быть реализована методом тайной или открытой *аттестации* (метод «снежного кома») либо методом *взаимной оценки*.

Перечисленные методы позволяют учесть различные качества экспертов, непосредственно или косвенно влияющие на уровень их компетентности и степень пригодности для участия в ЭАИ.

Каждый из указанных методов обладает как достоинствами, так и недостатками [10]. Выход, как и обычно в подобных ситуациях, необходимо искать в некоторых комплексных, комбинированных или «гибридных» решениях, оптимально сочетающих возможную максимизацию преимуществ с минимизацией сопутствующих недостатков.

1. Общие положения

Прежде чем перейти непосредственно к рассмотрению приемлемой модели эксперта, необходимо четко определиться с некоторыми терминами, которые нам понадобятся для правильного понимания сущности ее формального описания [17, 18].

Компетенция — это способность к выполнению какой-либо деятельности на основе приобретенных в ходе обучения знаний, навыков, умений, опыта работы.

Компетенция включает совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов и необходимых для качественной продуктивной деятельности по отношению к ним. Или, другими словами, под компетенцией принято понимать:

- знания, опыт, умения и подготовленность к их использованию;
- круг вопросов, в которых индивид обладает хорошей осведомленностью;
- совокупность проблем, относительно которых человек обладает широкими познаниями и опытом их решения.

Компетентность — это свойства личности, определяющие ее способность к выполнению деятельности на основе сформированной компетенции, т. е. это свойство, базирующееся на компетенции. Компетентность — владение, обладание человеком соответствующей компетенцией, включающей его личностное отношение к ней и предмету деятельности.

Иными словами, компетентность — это:

- качество человека, который обладает всесторонними знаниями в определенной области, благодаря чему его мнение является в этой области веским и авторитетным;
- способность к осуществлению жизненного, реального действия, т. е. квалификационная характеристика человека в данный момент свершения позволяет превращать ресурс в продукт;
- потенциальная готовность браться за решение задач, приступая к ним со знанием дела, обладая при этом всеми необходимыми для этого знаниями и умениями;
- умение разбираться в существе рассматриваемой проблемы;
- желание и умение постоянно обновлять знания и навыки для поддержания своего квалификационного уровня, чтобы применять их во всех возможных условиях;
- обладание определенными опытом и знаниями, которые позволят принимать правильные решения.

Лучше всего различие между компетенцией и компетентностью можно выразить следующим образом: компетенция — это потенциал, т. е. обладание знаниями и навыками и наличие способности применять их на практике, а компетентность — это свершившийся реальный факт, т. е. продемонстрированная способность применения на практике имеющихся знаний и навыков.

Квалификация — качество как степень проявления тех или иных достоинств. В некоторых областях этим термином называют либо процесс оценки уровня качества, либо сами предусмотренные уровни. Например, в образовании под квалификацией обычно понимается уровень подготовки выпускников учебных заведений, а квалификация с точки зрения трудовых отношений — это степень или уровень проявления профессиональных достоинств, степень соответствия определенному уровню профессиональных требований или должности.

Также квалификация часто рассматривается как способность работника выполнить задачи и обязанности данной работы. При этом уровень квалификации определяется степенью сложности выполняемой работы, а специализация квалификации — объемом требуемых для выполнения работы знаний, используемых материалов, инструментов и оборудования, видом производимых товаров и услуг. Квалификация приобретается в ходе формального образования и обучения, а также путем опыта работы и неформального обучения. Таким образом, можно обобщить, что квалификация — это:

- степень и вид профессиональной обученности (подготовленности) индивида, наличие у него знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения им определенной работы;
- степень профессиональной готовности работников к выполнению трудовых функций в рамках определенной профессии, специальности;
- характеристика определенного вида работы, устанавливаемая в зависимости от его сложности, точности и ответственности.

С точки зрения модели эксперта нас будут интересовать два первых определения. Причем, говоря о *научной квалификации*, будем подразумевать, что речь идет об эксперте как специалисте в той или иной предметной области или отрасли знания. Говоря же о *квалификации эксперта*, необходимо понимать, что имеются в виду уровень подготовки специалиста и его опыт участия в экспертно-аналитических исследованиях именно в качестве эксперта, т. е. как субъекта экспертизы.

2. Модель эксперта

В самом общем виде модель эксперта можно представить в виде упорядоченного множества

$$\mathcal{M}^{\{E\}} = \langle X^{\{E\}}, U^{\{E\}}, P^{\{E\}}, \mathcal{E}^{\{E\}}, Q^{\{E\}}, V^{\{E\}}, \mathcal{R}^{\{E\}}, \Psi^{\{E\}}, T \rangle, \quad (1)$$

где:

$X^{\{E\}}$ — вектор компетентности эксперта;

$U^{\{E\}}$ — множество, характеризующее научную квалификацию эксперта, т. е. совокупность данных о присвоенных ему ученых степенях и ученых званиях с привязкой к номенклатуре научных специальностей ВАК¹ (и/или к используемому классификатору отраслей знания) и датам присвоения соответствующих квалификаций;

$P^{\{E\}}$ — множество, содержащее совокупность данных о публикационной активности эксперта, т. е. информацию о его научных работах и публикациях с привязкой к одному или нескольким классификаторам отраслей знания, показателям (цитируемость, импакт-фактор изданий и т. п.) и датам их опубликования;

$\mathcal{E}^{\{E\}}$ — множество, учитывающее участие эксперта в работе специализированных экспертных советов, комиссий и т. п., а также в ЭАИ, внешних по отношению к Реестру, с привязкой к классификаторам отраслей знания и датам проведения этих мероприятий;

$Q^{\{E\}}$ — множество, отражающее профессиональную историю эксперта как специалиста, т. е. наименование организаций, в которых ему приходилось работать, занимаемые должности, в том числе по совместительству, в составе временных трудовых коллективов либо по индивидуальным трудовым или иным договорам, в привязке к интервалам времени, в течение которых исполнялись эти обязанности или договорные обязательства, к используемому классификатору отраслей знания, а также (при необходимости) к соответствующим геолокационным данным [10];

$V^{\{E\}}$ — множество результатов, полученных экспертом при выполнении работ в составе Реестра, с привязкой к конкретным ЭАИ, используемому классификатору отраслей знания и датам проведения работ;

$\mathcal{R}^{\{E\}}$ — множество оценок квалификации эксперта (т. е. именно как субъекта ЭАИ), полученных на основании субъективных оценок деятельности эксперта как индивида (т. е. его характерных человеческих качеств), выставленных экспертной организацией — оператором Реестра, с привязкой

¹ Высшая аттестационная комиссия при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

к группе или конкретным ЭАИ, используемому классификатору отраслей знания и датам проведения работ;
 $\Psi^{\{E\}}$ – оператор, описывающий механизм формирования вектора компетентности эксперта $X^{\{E\}}$ как реакцию на внутренние изменения в Реестре и внешние воздействия;
 T – множество моментов времени.

Нетрудно заметить, что предложенная модель представляет собой некоторую комбинацию базовых моделей.

Так, например, подмножество $\mathcal{M}_D^{\{E\}} = \langle \mathcal{U}^{\{E\}}, \mathcal{P}^{\{E\}}, \mathcal{E}^{\{E\}}, \mathcal{Q}^{\{E\}} \rangle, \mathcal{M}_D^{\{E\}} \subset \mathcal{M}^{\{E\}}$ является моделью, полученной по документальному методу, и включает набор сведений, характеризующих эксперта Реестра по формальным признакам компетенции и научной квалификации.

Подмножество $\mathcal{M}_E^{\{E\}} = \langle \mathcal{V}^{\{E\}} \rangle, \mathcal{M}_E^{\{E\}} \subset \mathcal{M}^{\{E\}}$ можно считать моделью, построенной на основе экспериментального метода, поскольку оно содержит все результаты деятельности эксперта в рамках Реестра (т.е. ответы эксперта на все вопросы во всех анкетах всех выполненных им ЭАИ).

Подмножество $\mathcal{M}_A^{\{E\}} = \langle \mathcal{R}^{\{E\}} \rangle, \mathcal{M}_A^{\{E\}} \subset \mathcal{M}^{\{E\}}$ относится к моделям, построенным по методу аттестации.

Рассмотренные подмножества $\mathcal{M}_D^{\{E\}}, \mathcal{M}_E^{\{E\}}, \mathcal{M}_A^{\{E\}}$ представляют собой совокупность исходных данных или априорную информацию об экспертах, результатах выполненных ими в рамках Реестра ЭАИ с привязкой к классификаторам отраслей знания и моментам времени, а также оценку квалификации экспертов, которую можно интерпретировать как множество входных сигналов модели эксперта:

$$\Theta^{\{E\}} = \langle \mathcal{M}_D^{\{E\}}, \mathcal{M}_E^{\{E\}}, \mathcal{M}_A^{\{E\}} \rangle. \quad (2)$$

Тогда выражение для оператора $\Psi^{\{E\}}$ можно записать как

$$\Psi^{\{E\}}: \Theta^{\{E\}} \times T \rightarrow X^{\{E\}}, \quad (3)$$

где $X^{\{E\}}$ – вектор компетентности эксперта, который также может рассматриваться как множество выходных сигналов модели $\mathcal{M}^{\{E\}}$.

Вектор компетентности эксперта, описанный в [14], является основополагающим элементом модели эксперта $\mathcal{M}^{\{E\}}$:

$$x_i = \left\| x_{i_1} \cdots x_{j_i} \cdots x_{J_i} \right\|^T, \quad x_{j_i} \in [0, 1], \quad i = \overline{1, I}, \quad (4)$$

где:

I – количество экспертов, зарегистрированных в Реестре;

$\overline{1, J}$ – индексы соответствующих отраслей знания на низшем уровне иерархии используемой классификации.

Как следует из выражения (3), значения элементов вектора $X^{\{E\}}$ рассчитываются на основании всей хранящейся в базе данных Реестра информации, связанной с конкретным экспертом. Вектор $X^{\{E\}}$ по своей сути является динамическим интегральным числовым эквивалентом располагаемой априорной информации об эксперте, всесторонне характеризующим его как субъекта ЭАИ в привязке к текущему моменту времени. Значения элементов вектора компетентности эксперта $X^{\{E\}}$ повсеместно используются в модели Реестра $\mathcal{M}^{\{E\}}$, и прежде всего в процедурах формирования экспертных пулов и групп [15], а также при подготовке решения об аккредитации эксперта в Реестре.

Таким образом, в рассматриваемой модели экспертов $\mathcal{M}^{\{\mathbb{E}\}}$ изначально сочетаются несколько методов. Эту модель и реализующий ее алгоритм целесообразно назвать *адаптивными*, но не в смысле адаптации к объекту ЭАИ или ситуации [10], а в смысле постоянного обновления за счет систематической агрегации и регулярной итеративной коррекции как самих данных, позволяющих достоверно оценить компетентность эксперта в целом [6], так и параметров алгоритмов, по которым эта модель рассчитывается [14].

3. Адаптивный алгоритм формирования вектора компетентности эксперта

Рассмотрим более подробно алгоритм формирования вектора компетентности эксперта $X^{\{\mathbb{E}\}}$ на основе сведений, содержащихся в перечисленных выше компонентах адаптивной модели эксперта $\mathcal{M}^{\{\mathbb{E}\}}$.

Для реализации оператора $\Psi^{\{\mathbb{E}\}}$ в соответствии с выражением (3) необходимо выполнить преобразование множеств, составляющих модель эксперта $\mathcal{M}^{\{\mathbb{E}\}}$ и содержащих информацию различных типов, к единому формату по шкале значений, размерности и смысловой наполненности, а затем уже произвести собственно расчет значений элементов вектора компетентности $X^{\{\mathbb{E}\}}$. Это равносильно разбиению оператора $\Psi^{\{\mathbb{E}\}}$ на два отдельных последовательных оператора – $\Psi_1^{\{\mathbb{E}\}}$ и $\Psi_2^{\{\mathbb{E}\}}$:

$$\Psi^{\{\mathbb{E}\}} \equiv \Psi_2^{\{\mathbb{E}\}}: \left(\Psi_1^{\{\mathbb{E}\}}: \left(\left\| \begin{array}{c} \mathcal{U}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{P}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{E}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{Q}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{V}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}} \end{array} \right\| \times T \right) \rightarrow \left\| \begin{array}{c} U^{\{\mathbb{E}\}} \\ P^{\{\mathbb{E}\}} \\ E^{\{\mathbb{E}\}} \\ Q^{\{\mathbb{E}\}} \\ V^{\{\mathbb{E}\}} \\ R^{\{\mathbb{E}\}} \end{array} \right\| \right) \rightarrow X^{\{\mathbb{E}\}}, \quad (5)$$

где $U^{\{\mathbb{E}\}}, P^{\{\mathbb{E}\}}, E^{\{\mathbb{E}\}}, Q^{\{\mathbb{E}\}}, V^{\{\mathbb{E}\}}, R^{\{\mathbb{E}\}}$ – результирующие векторы, рассчитанные на основании данных и сведений, содержащихся в соответствующих исходных множествах.

3.1. Матрица операторов. Единый классификатор

В интересах упрощения реализации оператора $\Psi_1^{\{\mathbb{E}\}}$ его можно представить в виде матрицы операторов, каждый из которых преобразует одно из исходных множеств в соответствующий вектор единого, общего с $X^{\{\mathbb{E}\}}$ формата:

$$\Psi_1^{\{\mathbb{E}\}} \equiv \left(\left\| \begin{array}{c} \mathcal{U}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{P}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{E}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{Q}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{V}^{\{\mathbb{E}\}} \\ \mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}} \end{array} \right\| \right)^T \times T \rightarrow \left\| \begin{array}{c} U^{\{\mathbb{E}\}} \\ P^{\{\mathbb{E}\}} \\ E^{\{\mathbb{E}\}} \\ Q^{\{\mathbb{E}\}} \\ V^{\{\mathbb{E}\}} \\ R^{\{\mathbb{E}\}} \end{array} \right\| \equiv \left\| \begin{array}{l} \Psi^{\{\mathcal{U}, \mathbb{E}\}}: \mathcal{U}^{\{\mathbb{E}\}} \times T \rightarrow U^{\{\mathbb{E}\}} \\ \Psi^{\{\mathcal{P}, \mathbb{E}\}}: \mathcal{P}^{\{\mathbb{E}\}} \times T \rightarrow P^{\{\mathbb{E}\}} \\ \Psi^{\{\mathcal{E}, \mathbb{E}\}}: \mathcal{E}^{\{\mathbb{E}\}} \times T \rightarrow E^{\{\mathbb{E}\}} \\ \Psi^{\{\mathcal{Q}, \mathbb{E}\}}: \mathcal{Q}^{\{\mathbb{E}\}} \times T \rightarrow Q^{\{\mathbb{E}\}} \\ \Psi^{\{\mathcal{V}, \mathbb{E}\}}: \mathcal{V}^{\{\mathbb{E}\}} \times T \rightarrow V^{\{\mathbb{E}\}} \\ \Psi^{\{\mathcal{R}, \mathbb{E}\}}: \mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}} \times T \rightarrow R^{\{\mathbb{E}\}} \end{array} \right\| \right)^T. \quad (6)$$

В качестве основы для такого единого формата целесообразно принять классификатор отраслей знания [14], используемый в модели Реестра экспертов $\mathcal{M}^{\{\mathbb{R}\}}$ и основанный на множестве

$$\Omega = \{\omega_j\}, j = \overline{1, J}, \quad (7)$$

где J – общее количество отраслей знания на низшем уровне иерархии классификатора.

Различные данные и сведения, составляющие исходные множества $\mathcal{U}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{P}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{E}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{Q}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{V}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}}$, могут соотноситься с отраслями знания с помощью различных или одновременно нескольких классификаторов, таких как отечественные ГРНТИ [7], УДК, ББК, номенклатура ВАК [3] и международные Web of Science Subject Categories, ASJC Scopus [11], OECD Field of Science and Technology Classification [4], JEL [20] и ряд других, имеющих между собой достаточно сложные связи [19], либо соответствовать сразу нескольким кодам отраслей знания в рамках одного классификатора.

Поэтому в интересах реализации оператора $\Psi_1^{\{\mathbb{E}\}}$ прежде всего необходимо предусмотреть механизм, позволяющий конвертировать различные классификаторы отраслей знания в единый универсальный классификатор (7).

В этих целях зададим массив классификаторов, используемых для идентификации отраслей знания в модели эксперта $\mathcal{M}^{\{\mathbb{E}\}}$:

$$M^{\{\text{Кл}\}} = \left\| \begin{array}{cc} m_1^{\{\text{Кл}\}} & n_1^{\{\text{Кл}\}} \\ \vdots & \vdots \\ m_{cl}^{\{\text{Кл}\}} & n_{cl}^{\{\text{Кл}\}} \\ \vdots & \vdots \\ m_{cl_{\max}}^{\{\text{Кл}\}} & n_{cl_{\max}}^{\{\text{Кл}\}} \end{array} \right\|, \quad (8)$$

где:

$m_{cl}^{\{\text{Кл}\}}, cl = \overline{1, cl_{\max}}$ — наименование или шифр классификатора;

$n_{cl}^{\{\text{Кл}\}}, cl = \overline{1, cl_{\max}}$ — количество отраслей знания на низшем уровне иерархии классификатора $m_{cl}^{\{\text{Кл}\}}$;

$cl_{\max}$ — общее количество классификаторов, используемых для идентификации данных и сведений по отраслям знания в рамках модели эксперта $\mathcal{M}^{\{\mathbb{E}\}}$.

При этом условимся, что сам единый универсальный классификатор также будет учтен в массиве $M^{\{\text{Кл}\}}$, например, под индексом $cl = 1$.

Каждый из классификаторов $m_{cl}^{\{\text{Кл}\}}$ в формализованном виде можно представить как упорядоченное множество

$$\Omega^{\{cl\}} = \{\omega_{sp}^{\{cl\}}\}, sp = \overline{1, n_{cl}^{\{\text{Кл}\}}}, cl = \overline{1, cl_{\max}}, \quad (9)$$

где sp — индекс отрасли знания на низшем уровне иерархии классификатора $m_{cl}^{\{\text{Кл}\}}$.

Введем семейство операторов, задающих соответствие из множества отраслей знания каждого из классификаторов $\Omega^{\{cl\}}$ в универсальное множество отраслей знания Ω , используемое в моделях $\mathcal{M}^{\{\mathbb{R}\}}$ и $\mathcal{M}^{\{\mathbb{E}\}}$:

$$C^{\{cl\}} \subseteq \Omega^{\{cl\}} \times \Omega, cl = \overline{1, cl_{\max}}. \quad (10)$$

Каждый из операторов $C^{\{cl\}}$ представляет собой множество упорядоченных пар $(\omega^{\{cl\}}, \omega)$, связанных рассматриваемым соответствием:

$$\rho_C^{\{cl\}}(\omega^{\{cl\}}) = \{\omega: \omega \in \Omega \wedge (\omega^{\{cl\}}, \omega) \in C^{\{cl\}}\}. \quad (11)$$

Соответствие $C^{\{cl\}}$ также может быть задано с помощью матрицы размером $J \times n_{cl}^{\{Kл\}}$:

$$\Xi^{\{cl\}} = \left\| \begin{array}{cccc} \xi_{11}^{\{cl\}} & \dots & \xi_{1sp}^{\{cl\}} & \dots & \xi_{1n_{cl}^{\{Kл\}}}^{\{cl\}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \xi_{j1}^{\{cl\}} & \dots & \xi_{jsp}^{\{cl\}} & \dots & \xi_{jn_{cl}^{\{Kл\}}}^{\{cl\}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \xi_{J1}^{\{cl\}} & \dots & \xi_{Jsp}^{\{cl\}} & \dots & \xi_{Jn_{cl}^{\{Kл\}}}^{\{cl\}} \end{array} \right\|, \xi_{jsp}^{\{cl\}} = \begin{cases} 1, \text{ при } (\omega_{sp}^{\{cl\}}, \omega_j) \in C^{\{cl\}}, \\ 0, \text{ при } (\omega_{sp}^{\{cl\}}, \omega_j) \notin C^{\{cl\}}. \end{cases} \quad (12)$$

В матрицах $\Xi^{\{cl\}}$ каждый столбец $\Xi_{sp}^{\{cl\}} = \|\xi_{1sp}^{\{cl\}} \dots \xi_{jsp}^{\{cl\}} \dots \xi_{Jsp}^{\{cl\}}\|^T, sp = 1, n_{cl}^{\{Kл\}}$ показывает, какому набору отраслей знания универсального множества Ω соответствует конкретная отрасль знания sp множества $\Omega^{\{cl\}}$, соответствующего классификатору $m_{cl}^{\{Kл\}}$.

Отдельно отметим, что матрица $\Xi^{\{1\}}$, связывающая единый классификатор сам с собой, будет квадратной размером $J \times J$ и диагональной, т. е.

$$\xi_{jsp}^{\{1\}} = \begin{cases} 1, j = sp, \\ 0, j \neq sp, \end{cases} sp = 1, n_1^{\{Kл\}}, j = 1, J, n_1^{\{Kл\}} = J. \quad (13)$$

3.2. Расчет вектора компетентности. Весовые коэффициенты

Выражение для оператора $\Psi_2^{\{\mathbb{E}\}}$ с учетом (5) можно записать как

$$\Psi_2^{\{\mathbb{E}\}}: \|U^{\{\mathbb{E}\}} P^{\{\mathbb{E}\}} E^{\{\mathbb{E}\}} Q^{\{\mathbb{E}\}} V^{\{\mathbb{E}\}} R^{\{\mathbb{E}\}}\| \rightarrow X^{\{\mathbb{E}\}}. \quad (14)$$

Обозначим матрицу результирующих векторов как

$$\mathcal{X}_{\Sigma}^{\{\mathbb{E}\}} = \|U^{\{\mathbb{E}\}} P^{\{\mathbb{E}\}} E^{\{\mathbb{E}\}} Q^{\{\mathbb{E}\}} V^{\{\mathbb{E}\}} R^{\{\mathbb{E}\}}\|. \quad (15)$$

Тогда реализующий $\Psi_2^{\{\mathbb{E}\}}$ алгоритм можно представить в виде аддитивной функции

$$X^{\{\mathbb{E}\}} = \frac{1}{\vartheta_{\max}} \sum_{\vartheta=1}^{\vartheta_{\max}} k_{\vartheta}^{\{\mathbb{E}\}} \cdot (\mathcal{X}_{\Sigma}^{\{\mathbb{E}\}})_{\vartheta}, \quad (16)$$

где:

$k_{\vartheta}^{\{\mathbb{E}\}} \in [0, 1]$ – весовые коэффициенты при соответствующих векторах, характеризующие уровень их значимости или степень влияния на результирующий вектор компетентности $X^{\{\mathbb{E}\}}$;

$\vartheta_{\max}$ – количество результирующих векторов в выражении (14).

В описании моделей $\mathcal{M}^{\{\mathbb{R}\}}$ и $\mathcal{M}^{\{\mathbb{E}\}}$ определено, что все элементы вектора компетентности эксперта удовлетворяют условию $x_{j,i} \in [0, 1]$. Компоненты матрицы результирующих векторов, как будет показано в следующих параграфах, также должны быть нормированы в этом диапазоне, поэтому в выражении (16) присутствует усредняющий множитель $1/\vartheta_{\max}$.

Весовые коэффициенты должны удовлетворять ряду условий. Прежде всего, их сумма должна быть равной 1:

$$\sum_{\vartheta=1}^{\vartheta_{\max}} k_{\vartheta}^{\{\mathbb{E}\}} = 1. \quad (17)$$

Напомним, что векторы, составляющие матрицу $\mathcal{X}_{\Sigma}^{\{\mathbb{E}\}}$, формируются из исходных множеств, относящихся к трем группам: $\mathcal{M}_D^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{M}_{\mathcal{E}}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{M}_A^{\{\mathbb{E}\}}$, различающихся методами получения данных и сведений об эксперте. Распределение весов между суммарными коэффициентами этих групп также должно отражать, какое влияние на компетентность эксперта оказывают содержащиеся в них факторы.

В начальный момент времени $t = 0$ — начало отсчета времени существования Реестра — весовым коэффициентам присваиваются некие произвольные значения, основанные на субъективных оценках разработчиков и/или операторов Реестра. Из самых общих соображений их целесообразно установить равнозначными:

$$k_D^{\{\mathbb{E}\}} = k_{\mathcal{E}}^{\{\mathbb{E}\}} = k_A^{\{\mathbb{E}\}}, \quad k_D^{\{\mathbb{E}\}} + k_{\mathcal{E}}^{\{\mathbb{E}\}} + k_A^{\{\mathbb{E}\}} = 1. \quad (18)$$

Затем, в процессе дальнейшего развития и эксплуатации Реестра, эти значения могут быть скорректированы в интересах повышения эффективности как Реестра в целом, так и составляющих его отдельных процедур. Таким образом, указанные весовые коэффициенты могут быть рассмотрены как один из компонентов набора параметров алгоритмов функционирования Реестра [14], посредством изменения которых реализуется процесс управления Реестром как системой.

На момент времени $t = t_0^{\{\mathbb{E}\}}$, фиксирующий начало деятельности эксперта в составе Реестра на абсолютной шкале времени, где $t = 0$ — начало отсчета времени существования Реестра, располагаемый массив информации об эксперте ограничивается лишь документальной частью $\mathcal{M}_D^{\{\mathbb{E}\}}$, тогда как экспериментальная и аттестационная составляющие $\mathcal{M}_{\mathcal{E}}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{M}_A^{\{\mathbb{E}\}}$ отсутствуют, поэтому базовый (начальный) вектор компетентности может быть определен только на основании данных, содержащихся в множествах $\mathcal{U}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{P}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{E}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{Q}^{\{\mathbb{E}\}}$. В связи с этим возникает необходимость установления некоего порога или максимально допустимой доли первичной информации при оценке компетентности эксперта.

Для этого введем условие, задающее распределение значений весовых коэффициентов внутри составляющей $\mathcal{M}_D^{\{\mathbb{E}\}}$ по аналогичному (18) принципу:

$$k_U^{\{\mathbb{E}\}} + k_P^{\{\mathbb{E}\}} + k_E^{\{\mathbb{E}\}} + k_Q^{\{\mathbb{E}\}} = \sum_{\vartheta=1}^4 k_{\vartheta}^{\{\mathbb{E}\}} = k_D^{\{\mathbb{E}\}} = (x_{\text{пор.}}^{\{\mathbb{E}\}})_0, \quad (19)$$

где $(x_{\text{пор.}}^{\{\mathbb{E}\}})_0$ — пороговое (максимально допустимое) значение элементов вектора компетентности $X_0^{\{\mathbb{E}\}} = X^{\{\mathbb{E}\}}(t = t_0^{\{\mathbb{E}\}})$ в начальный момент $t_0^{\{\mathbb{E}\}}$.

Очевидно, что в процессе жизненного цикла эксперта в Реестре содержимое множеств $\mathcal{U}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{P}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{E}^{\{\mathbb{E}\}}, \mathcal{Q}^{\{\mathbb{E}\}}$ будет изменяться, и поэтому после того, как эксперт разместит в Реестре сведения об этих изменениях, соответствующие векторы необходимо перерассчитать, так же как и вектор компетентности эксперта $X^{\{\mathbb{E}\}}$ в целом.

4. Алгоритмы формирования компонентов адаптивной модели эксперта

4.1. Вектор научной квалификации эксперта

Множество $\mathcal{U}^{\{\mathbb{E}\}}$, характеризующее научную квалификацию эксперта, можно представить как совокупность кортежей

$$\mathcal{U}^{\{\mathbb{E}\}} = \{u_v^{\{\mathbb{E}\}}\} = \{(kv, sp, t)_v^{\{\mathbb{E}\}}\} = \{(kv_v, sp_v, t_v)^{\{\mathbb{E}\}}\}, \quad v = \overline{1, v_{\max}}, \quad (20)$$

где:

kv — индекс научной квалификации, присвоенной эксперту, в массиве $M^{(Kv)}$ возможных значений ученых степеней и ученых званий [2] и соответствующих им весовых коэффициентов;

sp – индекс научной специальности, по которой эксперту присвоена квалификация, в массиве номенклатуры научных специальностей ВАК [3];

t – дата присвоения квалификации;

$v_{\max}$ – количество документально подтвержденных научных квалификаций эксперта.

Массив $M^{\{Кв\}}$ можно записать в виде соответствующей матрицы

$$M^{\{Кв\}} = \begin{pmatrix} m_1^{\{Кв\}} & k_1^{\{Кв\}} \\ \vdots & \vdots \\ m_{kv}^{\{Кв\}} & k_{kv}^{\{Кв\}} \\ \vdots & \vdots \\ m_{kv_{\max}}^{\{Кв\}} & k_{kv_{\max}}^{\{Кв\}} \end{pmatrix}, \quad (21)$$

где:

$m_{kv}^{\{Кв\}}$, $kv = \overline{1, kv_{\max}}$ – наименование ученой степени или ученого звания;

$k_{kv}^{\{Кв\}}$, $kv = \overline{1, kv_{\max}}$ – весовой коэффициент ученой степени или ученого звания.

В множестве $\mathcal{U}^{\{E\}}$ в качестве классификатора используется номенклатура научных специальностей ВАК. В связи с этим для перехода к универсальному классификатору, применяемому в модели Реестра $\mathcal{M}^{\{R\}}$ и модели эксперта $\mathcal{M}^{\{E\}}$, необходимо использовать матрицу связи этих классификаторов (12) из семейства $\Xi^{\{cl\}}$. Обозначим ее $\Xi^{\{BAK\}}$.

В матрице $\Xi^{\{BAK\}}$ каждый столбец $\Xi_{sp}^{\{BAK\}} = \|\xi_{1\ sp}^{\{BAK\}} \dots \xi_{j\ sp}^{\{BAK\}} \dots \xi_{J\ sp}^{\{BAK\}}\|^T$, $sp = \overline{1, sp_{\max}}$ показывает, какому набору отраслей знания из единого классификатора соответствует конкретная специальность по номенклатуре ВАК – sp , где $sp_{\max}$ – общее количество научных специальностей на низшем уровне иерархии номенклатуры ВАК.

Запишем выражение для оператора, преобразующего множество $\mathcal{U}^{\{E\}}$, характеризующее научную квалификацию эксперта, в вектор $\mathcal{U}^{\{E\}}$:

$$\Psi^{\{U, E\}}: \mathcal{U}^{\{E\}} \rightarrow U^{\{E\}}, \quad (22)$$

где:

$U^{\{E\}} = \|u_1^{\{E\}} \dots u_j^{\{E\}} \dots u_J^{\{E\}}\|^T$ – вектор научной квалификации i -го эксперта;

$U_i = \|u_{1i} \dots u_{ji} \dots u_{Ji}\|^T$, $i = \overline{1, I}$ – нормированный вектор научной квалификации i -го эксперта;

I – количество экспертов, зарегистрированных в Реестре;

$j = \overline{1, J}$ – индексы соответствующих отраслей знания на низшем уровне иерархии используемого универсального классификатора.

На основании вышеизложенного реализующий $\Psi^{\{U, E\}}$ алгоритм можно записать в виде следующей последовательности преобразований:

$$U^{\{E\}} = \sum_{v=1}^{v_{\max}} \left((k_{kv}^{\{Кв\}})_v \cdot (\Xi_{sp}^{\{BAK\}})_v \right) =$$

$$\sum_{v=1}^{v_{\max}} \left((k_{kv}^{\{Кв\}})_v \cdot \|(\xi_{1\ sp}^{\{BAK\}})_v \dots (\xi_{j\ sp}^{\{BAK\}})_v \dots (\xi_{J\ sp}^{\{BAK\}})_v\|^T \right) =$$

$$\begin{aligned} & \sum_{v=1}^{v_{\max}} \left(\left\| (k_{kv}^{\{KB\}})_v \cdot (\xi_{1sp}^{\{BAK\}})_v \cdots (k_{kv}^{\{KB\}})_v \cdot (\xi_{jsp}^{\{BAK\}})_v \right\|^T \right) = \\ & \left\| \sum_{v=1}^{v_{\max}} (k_{kv}^{\{KB\}})_v \cdot (\xi_{1sp}^{\{BAK\}})_v \cdots \sum_{v=1}^{v_{\max}} (k_{kv}^{\{KB\}})_v \cdot (\xi_{jsp}^{\{BAK\}})_v \right\|^T = \\ & \|u_1^{\{E\}} \cdots u_j^{\{E\}} \cdots u_j^{\{E\}}\|^T. \end{aligned} \quad (23)$$

Дополнительно необходимо сказать несколько слов о весовых коэффициентах $K_{kv}^{\{KB\}}$.

Очевидно, что эксперт может иметь несколько официальных, документально подтвержденных квалификаций по различным специальностям номенклатуры ВАК. Коэффициенты $K_{kv}^{\{KB\}}$ должны быть подобраны таким образом, чтобы, с одной стороны, учитывать разницу в значимости различных квалификаций (например, значимость ученой степени «доктор наук» больше, чем ученой степени «кандидат наук», и т.д.), а с другой — чтобы их максимально возможная сумма в пределах произвольной отрасли знаний $\overline{1, J}$ не превышала 1, т.е.

$$\forall j = \overline{1, J}: \sum_{v=1}^{v_{\max}} (k_{kv}^{\{KB\}})_v \cdot (\xi_{1sp}^{\{BAK\}})_v \leq 1. \quad (24)$$

Это ограничение можно также задать на уровне массива $M^{\{KB\}}$ как

$$\sum_{v=1}^{v_{\max}} (k_{kv}^{\{KB\}})_v = 1. \quad (25)$$

Требование (25) является необходимым, а (24) — необходимым и достаточным, однако, чтобы обеспечить обязательное выполнение (24), введем дополнительное искусственное ограничение (нормирование)

$$u_{ji} = \begin{cases} u_j^{\{E\}}, & u_j^{\{E\}} \leq 1 \\ 1, & u_j^{\{E\}} > 1 \end{cases}, j = \overline{1, J}, i = \overline{1, I}. \quad (26)$$

То есть если в силу непредвиденной специфики i -го эксперта или неоднозначности преобразования классификации отраслей знания расчетное значение суммы в пределах произвольной отрасли знаний $j = \overline{1, J}$ превысит 1, то соответствующему элементу вектора научной квалификации u_{ji} будет присвоено значение 1.

4.2. Вектор публикационной активности эксперта

Оценку публикационной активности эксперта как автора научных трудов можно провести различными способами. Нас эта задача интересует с точки зрения подсчета количества и нахождения степени соответствия научных трудов эксперта отраслям знаний на низшем уровне иерархии классификации, используемой в моделях $\mathcal{M}^{\{R\}}$ и $\mathcal{M}^{\{E\}}$. При этом представляется целесообразным учитывать при расчетах такие факторы, как уровень издания (например, квартиль или импакт-фактор журнала и т.п.), его значимость (с точки зрения трудозатрат, т.е.: доклад, статья, монография, отчет, книга и т.п.), цитируемость, коэффициент участия эксперта в разработке конкретных научных трудов и даты их опубликования.

По своему смыслу эту характеристику эксперта можно было бы также отнести к его научной квалификации, однако публикационная активность, с одной стороны, в большей степени динамична по отношению к изменениям в ученой степени или ученом звании эксперта, а с другой — позволяет более точно описать отрасль знания конкретного научного труда по сравнению с классификатором ВАК, что существенно повышает качество оценки компетентности эксперта в целом. Кроме этого, научные труды могут соотноситься с отраслями знания с помощью различных или одновременно нескольких классификаторов.

Учитывая указанную специфику, публикационную активность все же желательно рассматривать как отдельный фактор.

Множество $\mathcal{P}^{\{\mathbb{E}\}}$, содержащее совокупность данных, характеризующих публикационную активность эксперта, можно представить как совокупность кортежей

$$\mathcal{P}^{\{\mathbb{E}\}} = \{(ku, qu, Sp, t)_{r'}^{\{\mathbb{E}\}}\} = \{(ku_{r'}, qu_{r'}, Sp_{r'}, t_{r'})^{\{\mathbb{E}\}}\}, r' = \overline{1, r'_{\max}}, \quad (27)$$

где:

$ku \in [0, 1]$ — коэффициент участия эксперта в научном труде r' ;

qu — индекс уровня издания, в котором опубликован научный труд эксперта, в массиве $M^{\{\text{yp}\}}$ возможных значений уровней издания и значимости научных трудов и соответствующих им весовых коэффициентов;

Sp — массив индексов отраслей знания, к которым при публикации отнесен научный труд в соответствии с одним или несколькими классификаторами;

t — дата опубликования научного труда;

$r'_{\max}$ — количество документально подтвержденных научных трудов эксперта.

Массив $M^{\{\text{yp}\}}$ уровней издания можно записать в виде соответствующей матрицы

$$M^{\{\text{yp}\}} = \left\| \begin{array}{cc} m_1^{\{\text{yp}\}} & k_1^{\{\text{yp}\}} \\ \vdots & \vdots \\ m_{qu}^{\{\text{yp}\}} & k_{qu}^{\{\text{yp}\}} \\ \vdots & \vdots \\ m_{qu_{\max}}^{\{\text{yp}\}} & k_{qu_{\max}}^{\{\text{yp}\}} \end{array} \right\|, \quad (28)$$

где:

$m_{qu}^{\{\text{yp}\}}, qu = \overline{1, qu_{\max}}$ — наименование или шифр уровней издания;

$k_{qu}^{\{\text{yp}\}} \in [0, 1], qu = \overline{1, qu_{\max}}$ — весовой коэффициент уровня издания.

Примером массива $M^{\{\text{yp}\}}$ может послужить таблица, приведенная в Методике расчета качественного показателя государственного задания «Комплексный балл публикационной результативности» [1] для научных организаций, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, которая, кстати, сочетает в себе и учет уровня издания и значимости научного труда.

Значения коэффициента K_m качества статьи (журнала)*

Шифр	Q1	Q2	Q3	Q4	Q	S	R	V	B
K_m	19,7	7,3	2,7	1	1	1	0,75	0,5	1

* В таблице использованы следующие обозначения:

Q1, Q2, Q3, Q4 — публикации в изданиях, индексируемых Web of Science Core Collection;

Q – публикации в изданиях без квартиля, но входящие в Web of Science Core Collection;
 S – публикации в изданиях, индексируемых в Scopus и не индексируемых в Web of Science;
 R – публикации в журналах из RSCI Web of Science, не индексируемых в Core Collection Web of Science и Scopus (по данным РИНЦ);
 V – публикации в журналах списка ВАК, не входящих в вышеперечисленные пункты (по данным РИНЦ);
 В – монографии, зарегистрированные в Российской книжной палате.

Приведенную таблицу можно расширить за счет добавления других видов изданий и научных трудов (например, отчет о НИР, доклад на конференции, книга, учебник и т. п.) и соответствующих им весовых коэффициентов, которые необходимо нормировать таким образом, чтобы соблюсти условие $\forall k_{qu}^{yp} \in [0, 1], qu = \overline{1, qu_{max}}$.

Как уже указывалось выше, научные труды могут соотноситься с отраслями знания с помощью различных или одновременно нескольких классификаторов, поэтому для их перевода в единый универсальный классификатор необходимо воспользоваться матрицей связи (12).

Массив Sp_r , описывающий принадлежность научного труда r к тем или иным отраслям знания, можно формализовать следующим образом:

$$Sp_r = \left\{ (cl, sp, k^{sp})_n \right\}_{r^r} = \left\{ (cl_n, sp_n, k_n^{sp}) \right\}_{r^r}, r = \overline{1, r_{max}}, n = \overline{1, n_r}$$

$$cl \in [1, cl_{max}], k^{sp} \in [0, 1], \forall r \in [1, r_{max}]: \sum_{n=1}^{n_r} (k_n^{sp})_{r^r} = 1, \quad (29)$$

где:

(cl, sp, k^{sp}) – идентификационная группа, указывающая связь научного труда с конкретной отраслью знания sp и содержащая индекс классификатора cl , индекс отрасли знания sp в этом классификаторе, а также весовой коэффициент k^{sp} , характеризующий долю отрасли знаний sp в научном труде;

n_r – общее количество отраслей знания (идентификационных групп), указанных при публикации научного труда r .

Оператор, преобразующий множество $\mathcal{P}^{\{E\}}$, характеризующее публикационную активность эксперта, в вектор $P^{\{E\}}$, можно записать как

$$\Psi^{\{\mathcal{P}, E\}}: \mathcal{P}^{\{E\}} \rightarrow P^{\{E\}}, \quad (30)$$

где:

$P^{\{E\}} = \|p_1^{\{E\}} \dots p_j^{\{E\}} \dots p_I^{\{E\}}\|^T$ – вектор публикационной активности i -го эксперта;

$P_i = \|p_{1i} \dots p_{ji} \dots p_{Ii}\|^T, i = \overline{1, I}$ – нормированный вектор публикационной активности i -го эксперта;

I – количество экспертов, зарегистрированных в Реестре;

$j = \overline{1, J}$ – индексы соответствующих отраслей знания на низшем уровне иерархии используемого универсального классификатора.

С учетом (12), (27)–(29) алгоритм, реализующий $\Psi^{\{\mathcal{P}, E\}}$, примет вид:

$$P^{\{E\}} = \sum_{r=1}^{r_{max}} \left(ku \cdot k_{qu}^{yp} \cdot \sum_{n=1}^{n_r} (k_n^{sp} \cdot \Xi_{sp_n}^{cl_n}) \right)_{r^r} =$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{r=1}^{r_{\max}} \sum_{n=1}^{n_r} \left(ku \cdot k_{qu}^{\{yp\}} \cdot k_n^{\{sp\}} \cdot \|\xi_{1sp_n}^{\{cl_n\}} \dots \xi_{Jsp_n}^{\{cl_n\}}\|^T \right)_{\mathcal{r}} = \\
 & \sum_{r=1}^{r_{\max}} \sum_{n=1}^{n_r} \left(\|ku \cdot k_{qu}^{\{yp\}} \cdot k_n^{\{sp\}} \cdot \xi_{1sp_n}^{\{cl_n\}} \dots ku \cdot k_{qu}^{\{yp\}} \cdot k_n^{\{sp\}} \cdot \xi_{Jsp_n}^{\{cl_n\}}\|^T \right)_{\mathcal{r}} = \\
 & \left\| \sum_{r=1}^{r_{\max}} \sum_{n=1}^{n_r} \left(ku \cdot k_{qu}^{\{yp\}} \cdot k_n^{\{sp\}} \cdot \xi_{1sp_n}^{\{cl_n\}} \right)_{\mathcal{r}} \dots \sum_{r=1}^{r_{\max}} \sum_{n=1}^{n_r} \left(ku \cdot k_{qu}^{\{yp\}} \cdot k_n^{\{sp\}} \cdot \xi_{Jsp_n}^{\{cl_n\}} \right)_{\mathcal{r}} \right\|^T = \\
 & \|p_1^{\{E\}} \dots p_j^{\{E\}} \dots p_J^{\{E\}}\|^T.
 \end{aligned} \tag{31}$$

Нормируем полученный вектор, используя в качестве мер максимальные значения элементов $p_j^{\{E\}}$ для i -й отрасли знания среди всех экспертов Реестра:

$$\mu(p_j^{\{E\}}) = \max_{\{E\}}(p_j^{\{E\}}) = \max_{i=1, \bar{I}}(p_j^{\{E\}}). \tag{32}$$

Тогда

$$\begin{aligned}
 P_i &= \left\| \frac{p_1^{\{E\}}}{\mu(p_1^{\{E\}})} \dots \frac{p_j^{\{E\}}}{\mu(p_j^{\{E\}})} \dots \frac{p_J^{\{E\}}}{\mu(p_J^{\{E\}})} \right\|^T = \\
 & \|p_{1i} \dots p_{ji} \dots p_{Ji}\|^T, p_{ji} \in [0,1], i = \overline{1, I}.
 \end{aligned} \tag{33}$$

4.3. Вектор начального опыта эксперта

Множество $\mathcal{E}^{\{E\}}$ учитывает участие эксперта в работе специализированных экспертных советов, комиссий и т. п., а также в ЭАИ, внешних по отношению к Реестру, и может быть использовано для оценки базового (начального) располагаемого опыта эксперта по осуществлению экспертно-аналитической деятельности (далее – ЭАД) на момент его регистрации (аккредитации) в Реестре.

Множество $\mathcal{E}^{\{E\}}$ можно представить в виде упорядоченной совокупности кортежей

$$\mathcal{E}^{\{E\}} = \{(qz, Sp, t)_{\mathcal{g}}^{\{E\}}\} = \{(qz_{\mathcal{g}}, Sp_{\mathcal{g}}, t_{\mathcal{g}})_{\mathcal{g}}^{\{E\}}\}, \mathcal{g} = \overline{1, \mathcal{g}_{\max}}, \tag{34}$$

где:

qz – индекс значимости мероприятия ЭАД, в котором принял участие эксперт, в массиве $M^{\{3n\}}$ возможных уровней значимости мероприятий ЭАД и соответствующих им весовых коэффициентов;

Sp – массив индексов отраслей знания, к которым отнесено мероприятие ЭАД в соответствии с одним или несколькими классификаторами;

t – дата проведения мероприятия;

$\mathcal{g}_{\max}$ – количество мероприятий ЭАД, участие эксперта в которых подтверждено документально.

Массив $M^{\{3H\}}$ уровней значимости мероприятий ЭАД запишем в виде матрицы

$$M^{\{3H\}} = \begin{bmatrix} m_1^{\{3H\}} & k_1^{\{3H\}} \\ \vdots & \vdots \\ m_{qz}^{\{3H\}} & k_{qz}^{\{3H\}} \\ \vdots & \vdots \\ m_{qz_{\max}}^{\{3H\}} & k_{qz_{\max}}^{\{3H\}} \end{bmatrix}, \quad (35)$$

где:

$m_{qz}^{\{3H\}}, qz = \overline{1, qz_{\max}}$ – наименование значимости мероприятия;

$k_{qz}^{\{3H\}} \in [0, 1], qz = \overline{1, qz_{\max}}$ – весовой коэффициент уровня значимости мероприятия.

Для идентификации отраслей знания, к которым относятся мероприятия ЭАД с участием эксперта, целесообразно использовать массив классификаторов $M^{[Kл]}$ и соответствующие его элементам матрицы связи $\Xi^{[cl]}, cl = \overline{1, cl_{\max}}$, выражения (8) и (12) соответственно.

Массив Sp_g , описывающий принадлежность мероприятия ЭАД к тем или иным отраслям знания, по аналогии с (24) запишем в следующем виде:

$$Sp_g = \left\{ (cl, sp, k^{\{sp\}})_n \right\}_g = \left\{ (cl_n, sp_n, k_n^{\{sp\}}) \right\}_g, g = \overline{1, g_{\max}}, n = \overline{1, n_g}, \quad (36)$$

$$cl \in [1, cl_{\max}], k^{\{sp\}} \in [0, 1], \forall g \in [1, g_{\max}]: \sum_{n=1}^{n_g} (k_n^{\{sp\}})_g = 1,$$

где:

$(cl, sp, k^{\{sp\}})$ – идентификационная группа, указывающая связь мероприятия g с конкретной отраслью знания sp и содержащая индекс классификатора cl , индекс отрасли знания sp в этом классификаторе, а также весовой коэффициент $k^{\{sp\}}$, характеризующий долю отрасли знаний sp в этом мероприятии;

n_g – общее количество отраслей знания (идентификационных групп), указанных в описании мероприятия g .

Рассмотрим оператор, отображающий множество мероприятий $\mathcal{E}^{\{E\}}$ в вектор начального опыта эксперта $E^{\{E\}}$:

$$\Psi^{\{\mathcal{E}, E\}}: \mathcal{E}^{\{E\}} \rightarrow E^{\{E\}}, \quad (37)$$

где:

$E^{\{E\}} = \|\epsilon_1^{\{E\}} \dots \epsilon_j^{\{E\}} \dots \epsilon_J^{\{E\}}\|^T$ – вектор начального опыта i -го эксперта;

$E_i = \|\epsilon_{1i} \dots \epsilon_{ji} \dots \epsilon_{Ji}\|^T, i = \overline{1, I}$ – нормированный вектор начального опыта i -го эксперта;

I – количество экспертов, зарегистрированных в Реестре;

$j = \overline{1, J}$ – индексы соответствующих отраслей знания на низшем уровне иерархии используемого универсального классификатора.

По аналогии с (23) и (31) реализующий $\Psi^{\{\mathcal{E}, \mathbb{E}\}}$ алгоритм будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}^{\{\mathbb{E}\}} &= \sum_{g=1}^{g_{\max}} \left(k_{qz}^{\{3H\}} \cdot \sum_{n=1}^{n_g} \left(k_n^{\{sp\}} \cdot \Xi_{spn}^{\{cln\}} \right) \right)_g = \\ &= \left\| \sum_{g=1}^{g_{\max}} \sum_{n=1}^{n_g} \left(k_{qz}^{\{3H\}} \cdot k_n^{\{sp\}} \cdot \xi_{1spn}^{\{cln\}} \right)_g \quad \dots \quad \sum_{g=1}^{g_{\max}} \sum_{n=1}^{n_g} \left(k_{qz}^{\{3H\}} \cdot k_n^{\{sp\}} \cdot \xi_{jspn}^{\{cln\}} \right)_g \right\|^T = \\ &= \left\| \epsilon_1^{\{\mathbb{E}\}} \quad \dots \quad \epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}} \quad \dots \quad \epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}} \right\|^T. \end{aligned} \quad (38)$$

Нормируем полученный вектор, используя в качестве мер максимальные значения элементов $\epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}}$ для j -й отрасли знания среди всех экспертов Реестра:

$$\mu(\epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}}) = \max_{\{\mathbb{E}\}}(\epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}}) = \max_{i=1, \bar{I}}(\epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}}), \quad (39)$$

$$\begin{aligned} E_i &= \left\| \frac{\epsilon_1^{\{\mathbb{E}\}}}{\mu(\epsilon_1^{\{\mathbb{E}\}})} \quad \dots \quad \frac{\epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}}}{\mu(\epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}})} \quad \dots \quad \frac{\epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}}}{\mu(\epsilon_j^{\{\mathbb{E}\}})} \right\|^T = \\ &= \left\| \epsilon_{1i} \quad \dots \quad \epsilon_{ji} \quad \dots \quad \epsilon_{ji} \right\|^T, \epsilon_{ji} \in [0, 1], i = \overline{1, I}. \end{aligned} \quad (40)$$

4.4. Вектор научных интересов эксперта

Основным назначением множества $Q^{\{\mathbb{E}\}}$, формализующего профессиональную историю эксперта, является прежде всего отражение информации, необходимой для устранения возможного конфликта интересов при формировании экспертных групп либо при подборе эксперта для выполнения конкретного ЭАИ.

Привязка информации к геолокационным данным (адреса организаций, адрес проживания и т. п.) позволяет ранжировать экспертов, например, с точки зрения знания специфики региона (что существенно для таких отраслей знания, как геология, экология и т. п.) или же в зависимости от их удаленности от объекта ЭАИ или места возникновения той или иной ситуации [10] (в случае, если для подготовки заключения необходим выезд эксперта).

К этой же группе факторов можно также отнести научно-педагогический стаж и информацию об областях научных интересов, заявленных экспертом, которые могут быть учтены при количественных расчетах. При этом, чтобы не создавать излишне сложные сущности, условимся, что научно-педагогический стаж эксперта равномерно распределен между областями научных интересов, указанными им при регистрации в Реестре в виде кодов универсального классификатора.

Тогда в части, касающейся указанных расчетов, множество $Q^{\{\mathbb{E}\}}$ можно представить следующим образом:

$$Q^{\{\mathbb{E}\}} = \{St^{\{\mathbb{E}\}}, Sp^{\{\mathbb{E}\}}, t\}, \quad (41)$$

где:

$St^{\{\mathbb{E}\}}$ – научно-педагогический стаж эксперта, выраженный в годах;

$Sp^{\{E\}} = \{sp_n\}, n = \overline{1, n^{\{E\}}}$ – массив индексов отраслей знания в соответствии с универсальным классификатором, указанных экспертом как области его научных интересов;
 $n^{\{E\}}$ – размер массива $Sp^{\{E\}}$;
 t – момент оценки элементов множества $Q^{\{E\}}$.

Оператор, преобразующий множество $Q^{\{E\}}$ в соответствующий вектор $Q^{\{E\}}$, можно записать как

$$\Psi^{\{Q, E\}}: Q^{\{E\}} \rightarrow Q^{\{E\}}, \quad (42)$$

где:

$Q^{\{E\}} = \|q_1^{\{E\}} \dots q_j^{\{E\}} \dots q_J^{\{E\}}\|^T$ – вектор научных интересов i -го эксперта;

$Q_i = \|q_{1i} \dots q_{ji} \dots q_{Ji}\|^T, i = \overline{1, I}$ – нормированный вектор научных интересов i -го эксперта;

I – количество экспертов, зарегистрированных в Реестре;

$j = \overline{1, J}$ – индексы соответствующих отраслей знания на низшем уровне иерархии используемого универсального классификатора.

Реализующий $\Psi^{\{Q, E\}}$ алгоритм будет иметь вид:

$$Q^{\{E\}} = \frac{St^{\{E\}}}{n^{\{E\}}} \sum_{n=1}^{n^{\{E\}}} (\Xi_{sp_n}^{\{1\}}) = \left\| \sum_{n=1}^{n^{\{E\}}} \left(\frac{St^{\{E\}}}{n^{\{E\}}} \cdot \xi_{1 sp_n}^{\{1\}} \right) \dots \sum_{n=1}^{n^{\{E\}}} \left(\frac{St^{\{E\}}}{n^{\{E\}}} \cdot \xi_{J sp_n}^{\{1\}} \right) \right\|^T =$$

$$\|q_1^{\{E\}} \dots q_j^{\{E\}} \dots q_J^{\{E\}}\|^T. \quad (43)$$

Нормируем полученный вектор, используя в качестве мер максимальные значения элементов $q_j^{\{E\}}$ для i -й отрасли знания среди всех экспертов Реестра:

$$\mu(q_j^{\{E\}}) = \max_{\{E\}}(q_j^{\{E\}}) = \max_{i=\overline{1, I}}(q_j^{\{E\}}), \quad (44)$$

$$Q_i = \left\| \frac{q_1^{\{E\}}}{\mu(q_1^{\{E\}})} \dots \frac{q_j^{\{E\}}}{\mu(q_j^{\{E\}})} \dots \frac{q_J^{\{E\}}}{\mu(q_J^{\{E\}})} \right\|^T =$$

$$\|q_{1i} \dots q_{ji} \dots q_{Ji}\|^T, q_{ji} \in [0, 1], i = \overline{1, I}. \quad (45)$$

4.5. Вектор результативности эксперта

Результативность эксперта можно понимать по-разному. С одной стороны, это могут быть количественные характеристики, например количество ЭАИ, выполненных экспертом в рамках Реестра, а с другой – качественные, такие как достоверность полученных результатов или эффективность работы эксперта. Однако, в любом случае, эти качественные оценки должны быть численными, и здесь возникает ряд сложностей, связанных с их расчетом.

Одной из основных и самых главных задач, ради решения которых и создавался Реестр, является организация и проведение экспертизы научно-технических проектов различных уровней сложности. Мнение экспертного сообщества, выраженное в подготовленных экспертных заключениях, служит одним из средств поддержки при принятии решения о необходимости реализации указанных проектов.

В силу своей сложности и длительности исполнения реальные результаты выполнения таких проектов становятся доступны лишь спустя достаточно длительный промежуток времени — от одного года до трех лет и более. Поэтому оценить правильность выводов и рекомендаций, подготовленных экспертом в отношении этих проектов, также представляется возможным лишь по истечении указанных временных интервалов. Еще в большей степени сложной является оценка правильности выводов эксперта в отношении отклоненных проектов. Кроме того, ряд ЭАИ в силу своей специфики вообще не предусматривает какой-либо отчетности о результатах выполнения проходивших экспертизу проектов.

Отсутствие в обозримом временном интервале информации об успешности или неудаче реализации таких проектов не позволяет своевременно оценить достоверность и эффективность эксперта непосредственно.

Существующие методы косвенной оценки качественных характеристик эксперта, не требующие обратной информационной связи, также не всегда могут быть применимы, поскольку содержат в своей основе весьма неоднозначную аксиоматику (постулаты). Примером могут послужить методы, основанные на аксиоме несмещенности [8, 5, 21], утверждающей превосходство мнения группы над мнением индивида. В соответствии с ними эксперты, мнение которых об объекте ЭАИ отличается от мнения, которого придерживается большинство экспертов группы, оцениваются за выполненную работу тем ниже, чем больше различие их позиции с позицией большинства в группе экспертов, выполняющих конкретное ЭАИ.

В этом отношении весьма знаменательны слова А.И. Орлова относительно так называемой догмы согласованности [16]: «Часто без всяких оснований считается, что решение может быть принято лишь на основе согласованных мнений экспертов. Поэтому исключают из экспертной группы тех, чье мнение отличается от мнения большинства. При этом отсеиваются как неквалифицированные лица, попавшие в состав экспертной комиссии по недоразумению или по соображениям, не имеющим отношения к их профессиональному уровню, так и наиболее оригинальные мыслители, глубже проникшие в проблему, чем большинство. Следовало бы выяснить их аргументы, предоставить им возможность для обоснования их точек зрения. Вместо этого их мнением пренебрегают».

Кроме этого, следует отметить, что для достижения статистически значимых величин отклонения мнения отдельного эксперта от мнения группы размеры такой группы должны превышать 20–30 человек, что совершенно невыгодно с экономической точки зрения на организацию процесса ЭАИ.

Таким образом, с учетом вышесказанного условимся, что под результативностью эксперта мы будем понимать лишь оценку количества ЭАИ, в которых принял участие эксперт, без учета качества его работы (эффективности, объективности, достоверности и т. п.). Тем не менее следует отметить, что высокая частота привлечения эксперта к ЭАИ косвенно может свидетельствовать о его востребованности, т. е. о соответствии результатов его работы перечисленным качествам.

Множество результатов, полученных экспертом при выполнении работ в составе Реестра $\mathcal{V}^{\{E\}}$, формируется экспериментальным методом и содержит все результаты деятельности эксперта в рамках Реестра, в том числе ответы эксперта на все вопросы во всех экспертных картах (анкетах) всех выполненных им ЭАИ, выставленные им баллы, сформулированные выводы и высказанные рекомендации.

Множество результатов, полученных экспертом при выполнении работ в составе Реестра $\mathcal{V}^{\{E\}}$, является подмножеством массива W , описанного в [14] и содержащего всю информацию о результатах работы всех экспертов Реестра: $\mathcal{V}^{\{E\}} \subset W$.

Напомним, что W представляет собой четырехмерную матрицу размерностью $M \times K \times J \times I$, где: I — количество экспертов в Реестре; J — количество отраслей знания на низшем уровне

иерархии универсального классификатора; K – количество выполненных ЭАИ, учтенных в Реестре; M – размерность вектора результатов ЭАИ.

Тогда множество $\mathcal{V}^{\{E\}}$ можно рассматривать как подмножество сечения массива W по координате i (т.е. трехмерного массива (матрицы) размерностью $M \times K \times J$) в части, касающейся учета результатов ЭАИ, относящихся к эксперту: $\mathcal{V}^{\{E\}} \subset W_i$.

Множество $\mathcal{W}^{\{E\}}$ можно представить в виде упорядоченной совокупности кортежей

$$\mathcal{V}^{\{E\}} = \left\{ \left(k_k^{\{3H\}}, z_k, T_k \right)^{\{E\}} \right\}, k = \overline{1, k_{\max}}, \quad (46)$$

где:

$k_k^{\{3H\}} \in [0,1]$ – весовой коэффициент, характеризующий значимость k -го ЭАИ;

$z_k \in [0,1]$ – весовой коэффициент, отражающий степень участия эксперта в k -м ЭАИ;

T_k – вектор моментов времени, связанных с k -м ЭАИ (например, начало работы, начало и завершение этапов, окончание работы и т. п.);

$k_{\max} \leq K$ – количество ЭАИ, в которых принял участие эксперт в рамках Реестра;

K – количество ЭАИ, выполненных и учтенных в Реестре.

Рассмотрим методику расчета весовых коэффициентов.

Эксперт может участвовать в ЭАИ как единолично, так и в составе экспертной группы. Эти ЭАИ могут быть различной степени значимости (сложности). Для того чтобы учесть степень участия эксперта в конкретном ЭАИ, а также уровень значимости (сложности) этого исследования, целесообразно воспользоваться таким параметром, как трудозатраты.

Удобство этого параметра состоит прежде всего в том, что он подлежит обязательному учету при оформлении трудовых отношений между экспертом и организацией – оператором Реестра. Помимо этого, все действия эксперта при совершении им любых, в том числе и связанных с выполнением ЭАИ, операций в Реестре регистрируются, привязываются к моментам времени и сохраняются в базе данных Реестра, что позволяет также косвенно оценить реальные трудозатраты эксперта.

Так, если трудозатраты эксперта отнести к трудозатратам на проведение конкретного ЭАИ в целом (т.е. к сумме трудозатрат всех экспертов, участвовавших в этом ЭАИ), то получим коэффициент участия эксперта в оцениваемом исследовании:

$$z_k = f(T_k) / \sum_{\{E\}} f(T_k), \quad (47)$$

где $f(T_k)$ – функция, реализующая алгоритм расчета трудозатрат на основании данных вектора моментов времени (вектора истории) ЭАИ T_k .

При этом очевидно, что сумма коэффициентов участия всех экспертов, являющихся исполнителями оцениваемого ЭАИ, будет равна 1, т.е. $\sum_{\{E\}} z_k = 1$.

Отношение трудозатрат на конкретное ЭАИ к трудозатратам на самое сложное ЭАИ (т.е. трудозатраты на выполнение которого максимальны среди всех ЭАИ, учтенных в Реестре) определит коэффициент значимости (сложности) оцениваемого ЭАИ:

$$k_k^{\{3H\}} = \sum_{\{E\}} f(T_k) / \max_{k=1, K} \left(\sum_{\{E\}} f(T_k) \right). \quad (48)$$

Оператор, преобразующий множество $\mathcal{V}^{\{\mathbb{E}\}}$ в соответствующий вектор $V^{\{\mathbb{E}\}}$, можно записать как

$$\Psi^{\{\mathcal{V}, \mathbb{E}\}}: \mathcal{V}^{\{\mathbb{E}\}} \rightarrow V^{\{\mathbb{E}\}}, \quad (49)$$

где:

$V^{\{\mathbb{E}\}} = V_i = \|v_{1i} \ \dots \ v_{ji} \ \dots \ v_{Ii}\|^T, i = \overline{1, I}$ – нормированный вектор результативности i -го эксперта;

I – количество экспертов, зарегистрированных в Реестре;

$j = \overline{1, J}$ – индексы соответствующих отраслей знания на низшем уровне иерархии используемого универсального классификатора.

Реализующий $\Psi^{\{\mathcal{V}, \mathbb{E}\}}$ алгоритм с учетом выражений (46)–(48) можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} V_i &= A_i \cdot \frac{1}{k_{\max}} \sum_{k=1}^K (k_k^{\{\mathbb{H}\}} \cdot z_{ik} \cdot Y_k) = \left\| \begin{pmatrix} a_{1i} \\ \vdots \\ a_{ji} \\ \vdots \\ a_{Ii} \end{pmatrix} \right\| \cdot \frac{1}{k_{\max}} \sum_{k=1}^K \left(k_k^{\{\mathbb{H}\}} \cdot z_{ik} \cdot \left\| \begin{pmatrix} y_{1k} \\ \vdots \\ y_{jk} \\ \vdots \\ y_{Jk} \end{pmatrix} \right\| \right) = \\ &= \left\| \begin{pmatrix} a_{1i} \\ \vdots \\ a_{ji} \\ \vdots \\ a_{Ii} \end{pmatrix} \right\| \cdot \sum_{k=1}^K \left(\frac{1}{k_{\max}} \cdot \frac{f(T_{ik})}{\sum_{i=1}^I f(T_{ik})} \cdot \frac{\sum_{i=1}^I f(T_{ik})}{\max_{k=\overline{1, K}} (\sum_{i=1}^I f(T_k))} \cdot \left\| \begin{pmatrix} y_{1k} \\ \vdots \\ y_{jk} \\ \vdots \\ y_{Jk} \end{pmatrix} \right\| \right) = \\ &= \left\| \sum_{k=1}^K \left(\frac{a_{1i} \cdot y_{1k} \cdot f(T_k)}{k_{\max} \cdot \max_{k=\overline{1, K}} (\sum_{i=1}^I f(T_k))} \right) \ \dots \ \sum_{k=1}^K \left(\frac{a_{Ii} \cdot y_{Jk} \cdot f(T_k)}{k_{\max} \cdot \max_{k=\overline{1, K}} (\sum_{i=1}^I f(T_k))} \right) \right\|^T = \\ &= \|v_{1i} \ \dots \ v_{ji} \ \dots \ v_{Ii}\|^T, i = \overline{1, I}. \end{aligned} \quad (50)$$

где:

$A_i = \|a_{1i} \ \dots \ a_{ji} \ \dots \ a_{Ii}\|^T, i = \overline{1, I}$ – столбец матрицы A , увязывающей множество экспертов Реестра и отрасли знания, в которых они компетентны [14];

$Y_k = \|y_{1k} \ \dots \ y_{jk} \ \dots \ y_{Jk}\|^T, j = \overline{1, J}$ – научно-технический профиль k -го ЭАИ;

$z_{ik} \in [0, 1]$ – весовой коэффициент, характеризующий степень участия i -го эксперта в k -м исследовании и удовлетворяющий условию $\forall k = \overline{1, K}: \sum_{i=1}^I z_{ik} = 1$.

4.6. Вектор квалификации эксперта как субъекта ЭАИ

Оценка деятельности эксперта как субъекта ЭАИ в реальности, как правило, проводится в отношении группы однородных ЭАИ, выполненных экспертом в рамках одной процедуры (конкурса, этапа и т. п.). При этом оценке подлежат все свойства эксперта, проявляемые им непосредственно в процессе выполнения ЭАИ, т. е. не только качество его работы (эффективность, объективность, достоверность и т. п.), но и присущие ему характерные человеческие качества (внимание, обязательность, аккуратность, корректность и т. д.). Перечень таких свойств может быть весьма разнообразным.

Очевидно, что такие интегральные оценки носят интуитивно-субъективный характер. Тем не менее многолетний опыт взаимодействия организации – оператора Реестра с экспертным сообществом показывает, что именно такие оценки, как правило, имеют наибольший приоритет при формировании экспертных пулов и групп для предстоящих ЭАИ. Это особенно важно при планировании так называемых массовых ЭАИ, тем более если они проводятся в пределах жестко заданных временных интервалов.

Как уже было отмечено в предыдущем параграфе, векторы результативности и квалификации эксперта частично взаимосвязаны между собой, поскольку базируются на одном и том же подмножестве ЭАИ, выполненных экспертом в рамках Реестра.

Множество $\mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}}$ можно представить в виде упорядоченной совокупности кортежей

$$\mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}} = \{(\delta_k, t_k)^{\{\mathbb{E}\}}\}, k = \overline{1, k_{\max}}, \quad (51)$$

где:

$\delta_k \in [-0.5, 0.5]$ – интегральная оценка эксперта за выполнение k -го ЭАИ;

$k_{\max} \leq K$ – количество ЭАИ в рамках Реестра, участие эксперта в выполнении которых было оценено организацией – оператором Реестра;

K – количество ЭАИ, выполненных и учтенных в Реестре;

t_k – момент (дата) оценки.

Оператор, преобразующий множество $\mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}}$ в соответствующий вектор $R^{\{\mathbb{E}\}}$, можно записать как

$$\Psi^{\{\mathcal{R}, \mathbb{E}\}}: \mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}} \rightarrow R^{\{\mathbb{E}\}}, \quad (52)$$

где:

$\mathcal{R}^{\{\mathbb{E}\}} = R_i = \|r_{1i} \ \dots \ r_{ji} \ \dots \ r_{ji}\|^T, i = \overline{1, I}$ – нормированный вектор квалификации i -го эксперта;

I – количество экспертов, зарегистрированных в Реестре;

$j = \overline{1, J}$ – индексы соответствующих отраслей знания на низшем уровне иерархии используемого универсального классификатора.

Реализующий $\Psi^{\{\mathcal{R}, \mathbb{E}\}}$ алгоритм имеет вид:

$$\begin{aligned} R_i &= A_i \cdot \frac{1}{k_{\max}} \sum_{k=1}^K (\delta_{ik} \cdot Y_k) = \left\| \begin{pmatrix} a_{1i} \\ \vdots \\ a_{ji} \\ \vdots \\ a_{ji} \end{pmatrix} \right\| \cdot \frac{1}{k_{\max}} \sum_{k=1}^K \left(\delta_{ik} \cdot \left\| \begin{pmatrix} y_{1k} \\ \vdots \\ y_{jk} \\ \vdots \\ y_{jk} \end{pmatrix} \right\| \right) = \\ &= \left\| \sum_{k=1}^K \left(\frac{\delta_{ik} \cdot a_{1i} \cdot y_{1k}}{k_{\max}} \right) \ \dots \ \sum_{k=1}^K \left(\frac{\delta_{ik} \cdot a_{ji} \cdot y_{jk}}{k_{\max}} \right) \right\|^T = \\ &= \|r_{1i} \ \dots \ r_{ji} \ \dots \ r_{ji}\|^T, i = \overline{1, I}, \end{aligned} \quad (53)$$

где:

$A_i = \|a_{1i} \ \dots \ a_{ji} \ \dots \ a_{ji}\|^T, i = \overline{1, I}$ – столбец матрицы, увязывающей множество экспертов Реестра и отрасли знания, в которых они компетентны [14];

$Y_k = \|y_{1k} \ \dots \ y_{jk} \ \dots \ y_{jk}\|^T, j = \overline{1, J}$ – научно-технический профиль k -го ЭАИ;

$\delta_{ik} \in [-0.5, 0.5]$ – интегральная оценка i -го эксперта за k -е ЭАИ.

Следует обратить особое внимание на то, что вектор R_i является единственным из компонентов вектора компетентности, элементы которого могут принимать отрицательные значения и, соответственно, нормированы в другом, отличном от остальных компонентов диапазоне. Эта особенность позволяет учесть в рассматриваемых алгоритмах возможную отрицательную динамику (регресс) компетентности эксперта.

В связи с этим необходимо исключить возникновение ситуации, когда многократное отрицательное оценивание деятельности эксперта может привести к появлению отрицательных значений элементов вектора компетентности эксперта, что, по его определению, недопустимо (4).

Для этого введем дополнительное ограничение

$$x_{ji} = \begin{cases} x_j^{\{E\}}, & x_j^{\{E\}} \in [0, 1] \\ 0, & x_j^{\{E\}} < 0 \end{cases}, j = \overline{1, J}, i = \overline{1, I}. \quad (54)$$

5. Регресс компетентности эксперта

Отрицательная динамика компетентности эксперта, помимо негативных оценок его деятельности по выполнению ЭАИ, может быть также связана с другими причинами.

Так, в ряде работ, посвященных моделированию процессов ЭАИ и деятельности экспертов, предлагается использование математических механизмов, отражающих естественное снижение значимости данных и сведений, используемых при оценке компетентности эксперта, с течением времени (устаревание информации) [6]. Представляется вполне очевидным, что данные и сведения, содержащиеся в компонентах модели эксперта $\mathcal{M}^{\{E\}}$, со временем могут терять свою актуальность.

Для моделирования таких регрессионных процессов целесообразно использовать экспоненциальную функцию, асимптотически стремящуюся к нулю при возрастании аргумента:

$$f(t) = a \cdot e^{-\lambda t}, \lambda \geq 0, \quad (55)$$

где: a — начальное значение параметра; λ — коэффициент, характеризующий скорость изменения параметра; t — время.

Применять такую методику, учитывающую тенденцию изменения тех или иных факторов, участвующих в формировании вектора компетентности, можно как при расчетах конкретных значений каждого из элементов результирующих векторов, так и применительно ко всем элементам вектора одновременно. При этом в качестве начального значения функции a можно использовать коэффициенты значимости (например, в выражениях (21), (28), (35) и (46)), а в качестве λ — некую эмпирическую величину, отражающую скорость научно-технологического развития той или иной области знания:

$$k_{ij}^{\{E\}}(t) = k_{ij}^{\{E\}}(t_i^{\{E\}}) \cdot e^{-\lambda_j(t-t_i^{\{E\}})}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, \quad (56)$$

где:

$k_{ij}^{\{E\}}(t)$ — значение коэффициента значимости, используемого при расчетах значения j -го элемента результирующего вектора из числа используемых в модели эксперта $\mathcal{M}^{\{E\}}$, для i -го эксперта в момент времени t ;

$k_{ij}^{\{E\}}(t_i^{\{E\}})$ — начальное значение рассматриваемого коэффициента значимости на момент времени $t_i^{\{E\}}$ регистрации данных и сведений, связанных с коэффициентом;

$\lambda_j \geq 0$ — скорость научно-технологического развития j -й области знаний.

Однако следует отметить, что формализация такого регрессионного процесса связана с рядом трудностей, связанных прежде всего с определением значений параметра λ для различных областей знания. Вероятно, более целесообразным было бы установление некоего единого параметра устаревания информации $\lambda^{\{E\}}$ в рамках модели $M^{\{E\}}$.

Заключение

Таким образом, были рассмотрены все элементы модели эксперта $M^{\{E\}}$, включая оператор $\Psi^{\{E\}}$ формирования вектора компетентности эксперта $X^{\{E\}}$.

Выше уже упоминалось о необходимости регулярного перерасчета значений элементов $X^{\{E\}}$ после изменения экспертом подмножества $M_D^{\{E\}}$ документальных сведений. Следует отметить, что эта процедура должна быть осуществлена не только в отношении конкретного эксперта $X^{\{E\}}$, внесшего изменения, но и для всех остальных экспертов Реестра. Такая необходимость связана прежде всего с нормированием элементов результирующих векторов $U^{\{E\}}, P^{\{E\}}, E^{\{E\}}, Q^{\{E\}}$, подразумевающим анализ сведений о всех экспертах, аккредитованных в Реестре (см. (32), (39) и (44)).

Аналогичную процедуру целесообразно проводить после проведения группы ЭАИ, особенно массовых, поскольку они вносят существенный вклад в векторы результативности и квалификации эксперта, а следовательно, и в вектор его компетентности $X^{\{E\}}$.

Уровень проработки предложенных алгоритмов расчета вектора компетентности и формирования его компонентов на основании располагаемых данных и сведений позволяет реализовать их с помощью большинства известных средств программирования, а отдельные их элементы уже нашли практическое применение в информационной системе Федерального реестра экспертов научно-технической сферы Минобрнауки России, организацией-оператором которого является ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ.

Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы, проводимой ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по государственному заданию № 075-01394-20-02 на 2020 г. Министерства образования и науки РФ в сфере экспертизы по проекту 730000Ф.99.1.БВ15АА00003.

Список литературы

1. О корректировке государственного задания с учетом методики расчета комплексного балла публикационной результативности: Письмо заместителя Министра науки и высшего образования Российской Федерации от 14.01.2020 № МН-8/6-СК.
2. Об утверждении Единого реестра ученых степеней и ученых званий и Положения о порядке присуждения ученых степеней: Постановление Правительства РФ от 30.01.2002 № 74.
3. Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени: Приказ Минобрнауки России от 23.10.2017 № 1027.
4. Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators [Online] // The Organization for Economic Co-operation and Development. OECD, 2019. URL: <http://www.oecd.org/science/inno/38235147.pdf> (дата обращения: 27.05.2020).
5. Бурков Е.А. Определение компетентности экспертов на основе поставленных ими оценок // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2009. № 4. С. 20–24.
6. 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.
7. Государственный рубрикатор НТИ России / Томский гос. пед. ун-т (ТГПУ), 2020. URL: <https://www.tspu.edu.ru/tspu/files/file/grnti.pdf> (дата обращения: 27.05.2020).
8. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / пер. с фр. М.: Радио и связь, 1990.
9. Ельмеев В.Я., Овсянников В.Г. Прикладная социология: очерки методологии / 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во С.-Петербургского гос. ун-та, 1999. С. 296.

10. Еременко В.Т. и др. Моделирование процесса формирования экспертной группы по заданной тематике // Информационные системы и технологии. Орел: Госуниверситет – УНПК, 2012. № 3 (71). С. 23–30.
11. Классификация ASJC (All Science Journals Classification) Scopus // Российская академия архитектуры и строительных наук (оф. сайт). РААСН, 2020. URL: http://www.raasn.ru/academy/materials/general_meeting/elections/2018/Классификация%20журналов%20по%20темам,%20используемая%20в%20Scopus%20-%20Классификация%20ASJC%20Scopus%20для%20распределения%20журналов%20по%20предметным%20областям.pdf (дата обращения: 27.05.2020).
12. Крюковский А.С., Лебедева Т.В. Математическая модель эксперта при оценке информационной безопасности системы // Вестник Российского нового ун-та. 2016. Вып. 3: Сложные системы: модели, анализ и управление. С. 5–9.
13. Крюковский В.В. Формирование эталонного варианта модели специалиста-эксперта с использованием теории прецедентов // Новые компьютерные технологии. Кривой Рог: Криворожский нац. ун-т, 2011. № 1 (9). Т. 9. С. 106–107.
14. Мельник П.Б. Математическая постановка задачи формирования реестра экспертов // Инноватика и экспертиза. 2014. № 2 (13). С. 69–81.
15. Мельник П.Б. Методика формирования экспертных пулов и групп для проведения экспертно-аналитических исследований // Инноватика и экспертиза. 2017. № 1 (19). С. 39–54.
16. Орлов А.И. Теория принятия решений: учеб. пособие. М.: Экзамен, 2005.
17. Словари и энциклопедии на Академике // Академик, 2002–2020. URL: <https://dic.academic.ru> (дата обращения: 27.05.2020).
18. Словарь по профориентации и психологической поддержке // Национальная энциклопедическая служба России – НЭС. 2020. URL: <https://vocabulary.ru/slovary/slovar-po-proforientacii-i-psihologicheskoi-podderzhke.html> (дата обращения: 27.05.2020).
19. Стерлигов И.А. Песнь о классификаторах: OECD, ГРНТИ, ВАК, WoS, Scopus, МСКО... / Blogger. 2013. URL: <http://isterligov.blogspot.com/2013/09/oecd-wos-scopus.html> (дата обращения: 27.05.2020).
20. Тематический классификатор Journal of Economic Literature (JEL) // Библиотечно-информационный комплекс Финансового ун-та при Правительстве РФ. 1998–2020. URL: <http://www.library.fa.ru/files/JEL.pdf> (дата обращения: 27.05.2020).
21. Фомов А.П. Модель учета степени расхождения экспертных оценок // Сб. науч. трудов по материалам международной науч.-практ. конф. Ч. 7. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2013.
22. Чернышева Т.В. Модель многокритериальной оценки экспертов // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2008. № 9 (16). С. 242–245.

References

1. *O korrrektirovke gosudarstvennogo zadaniya s uchetom metodiki rascheta kompleksnogo balla publikatsionnoy rezul'tativnosti. Pis'mo zamestitelya Ministra nauki i vysshego obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii ot 14.01.2020 No. MN-8/6-SK* [On adjusting the state assignment, taking into account the methodology for calculating the complex score of publication performance: Letter from the Deputy Minister of Science and Higher Education of the Russian Federation dated January 14, 2020. No. MN-8/6-SK].
2. *Ob utverzhdenii Edinogo reestra uchenykh stepeney i uchenykh zvanii i Polozheniya o poryadke pri-suzhdeniya uchenykh stepeney: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 30.01.2002 No. 74* [On the approval of the Unified Register of Academic Degrees and Academic Ranks and the Regulations on the Procedure for the Awarding of Academic Degrees: Resolution of the Government of the Russian Federation No. 74 dated January 30, 2002].
3. *Ob utverzhdenii nomenklatury nauchnykh spetsial'nostey, po kotorym prisuzhdayutsya uchenye stepeni. Prikaz Minobrnauki Rossii ot 23.10.2017 No. 1027* [On the approval of the nomenclature of scientific specialties for which academic degrees are awarded: Order of the Ministry of Education and Science of Russia No. 1027 dated 23.10.2017].
4. Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators. The Organization for Economic Co-operation and Development. OECD (2019). Available at: <http://www.oecd.org/science/inno/38235147.pdf> (date of access: 27.05.2020).

5. Burkov E.A. (2009) *Opređenje kompetentnosti ekspertov na osnovu postavlenykh imi otsenok* [Determination of the competence of experts on the basis of their estimates] *Izv. SPbGETU «LETI»* [Izv. SPbGETU «LETI»]. No. 4. P. 20–24.
6. Burkov E.A., Karpachevsky A.V., Paderno P.I. (2011) *Otsenka kompetentnosti ekspertov na osnovu rezultativnosti ikh uchastiya v ekspertizakh* [Assessment of the competence of experts on the basis of the effectiveness of their participation in examination] *Izv. SPbGETU «LETI»* [Izv. SPbGETU «LETI»]. No. 10. P. 38–44.
7. *Gosudarstvennyy rubrikator NTI Rossii, 2020* [State rubricator of NTI of Russia. (2020)] *Tomskiy gos. ped. un-t (TGPU)* [Tomsk state ped. university (TSPU)]. Available at: <https://www.tspu.edu.ru/tspu/files/file/grnti.pdf> (date of access: 27.05.2020).
8. Dubois D., Prade A. (1990) *Teoriya vozmozhnostey. Prilozheniya k predstavleniyu znaniy v informatike. Per. s fr.* [Theory of possibilities. Applications to the representation of knowledge in computer science. Translation from French] *Radio i svyaz'* [Radio and communication]. Moscow.
9. Elmeev V.Ya., Ovsyannikov V.G. (1999) *Prikladnaya sotsiologiya: ocherki metodologii. 2-e izd., ispr. i dop.* [Applied Sociology: Essays on Methodology. 2nd ed. Rev. and add] *Izd-vo Sankt Peterburgskogo gos. un-ta* [Publishing house of the St. Petersburg State University]. St. Petersburg. P. 296.
10. Eremenko V.T. et al. (2012) *Modelirovanie protsessa formirovaniya ekspertnoy gruppy po zadannoy tematike. Informatsionnye sistemy i tekhnologii* [Modeling the process of forming an expert group on a given topic. Information systems and technologies] *Orel Gosuniversitet – UNPK* [Orel State University – UPPK]. Orel. No. 3 (71). P. 23–30.
11. *Klassifikatsiya ASJC (All Science Journals Classification) Scopus. Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitel'nykh nauk (of. sayt). RAASN, 2020* [Classification ASJC (All Science Journals Classification) Scopus. Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (official Site). RAASN. (2020)]. Available at: http://www.raasn.ru/academy/materials/general_meeting/elections/2018/Классификация%20журналов%20по%20темам,%20используемая%20в%20Scopus%20-%20Классификация%20ASJC%20Scopus%20для%20распределения%20журналов%20по%20предметным%20областям.pdf (date of access: 27.05.2020).
12. Kryukovsky A.S., Lebedeva T.V. (2016) *Matematicheskaya model' eksperta pri otsenke informatsionnoy bezopasnosti sistemy. Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie* [Mathematical model of an expert in assessing the information security of a system. Complex systems: models, analysis and management] *Vestnik Rossiyskogo novogo un-ta* [Bulletin of the Russian New University]. Issue. 3. P. 5–9.
13. Kryuchkovsky V.V. (2011) *Formirovanie etalonnogo varianta modeli spetsialista-eksperta s ispol'zovaniem teorii pretsedentov* [Formation of the reference version of the model of a specialist-expert using the theory of precedents] *Novye komp'yuternye tekhnologii* [New computer technologies] *Krivorozhskiy nats. un-t* [Krivoy Rog national university]. Krivoy Rog. No. 1 (9). Vol. 9. P. 106–107.
14. Melnik P.B. (2014) *Matematicheskaya postanovka zadachi formirovaniya reestra ekspertov.* [Mathematical formulation of the problem of forming the Roster of experts] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and Expert Examination]. Moscow. No. 2 (13). P. 69–81.
15. Melnik P.B. (2017) *Metodika formirovaniya ekspertnykh pulov i grupp dlya provedeniya ekspertno-analiticheskikh issledovaniy* [Methodology for the formation of expert pools and groups for expert and analytical research] *Innovatika i ekspertiza* [Innovation and Expert Examination]. Moscow. No. 1 (19). P. 39–54.
16. Orlov A.I. (2005) *Teoriya prinyatiya resheniy: ucheb. posobie* [Decision making theory: textbook]. *Ekzamen* [Exam]. Moscow.
17. *Slovari i entsiklopedii na Akademike 2002-2020* [Dictionaries and encyclopedias on Academician (2002–2020)] *Akademik* [Academician]. Available at: <https://dic.academic.ru> (date of access: 27.05.2020).
18. *Slovar' po proforientatsii i psikhologicheskoy podderzhke. Natsional'naya entsiklopedicheskaya sluzhba Rossii – NES* [Dictionary of vocational guidance and psychological support. National Encyclopedic Service of Russia – NES (2020)]. Available at: <https://vocabulary.ru/slovari/slovar-po-proforientatsii-i-psihologicheskoi-podderzhke.html> (date of access: 27.05.2020).
19. Sterligov I.A. (2013) *Pesn' o klassifikatorakh: OECD, GRNTI, VAK, WoS, Scopus, MSKO* [Song of the classifiers: OECD, GRNTI, VAK, WoS, Scopus, ISCED]. Blogger. Available at: <http://isterligov.blogspot.com/2013/09/oecd-wos-scopus.html> (date of access: 27.05.2020).

20. *Tematicheskiy klassifikator Journal of Economic Literature (JEL). Bibliotechno-informatsionnyy kompleks Finansovogo un-ta pri Pravitel'stve RF (1998–2020)* [Thematic classifier Journal of Economic Literature (JEL). Library and information complex of the Financial University under the Government of the Russian Federation (1998–2020)]. Available at: <http://www.library.fa.ru/files/JEL.pdf> (date of access: 27.05.2020).

21. Fomov A.P. (2013) *Model' ucheta stepeni raskhozhdeniya ekspertnykh otsenok. Sb. nauch. trudov po materialam mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. Ch. 7* [Model for taking into account the degree of discrepancy between expert estimates. scientific. works based on materials of international scientific-practical. conf. Part 7] *ООО «Konsaltingovaya kompaniya Yukom»* [LLC «Consulting Company Ucom»]. Tambov.

22. Chernysheva T.V. (2008) *Model' mnogokriterial'noy otsenki ekspertov* [Model of multi-criteria assessment of experts] *Al'manakh sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Almanac of modern science and education] *Gramota* [Diploma]. No. 9 (16). Tambov. P. 242–245.