

Программные системы и вычислительные методы

Правильная ссылка на статью:

Зотов В.В., Зотов М.В., Алексиадис Н.Ф., Юшин В.В. Методологический концепт организации информационной системы общественно-профессиональной экспертизы в сфере экологии и благоустройства // Программные системы и вычислительные методы. 2025. № 3. DOI: 10.7256/2454-0714.2025.3.75232 EDN: ONMLAH URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=75232

Методологический концепт организации информационной системы общественно-профессиональной экспертизы в сфере экологии и благоустройства

Зотов Виталий Вадимович

ORCID: 0000-0003-1083-1097

доктор социологических наук, кандидат философских наук

профессор; Учебно-научный центр гуманитарных и социальных наук; Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

141701, Россия, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9

✉ om_zotova@mail.ru



Зотов Михаил Витальевич

ORCID: 0009-0004-9111-1845

бакалавр; Институт информационных и вычислительных технологий; Национальный исследовательский университет «МЭИ»

111250, Россия, Москва, Красноказарменная ул., 14

✉ mv_zotov2@mail.ru



Алексиадис Никос Филиппович

ORCID: 0009-0006-2863-1148

кандидат физико-математических наук

доцент; кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта; Национальный исследовательский университет «МЭИ»

111250, Россия, Москва, Красноказарменная ул., 14

✉ alexiadisnf@mpei.ru



Юшин Василий Валерьевич

ORCID: 0000-0002-1391-4229

кандидат технических наук

зав. кафедрой; кафедра охраны труда и окружающей среды; Юго-Западный государственный университет

305004, Россия, Курская область, г. Курск, ул. Челюскинцев, 19,

✉ ushinw@mail.ru



[Статья из рубрики "Базы знаний, интеллектуальные системы, экспертные системы, системы поддержки принятия решений"](#)

DOI:

10.7256/2454-0714.2025.3.75232

EDN:

ONMLAN

Дата направления статьи в редакцию:

21-07-2025

Аннотация: Сегодня констатируется разрыв между требованием государственных органов к независимому и объективному анализу принимаемых решений и механизмом привлечения представителей заинтересованных сторон к этому процессу. Ключевым инструментом для достижения этой обоснованности выступает общественно-профессиональная экспертиза. Предметом исследования стала система организации общественно-профессиональной экспертизы управленческих решений в сферах экологии и благоустройства городской среды с использованием цифровых платформ. Целью работы является создание концепта для проектирования информационной системы, обеспечивающей эффективную организацию общественно-профессиональной экспертизы. Такая система должна позволять представителям различных групп интересов коллективно участвовать в оценке общественной значимости проблем, а также вносить вклад в принятие управленческих решений в сферах экологии и благоустройства на основе прозрачного, открытого и всестороннего обсуждения. В данной работе авторы представляют интегрированную методологию согласования оценок в информационной системе общественно-профессиональной экспертизы, основанную на синтезе нечёткой логики, теории графов и методе Дельфи. В рамках разработки информационной системы общественно-профессиональной экспертизы в сфере экологии и благоустройства были созданы концептуальные модели для функционирования следующих подсистем: 1) подсистема селекции и ранжирования представителей заинтересованных сторон на основе обработки самооценок посредством нечеткой логики; 2) подсистема конфигурирования релевантной сети из пула представителей заинтересованных сторон на основе остовного дерева теории графов; 3) подсистема экспертной оценки общественно значимых проблем на основе метода Дельфи. Научная новизна исследования определяется комплексным использованием математических и организационных методов, что позволяет преодолеть неопределённость и субъективность самооценок экспертов, структурировать информационные потоки в пулах экспертов и обеспечить согласованность решений. Разработанная информационная система повышает качество и легитимность управленческих решений по общественно значимым вопросам, отвечая на актуальный вызов современности.

Ключевые слова:

экспертные сообщества, реестр экспертов, согласование экспертных оценок, информационная экспертная система, топологическая структура, теория графов, остовное дерево, метод Дельфи, нечёткая логика, общественно-профессиональная

экспертиза

Введение

В последние годы наблюдается рост числа управленческих решений, связанных с экологическими вопросами и благоустройством территорий, последствия которых недостаточно глубоко оценены с точки зрения минимизации негативного воздействия на среду обитания человека. Общество относится к подобным решениям отрицательно, поскольку обеспокоена недооценкой возможных экологических рисков. Как следствие актуализируется задача создания механизма оценки влияния управленческих решений на окружающую среду. На текущий момент существуют механизмы проведения государственной и общественной экологической экспертизы. Однако уровень доверия к экспертам, участвующим в проведении государственной экологической экспертизы, остаётся низким ввиду их зависимости от властей или инвесторов. Доверие к экспертам, проводящим общественную экологическую экспертизу, также низкое вследствие отсутствия необходимых научных и практических знаний по рассматриваемым вопросам [\[7\]](#). Поэтому констатируется разрыв между требованием государственных органов к независимому и объективному анализу принимаемых решений и механизмом привлечения представителей заинтересованных сторон к этому процессу. Ключевым инструментом для достижения этой обоснованности выступает общественно-профессиональная экспертиза. Сущность общественно-профессиональной экспертизы: определяется как процесс человекоразмерного рассмотрения и критической оценки всеми заинтересованными сторонами (включая экспертов) всей информации по общественно значимым проблемам с целью повышения обоснованности решений [\[8, с. 682\]](#). Необходимость в такой оценке обусловлена тем фактом, что принимаемые варианты выхода из проблемных ситуаций обычно имеют многочисленные последствия, сопровождаются определенными рисками, которые часто трудно предвидеть без детального изучения и консультаций с затрагиваемыми сторонами. В этом случае *«экспертные отношения есть форма общественного диалога, направленная на мобилизацию общественного мнения для принятия согласованных решений»* [\[20, с. 783\]](#). Важна не только роль профессиональных экспертов, но и представителей разных групп интересов, что способствует более всестороннему и объективному анализу. Цель такой экспертизы – активизация неиспользуемых возможностей участников процесса путём максимального вовлечения их в оценку решений, при этом экспертиза не заменяет обязательные проверки соответствия проектов нормативам и стандартам (экологическим, строительным и др.). Примером объединения экспертных знаний и мнений заинтересованных сторон является выработка приоритетов управления водными ресурсами в бассейне реки Мекро [\[23\]](#).

Можно выделить следующие основные типовые пулы экспертов: 1) аналитики; 2) служащие органов государственной власти; 3) служащие органов муниципальной власти; 4) ведущие специалисты муниципальных организаций; 5) представители некоммерческого сектора; 6) представители бизнес-структур; 7) лидеры общественного мнения; 8) представители политических партий и общественно-политических объединений; 9) активисты муниципалитета. Обоснованность данной классификации типичных групп была подтверждена эмпирически через проведение экспертного опроса, в ходе которого задавался вопрос: «Какие субъекты выступают в роли ключевых стейкхолдеров (заинтересованных сторон) при разрешении социально значимых проблем?» [\[9, с. 117\]](#).

Сегодня анализ общественно значимых проблем в области благоустройства и экологии, как правило, организуется в формате социологических опросов [3, 15]. При этом важно отметить, что в последние десятилетия прослеживается устойчивая тенденция роста использования цифровых сервисов для выполнения экспертно-аналитической работы. В настоящее время в научной литературе имеются описания методов коллективного экспертного оценивания [5, 6, 12], даже существуют публикации по агрегированию экспертных прогнозов, собраны общие термины, методы агрегации и показатели эффективности прогнозирования, а также даны рекомендации по усилению будущих исследований, развивающихся ускоренными темпами [22].

Ряд учёных отмечает необходимость применения цифровых платформ для экспертно-аналитической деятельности, позволяющих привлекать экспертов к поддержке принятия решений через специализированные средства организации работы экспертных сообществ в распределённой сетевой среде [2, 4, 19]. Но в указанных работах недостаточно внимания уделено алгоритмизации процесса конфигурирования реляционной сети представителей заинтересованных сторон для решения общественно значимых проблем.

Целью нашей работы является создание методологического концепта организации общественно-профессиональной экспертизы на базе информационной системы, то есть разработка концепта конфигурирования экспертных пулов на цифровой платформе, где представители каждой заинтересованной стороны могут внести вклад в решение экологических проблем и благоустройство среды обитания, а решения принимаются на основе прозрачного, открытого и всестороннего обсуждения.

Однако ключевой вопрос остаётся открытым: как сделать эту экспертизу одновременно обоснованной и согласованной? Решение лежит в адекватном формировании реестров экспертов и экспертных пулов [13], а также в верном подборе методов организации процедуры экспертного оценивания. По сути, цифровые сервисы должны уметь применять методы оценки компетентности участников процесса и их соответствия требованиям конкретной задачи, а также формировать релевантные сети представителей заинтересованных сторон, способствующие согласованному решению социально значимых проблем. Это достигается за счёт подбора адекватных математических и организационных методов. В процессе разработки информационной системы общественно-профессиональной экспертизы необходимо будет создать концептуальные модели для функционирования следующих подсистем:

- 1) подсистема селекции и ранжирования представителей заинтересованных сторон на основе самооценок;
- 2) подсистема конфигурирования релевантной сети из пула представителей заинтересованных сторон для осуществления общественно-профессиональной экспертизы;
- 3) подсистема экспертной оценки общественно значимых проблем.

В данной работе авторы представляют интегрированную методологию согласования оценок в информационной системе общественно-профессиональной экспертизы, основанную на синтезе нескольких научных подходов.

Селекция и ранжирование представителей заинтересованных сторон на основе самооценок

Селекция представителей заинтересованных сторон (стейкхолдеров) и выставление рейтинговой оценки их пригодности для экспертной работы – задача непростая. В общем случае алгоритм этого процесса можно представить в виде этапов, представленных на рисунке 1.

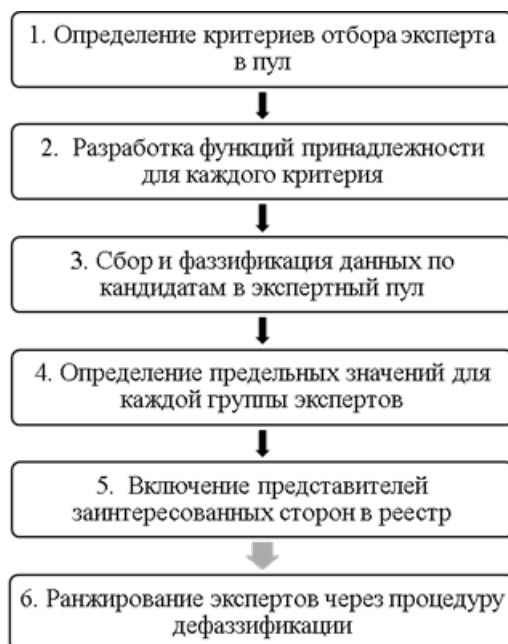


Рисунок 1. Алгоритм составления реестра экспертов на основе нечеткой логики

Для определения критериев отбора эксперта обратимся к идее Т. М. Дридзе, которая отмечала, что при привлечении лиц к выработке социально значимых управленческих решений, затрагивающих судьбы социально-территориальных общностей, необходимо учитывать уровень 1) профессиональной ориентации в проблеме (K_1 – компетентности), 2) информированности о локальной ситуации (K_2 – информированности) и 3) объективности суждений (K_3 – беспристрастности) [16]. Представленные оценочные показатели могут быть установлены посредством процедуры самооценки, реализуемой через анкетирование специалистов с применением соответствующих индикаторов: «Охарактеризуйте степень собственной компетентности в обозначенной области деятельности», «Определите уровень осведомлённости относительно рассматриваемой проблематики», «Оцените наличие способности принимать решения беспристрастно и обоснованно». Эксперты самостоятельно оценивают уровень своих знаний и опыта по специальной рейтинговой шкале, установленной организаторами экспертизы. Например, используется числовая градация от 0 до 10, где значение «0» соответствует минимальному уровню самооценки, а «10» — максимальной её степени.

Традиционные методы сталкиваются часто с субъективностью, сложностью формализации качественных характеристик экспертов (ориентация в проблеме, информированность, объективность) и необходимостью обработки мнений, выраженных в лингвистической форме (например, «высокая компетентность», «средняя осведомлённость», «низкая объективность»). Именно здесь на помощь приходит математический аппарат нечёткой логики (fuzzy logic), предлагающий мощный инструментарий для работы с неопределенностью и качественными оценками при оценке компетентности эксперта [1]. Далее осуществим разработку функций принадлежности для каждого критерия с использованием трапецевидных функций, что позволяет формализовать лингвистические переменные и их значения в виде нечётких множеств.

Рассмотрим вводимые переменные K_1 – компетентность, K_2 – информированность, K_3 – беспристрастность. Зададим их следующими параметрами $\langle x_{Ki}, T_{Ki}, U_{Ki}, M_{Ki} \rangle$, где $T_{Ki} = \{t_1, t_2, t_3, \dots\} = \{\text{«высокий»}, \text{«средний»}, \text{«низкий»}\}$. Поскольку каждый критерий в данном случае оценивается по 10 бальной шкале, то $U_{Ki} = \{1, \dots, 10\}$, M_{Ki} – трапецевидные функции принадлежности, аналитическое выражение для которых задаётся выражением (1):

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \\ 0, & d < x \end{cases} \quad (1)$$

где параметры $[a, b, c, d]$ для $t_1 = [-3, -2, 2, 3]$, $t_2 = [2, 3, 7, 8]$, $t_3 = [7, 8, 12, 13]$.

График функции принадлежности приведён на рис 2.

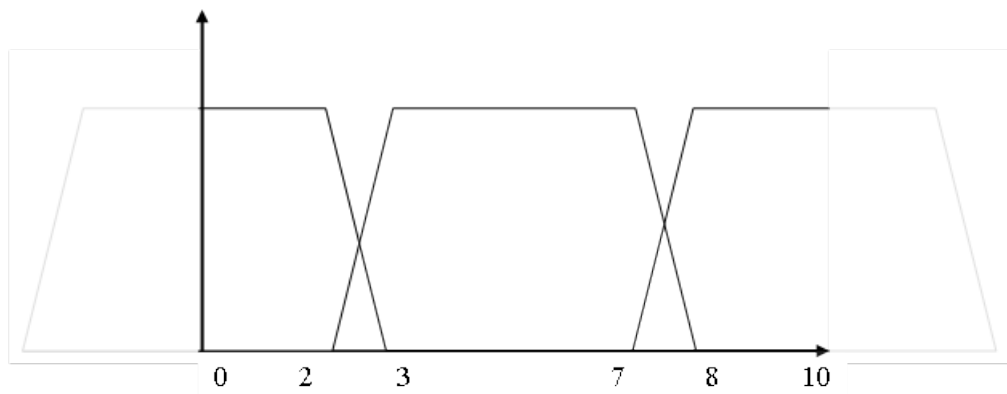


Рисунок 2. Графики функций принадлежности лингвистических переменных, измеренных по 10-бальной шкале

Необходимо ясно осознавать тот факт, что сами представители заинтересованных сторон объективно лишены возможности в полной мере соответствовать высоким критериям, необходимым для присвоения статуса эксперта. Иными словами, существуют конкретные ограничения, установленные для каждой группы участников экспертиз, которые выступают своего рода пределом, определяющим уровень компетенции представителей заинтересованной стороны. Эти пределы представляют собой некий пороговый барьер, преодолеть который невозможно даже теоретически, поскольку природа ограничений обусловлена самим характером деятельности указанных лиц и является принципиально непреодолимой преградой, задающей верхнюю границу компетентности и профессионализма каждого представителя конкретной категории специалистов. В таблице 1 представлены предельные оценки трёх важнейших характеристик различных групп стейкхолдеров, участвующих в общественно-профессиональной экспертизе: ориентация в проблеме (K_1), информированность о ситуации (K_2) и объективность суждений (K_3).

Таблица 1.

Предельная оценка уровня ориентации в проблеме, информированности и объективности
стейкхолдеров общественно-профессиональной экспертизы

Группы стейкхолдеров	K1: Уровень ориентации в проблеме	K2:Уровень информированности о ситуации	K3:Уровень объективности суждений
Аналитики / представители научного сообщества	Высокий	Низкая	Высокий
Служащие органов государственной власти	Высокий	Высокий	Средний
Служащие органов муниципальной власти	Высокий	Высокий	Средний
Ведущие специалисты муниципальных организаций	Высокий	Высокий	Средний
Представители некоммерческого сектора	Высокий	Высокий	Средний
Представители бизнес- структур	Средний	Низкий	Средний
Лидеры общественного мнения	Средний	Высокий	Высокий
Представители общественно- политических структур	Средний	Средний	Средний
Активисты муниципалитета	Средний	Низкий	Высокий

Для каждого кандидата оценки по всем критериям агрегируются в интегральную нечёткую оценку пригодности для экспертного пула. Это ключевой этап. Присвоение статуса зависит от сочетания уровней компетенций, информированности и объективности суждений кандидата в зависимости от принадлежности к экспертному пулу.

Результирующая нечеткая оценка уровня пригодности каждого кандидата подвергается процедуре преобразования («дефаззификации») в чёткую числовую величину, называемую **интегральным рейтингом**.

Для этой цели используются различные методы дефаззификации, среди которых наиболее распространённым является метод центра тяжести (COG): расчёт точки равновесия функции принадлежности, когда область неопределённости оценивается через координату центра масс области распределения значений. Его суть заключается в нахождении точки на оси абсцисс (оси входных значений), которая делит площадь под кривой функции принадлежности нечёткого множества на две равные части. Эта точка и считается четким (крисп) выходным значением, представляющим итоговый результат нечёткого вывода. Для дискретной функции принадлежности $\mu(x)$ COG вычисляется как:

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)}, \quad (2)$$

где x_i — точки из носителя, $\mu(x_i)$ — их степени принадлежности.

Метод COG широко используется благодаря своей естественности интерпретации и сбалансированности результатов. Он преобразует «размытое» множество в одно крисп-значение, оптимально отражающее совокупность всех возможных состояний системы.

После получения точного численного значения интегрального рейтинга осуществляется ранжирование кандидатов в порядке убывания данного показателя. Таким образом, кандидат с наивысшим значением интегрального рейтинга получает приоритетное место в итоговом списке претендентов.

Оптимизация топологической структуры сети экспертов на основе теории графов

Для повышения эффективности экспертной работы важно не только собрать квалифицированных экспертов, но и оптимально организовать их взаимодействие. Поэтому большую роль в процессе выработки управленческих решений по общественно значимым проблемам играет наличие алгоритмов, оптимизирующих топологические структуры сети экспертов. Сетевая топология – это конфигурация графа, вершинам которого соответствуют конечные узлы сети (в нашем случае – представители заинтересованных сторон $\{V\}$), а рёбрам – информационные связи между вершинами (в нашем случае – показатели оценки квалификации эксперта с точки зрения другого эксперта $\{X\}$). Таким образом сетевую топологию описывает граф $G = (V, X)$.

Алгоритмы оптимизации направлены на совершенствование формальных и неформальных взаимодействий внутри экспертного пула. Ключевая задача здесь заключается в поиске оптимального баланса между двумя важнейшими аспектами работы такой сети. Во-первых, он обеспечивает минимизацию количества межличностных связей, поскольку меньшее число непосредственных контактов между экспертами способствует повышению эффективности коммуникации и сокращению затрат ресурсов. Во-вторых, он снижает уровень давления на эксперта, поскольку оптимальная структура обеспечивает условия, при которых мнения каждого эксперта получают максимальное внимание и учёт остальных участников группы. Формирование оптимальной конфигурации экспертной сети, способствующей наиболее эффективному обмену знаниями и выработке согласованных рекомендаций по важным общественным вопросам, возможно на основе теории графов через нахождение остовного дерева максимального веса. Остовное дерево – подграф связного взвешенного ориентированного графа, включающий все вершины исходного графа и являющийся деревом с максимальной суммой весов рёбер среди всех возможных деревьев, покрывающих этот граф [17]. Другими словами, если имеется сеть экспертов, связанных различными оценками квалификации друг друга $G = (V, X)$, то остовное дерево максимального веса покажет маршрут прохождения экспертного заключения между всеми участниками таким образом, чтобы общая оценка компетенции экспертов была наибольшей из возможных.

В качестве отношений между ними, обозначенными нами как рёбра (X) , в данном случае будет использован интегральный показатель оценки квалификации эксперта с точки зрения другого эксперта.

Каждый эксперт даёт оценки уровню информированности о проблеме (X_1) , вовлеченности в проблему (X_2) , объективности суждений (X_3) экспертов, представляющих другие пулы заинтересованных сторон. Например, лидеры общественного мнения дают соответствующие оценки представителям бизнес-структур,

служащим органов власти и т. д. Оценки выставляются по девятибалльной шкале: «1» — низкий уровень... «10» — высокий уровень. Здесь можно применять тот же метод нечёткой логики, который использовался и для самооценки компетентности самих экспертов. После процедур фазификации и дефазификации получится интегральная оценка квалификации эксперта с точки зрения другого эксперта.

В том случае, когда эксперт затрудняется дать оценку или отказывается от таковой, тогда ставится прочерк. Отсутствие оценки со стороны эксперта означает отсутствие отношений между ними (то есть отсутствие взвешенной дуги на ориентированном графе). Оценка связности графа в условиях, когда часть экспертов не даёт оценок, проводится через построение и анализ матрицы смежности, где пропуски трактуются как отсутствие дуг. Это позволяет выявить, насколько полно эксперты охватили все возможные связи, и определить, существуют ли изолированные группы или вершины.

Все полученные оценки заносятся в таблицу взаимной оценки, опираясь на которую необходимо минимизировать количество связей между экспертами при обеспечении максимальной квалификации сетевой структуры экспертов. Такая таблица является матрицей смежности для взвешенного ориентированного графа. Пример, подобного представления даётся в таблице 2.

Таблица 2.

Таблица взаимной оценки квалификации привлекаемых экспертов

		Кому дают оценку								
		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉
Кто даёт оценку	V ₁		X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉
	V ₂	X ₂₁		X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉
	V ₃	X ₃₁	X ₃₂		X ₃₄	X ₃₅	X ₃₆	X ₃₇	–	X ₃₉
	V ₄	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃		X ₄₅	X ₄₆	X ₄₇	X ₄₈	X ₄₉
	V ₅	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄		X ₅₆	X ₅₇	X ₅₈	X ₅₉
	V ₆	X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃	X ₆₄	X ₆₅		X ₆₇	X ₆₈	X ₆₉
	V ₇	–	X ₇₂	X ₇₃	X ₇₄	X ₇₅	X ₇₆		X ₇₈	X ₇₉
	V ₈	X ₈₁	X ₈₂	–	X ₈₄	X ₈₅	X ₈₆	X ₈₇		X ₈₉
	V ₉	X ₉₁	X ₉₂	X ₉₃	X ₉₄	X ₉₅	X ₉₆	X ₉₇	X ₉₈	

В итоге поставленная задача формализуется в виде взвешенного полного ориентированного графа в виде матрицы типа 9 x 9, для которого следует решить задачу на нахождение остовного дерева максимального веса.

Необходимо выбрать подграф, являющийся деревом, который охватывает все вершины исходного графа таким образом, чтобы сумма весов выбранных дуг была максимальной. Это дерево должно обладать следующим свойством: между любыми двумя вершинами существует единственный простой путь. Подобное решение называют максимальным остовным деревом.

Для задачи построения максимального остовного дерева можно применить жадную стратегию. Жадный алгоритм – однопроходный итерационный алгоритм. Строит решение, добавляя на каждом шаге к текущему частичному решению новый элемент. Добавляемый элемент выбирается на основе локального оптимума («наилучший на текущем шаге»).

Для решения задачи применим инвертированный алгоритм Прима поиска остоного дерева во взвешенном неориентированном графе. Данный алгоритм назван в честь американского математика Роберта Прима, открывшего его в 1957 г. [\[14\]](#)

Алгоритм обладает предельно простым видом [\[17, 24\]](#). Остовное дерево формируется последовательно путём добавления рёбер одно за другим. Начальная конфигурация дерева состоит всего лишь из одной произвольной вершины. Далее находится и включается в дерево ребро наибольшего веса, исходящее от начальной вершины. Теперь дерево включает две вершины, после чего продолжается поиск и добавление следующего ребра максимального веса, соединяющего одну из двух существующих вершин с любой из оставшихся непокрытых вершин графа. Данный процесс повторяется циклически: каждый раз выбирается максимальное по весу ребро, одна вершина которого принадлежит уже построенному дереву, другая же лежит вне текущего остова (при наличии нескольких подходящих рёбер допустимо выбирать любое из них). Итерации продолжаются вплоть до включения в остов всех вершин (либо ровно $n - 1$ рёбра), результатом чего становится искомое минимальное покрывающее дерево. Но следует сделать одно замечание, если граф был изначально не связан (то есть отсутствовали оценки какого-либо эксперта), то остов найден не будет при помощи этого алгоритма.

Данный алгоритм может быть использован в данном случае, поскольку в задаче представлен полный ориентированный граф, вершины которого связаны между собой дугами, вес которых меняется в зависимости от направления движения между вершинами. Именно эту особенность и следует учесть в нашем алгоритме.

Применение метода Дельфи для согласования экспертных оценок

Важно, чтобы решения принимались коллективно, основываясь на консенсусе, сформированном через взаимное признание компетентности среди членов экспертного сообщества. Метод Дельфи — это структурированная процедура получения согласованного мнения группы экспертов посредством анонимных опросов в несколько раундов. Его цель — агрегировать индивидуальные оценки для формирования коллективного решения на основе поэтапного сближения позиций специалистов [\[10, 18\]](#).

В общем случае организация работы экспертов по данному методу осуществляется в следующем порядке (см. рисунок 3).

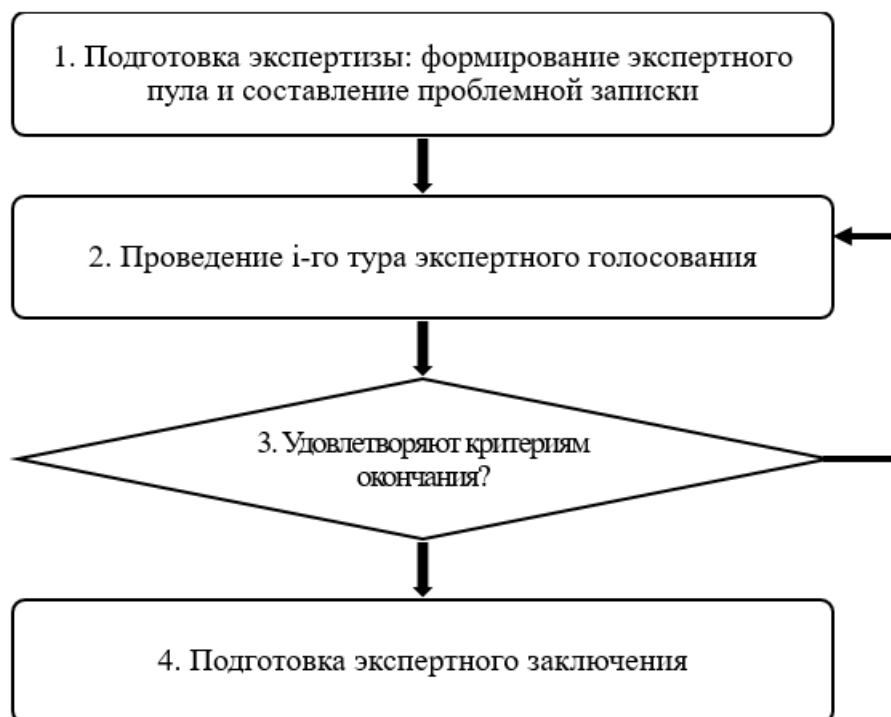


Рисунок 3. Алгоритм проведения экспертной оценки на основе метода Дельфи

В процессе каждого тура экспертам сообщаются результаты предыдущего опроса с целью дополнительного обоснования их оценок в следующем раунде. Считается, что метод Дельфи наиболее применим, когда к работе привлекаются эксперты, обладающие компетентностью по различным аспектам проблемы, а не по всей теме в целом. Преимущества данного метода заключаются в формировании независимых заключений по обсуждаемым вопросам каждым участником группы с последующим объединением мнений. Итоговый результат оказывается впечатляющим: первоначально существенно расходящиеся мнения постепенно сближаются. Единого мнения (или полного консенсуса) удаётся достичь редко, однако итоговая оценка оказывается значительно надёжнее оценки отдельного эксперта.

На основе построенного ранее оstenсивного дерева максимального веса начинается процесс последовательного вовлечения экспертов для решения поставленной задачи. Порядок участия каждого специалиста определяется топологией полученного дерева: привлечение осуществляется строго в порядке следования вершин от корня данного дерева.

Эксперты отвечают на поставленные вопросы и обосновывают свою позицию. Им предлагают заполнить следующую таблицу (см. Таблицу 3).

Таблица 3.

Индивидуальные экспертные оценки для проблемной ситуации

Вопрос	Экспертная оценка	Объяснения (комментарии)

Процесс взаимодействия между специалистами выглядит следующим образом. Подготовка экспертного заключения стартует с эксперта, соответствующего корню дерева. Этот специалист формирует своё первоначальное мнение относительно

рассматриваемой проблемы, основываясь исключительно на собственных знаниях и опыте.

Далее информация передаётся последовательно другим специалистам, соответствующим смежным вершинам дерева. Каждый последующий эксперт получает результаты работы своего предшественника — конкретные числовые оценки и сопровождающие их пояснения-комментарии. Эксперт внимательно изучает полученные данные, учитывая рекомендации коллег и делая собственные выводы на основании анализа этой информации совместно с собственными знаниями и опытом.

После ознакомления с мнением предыдущего коллеги новый эксперт дополняет картину своими аргументами и формулирует собственную оценку. Затем эта обновлённая версия результатов снова транслируется дальше по цепочке к следующему эксперту, связанного ребром в графе с данным специалистом.

Завершение этапа привлечения экспертов: процедура продолжается до тех пор, пока не будут привлечены все специалисты, соответствующие каждой вершине базового дерева.

Для получения итоговых количественных показателей рассчитывается средняя арифметическая величина всех полученных оценок.

Полученные ответы обобщают и представляют в удобной для сравнения таблице, упорядочивая их от наиболее оптимистичных до наименее благоприятных прогнозов или наоборот (таблица 4).

Таблица 4.

Обобщённые экспертные оценки

Вопрос:		
Эксперт, представляющий группу...	Экспертная оценка	Объяснения (факторы)
ведущих специалистов муниципальных организаций		
служащих органов муниципальной власти		
служащих органов государственной власти		
лидеров общественного мнения		
представителей некоммерческого сектора		
аналитиков / представителей научного сообщества		
представителей общественно-политических структур		
активистов муниципалитета		
представителей бизнес-структур		
	$E_{cp} = \sigma^2 =$	

Все предоставленные комментарии собираются воедино, приводятся в единую форму перечня, где фиксируются ключевые аргументы и замечания экспертов. После обработки данных эксперты получают сводный отчёт, позволяющий ознакомиться с мнениями

коллег, частотой тех или иных экспертных оценок и выявить основные аргументы. Если обнаруживается значительное расхождение взглядов, заинтересованная организация проводит дополнительные исследования и делится результатами с экспертами.

Таким образом, использование структуры базового дерева позволяет организовать систематический порядок обмена информацией среди группы экспертов, обеспечивает согласованность выводов и повышает объективность конечного результата.

Далее начинается следующий этап, когда каждый эксперт имеет возможность изменить своё первоначальное мнение или подтвердить прежнюю позицию. Процедура повторяется ещё несколько раз. Итоговый эффект поражает: изначально резко различавшиеся точки зрения постепенно сближаются. Хотя полного консенсуса достичь удаётся редко, итоговый прогноз обладает существенно большей надёжностью, нежели индивидуальная оценка отдельного специалиста.

Экспертиза считается завершённой, когда разница между индивидуальными и средними оценками экспертов становится менее 10% или изменение дисперсии оценок между турами не превышает 10%, что свидетельствует о стабилизации мнений.

Итоговое заключение включает описание метода (последовательность опроса экспертов и число раундов; итоговые согласованные экспертные оценки (средние или медианные значения); ключевые выводы и рекомендации; уровень достигнутого согласия (стандартное отклонение), сохранившиеся разногласия и их причины.

Таким образом, подготовка экспертного заключения в процессе метода Дельфи — это циклическая процедура, трансформирующая индивидуальные мнения экспертов в согласованную оценку через ряд раундов. Безусловно, далее можно применять методы, повышающие согласованность экспертных оценок — например, метод согласования на основе анализа индексов нечёткости [11], или метод линейного объединения мнений, который объединяет мнения экспертов путём итеративного обновления весов на основе расстояний между ними [21].

Важнейшим критерием расчёта интегрального рейтинга конкретного эксперта служит степень схождения его личной экспертной оценки с совокупной оценкой всех остальных экспертов. Чем ближе индивидуальные прогнозы отдельных специалистов к общему мнению группы, тем точнее общий рейтинг и качественнее проводимая экспертиза. Именно поэтому показатели отклонения индивидуальных оценок используются как инструмент корректировки, позволяющий повысить точность системы ранжирования и обоснованность присвоенных баллов каждому эксперту. Коррекция интегрального рейтинга может быть реализована по следующей формуле:

$$R_{new} = R + A(D) \quad (4)$$

где

D – абсолютное отклонение индивидуального прогноза эксперта от среднеарифметического прогноза группы (в процентах);

R – исходный интегральный рейтинг эксперта;

R_{new} – скорректированный интегральный рейтинг эксперта.

При этом функция корректировки ***A(D)*** определяется следующим образом

$$A(D) = \begin{cases} +1 & \text{если } |D| < 5 \\ 0 & \text{если } 5 \leq |D| \leq 10 \\ -0,1 \times \frac{|D|}{10} & \text{если } |D| > 10 \end{cases} \quad (5)$$

Пояснения к формуле. Если отклонение менее 5%, эксперт получает бонус +1 балл. Если отклонение от 5% до 10% включительно, рейтинг не изменяется. Если отклонение превышает 10%, за каждые полные 10% сверх 10% вычитается 0,1 балла. Например, если разница равна 40%, то дополнительно будет вычтено четыре десятых балла (0,4).

Заключение

Таким образом, в процессе исследования был разработан методологический концепт организации информационной системы общественно-профессиональной экспертизы — научно обоснованная модель, обеспечивающая эффективное, прозрачное и инклюзивное экспертное сопровождение решений в сфере экологии и благоустройства с помощью современных цифровых инструментов. Предложенная методология, основанная на нечёткой логике и теории графов, методе Дельфи, предлагает мощный инструмент для решения проблемы доступности и достоверности общественно-профессиональной экспертизы в области экологии и благоустройства. Это позволяет преодолеть неопределённость и субъективность самооценок экспертов, структурировать информационные потоки в пулах экспертов и обеспечить согласованность решений. Такой подход повышает качество и легитимность управленческих решений по общественно значимым вопросам, отвечая на актуальный вызов современности.

Библиография

1. Ажмухамедов И. М. Нечеткая когнитивная модель оценки компетенций специалиста // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2011. – № 2. – С. 186-190. – EDN: NWDQHD.
2. Армашова-Тельник Г. С. Проблематика принятия управленческих решений в условиях цифровизации экономики России // Инновационная наука. – 2020. – № 4. – С. 96-100. – EDN: BVFDAI.
3. Балахнина А. Г. Формирование системы социологического исследования отношения общества к проблемам экологии // Социология. – 2022. – № 3. – С. 164-172. – EDN: BLUNOG.
4. Богомолов А. В., Климов Р. С. Автоматизация обработки информации при проведении коллективных сетевых экспертиз // Автоматизация. Современные технологии. – 2017. – Т. 71, № 11. – С. 509-512. – EDN: ZVEQMB.
5. Брит А. А., Калитина В. В., Ковалев И. В. Информационные технологии поддержки комплексной оценки экспертных решений // Системы управления и информационные технологии. – 2024. – № 2(96). – С. 34-37. – EDN: XPSUKO.
6. Елисеева Н. А., Птускин А. С., Мазин А. В. Разработка методики получения коллективной экспертной оценки при формировании факторов на этапе стратегического анализа // Вопросы радиоэлектроники. – 2017. – № 11. – С. 94-98. – EDN: ХАКСМУ.
7. Ерофеева В. В., Краева В. Н. Проблемы реализации механизмов общественной экологической экспертизы // Научно-методический электронный журнал "Концепт". – 2015. – Т. 13. – С. 2046-2050. – EDN: RWMUUV.
8. Зотов В. В. Общественно-профессиональная экспертиза управленческих решений по социально значимым проблемам города как инструмент достижения консолидации // НОМОТНЕТИКА: Философия. Социология. Право. – 2022. – № 47(4). – С. 682-690. – DOI:

10.52575/2712-746X-2022-47-4-682-690. – EDN: RLLEXH.

9. Зотов В. В. Общественно-профессиональная экспертиза управленческих решений по общественно значимым проблемам города // Научный результат. Социология и управление. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 113-125. – EDN: AWREPJ. – DOI: 10.18413/2408-9338-2023-9-1-0-10.

10. Илиева С. Б. Базовые процессы и круговое протекание метода Дельфи // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. – 2014. – Т. 5, № 1(13). – С. 141-148. – EDN: ULSPFF.

11. Кузнецов В. О., Панова Н. Ф. Определение согласованности экспертных оценок на основе анализа индексов нечеткости // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 109-14. – С. 66-69. – EDN: HJRDWY. – DOI: 10.18411/trnio-05-2024-727.

12. Малаева Е. Д., Яхьяева Г. Э. Программная система визуализации и проверки согласованности оценочных знаний экспертов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 32-45. – EDN: VCHDIM. – DOI: 10.25205/1818-7900-2023-21-1-32-45.

13. Мельник П. Б. Методика формирования экспертных пулов и групп для проведения экспертно-аналитических исследований // Инноватика и экспертиза: научные труды. – 2017. – № 1(19). – С. 39-54. – EDN: YUNGIT.

14. Одинец В. П. К истории двух знаменитых оптимизационных алгоритмов в теории графов // Математика в высшем образовании. – 2013. – № 11. – С. 121-128. – EDN: FOGVHY.

15. Преликова Е. А. Результаты экспертного опроса по благоустройству городской среды (на примере г. Курска). Блок "Общественные пространства и социальные связи" // Энергия: экономика, техника, экология. – 2023. – № 6 (462). – С. 53-58. – EDN: CYXAAZ. – DOI: 10.7868/S0233361923060083.

16. Прогнозное социальное проектирование: методологические и методические проблемы / Боровик Е. Н., Библер В. С., Гаазе-Рапопорт М. Г. и др.; Отв. ред. Т. М. Дридзе. – М.: Наука, 1989. – 256 с.

17. Пронникова Т. Ю. Алгоритмы теории графов // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 36. – С. 1536–1542. – EDN: KBNNPU.

18. Стончюте К. Э., Гурбо А. А., Пузыревская А. А. Методы экспертных оценок: Метод Дельфи // Научное знание современности. – 2021. – Т. 53, № 5. – С. 16-19. – EDN: RXSXZX.

19. Тобин Д. С. Сетевая экспертно-аналитическая платформа как инструментальное средство поддержки принятия решений в распределённой среде // Вестник НГУЭУ. – 2020. – № 3. – С. 231-240. – EDN: YYAEUN. – DOI: 10.34020/2073-6495-2020-3-231-240.

20. Щеглов И. А. Экспертные отношения как платформа философии фидбэка в образовательном пространстве // Гуманитарный вестник. – 2022. – № 3. – С. 783. – EDN: FGRDVT. – DOI: 10.18698/2306-8477-2022-3-783.

21. Carvalho A., Larson K. A Consensual Linear Opinion Pool // IJCAI '13: Proceedings of the 23rd International Joint Conference on Artificial Intelligence. – Beijing, China, 2013. – P. 2518-2524.

22. McAndrew T., Wattanachit N., Gibson G. C., Reich N. G. Aggregating predictions from experts: A review of statistical methods, experiments, and applications // Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. – 2021. – Vol. 13, № 2. – P. e1514. – DOI: 10.1002/WICS.1514. – EDN: KWHDFL.

23. Reynaud A., Markantonis V., Carmona Moreno C., N'Tcha M'Po Y., Sambienou G. W., Adandedji F. M., Afouda A., Agbossou E. K., Mama D. Combining Expert and Stakeholder Knowledge to Define Water Management Priorities in the Mékrou River Basin // Water. – 2015. – Vol. 7, № 12. – P. 7078-7094. – DOI: 10.3390/w7126675.

24. Wang W., Huang Y., Guo S. Design and Implementation of GPU-Based Prim's Algorithm. International Journal of Modern Education and Computer Science. – 2011. – Vol. 3, № 4. – P. 55-62. – DOI: 10.5815/IJMECS.20114.0. – EDN: IEBVDH.

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Представленная статья на тему «Методологический концепт организации информационной системы общественно-профессиональной экспертизы в сфере экологии и благоустройства» соответствует тематике журнала «Программные системы и вычислительные методы» и посвящена вопросу создания методологического концепта организации общественно-профессиональной экспертизы на базе информационной системы, то есть разработка концепта конфигурирования экспертных пулов на цифровой платформе, где представители каждой заинтересованной стороны могут внести вклад в решение экологических проблем и благоустройство среды обитания, а решения принимаются на основе прозрачного, открытого и всестороннего обсуждения.

В статье представлен достаточно широкий анализ литературных российских и зарубежных источников по теме исследования. На источники литературы в тексте имеются ссылки.

Авторы выделяют основные типовые пулы экспертов: 1) аналитики; 2) служащие органов государственной власти; 3) служащие органов муниципальной власти; 4) ведущие специалисты муниципальных организаций; 5) представители некоммерческого сектора; 6) представители бизнес-структур; 7) лидеры общественного мнения; 8) представители политических партий и общественно-политических объединений; 9) активисты муниципалитета.

Для создания экспертизы одновременно обоснованной и согласованной авторы рассматривают решение в виде адекватного формирования реестров экспертов и экспертных пулов, а также в верном подборе методов организации процедуры экспертного оценивания.

Для того, чтобы решения принимались коллективно, основываясь на консенсусе, сформированном через взаимное признание компетентности среди членов экспертного сообщества, применялся метод Дельфи — структурированная процедура получения согласованного мнения группы экспертов посредством анонимных опросов в несколько раундов.

Стиль и язык изложения материала является научным и доступным для широкого круга читателей. Статья по объему соответствует рекомендуемому объему от 12 000 знаков.

Статья достаточно структурирована - в наличии введение, заключение, внутреннее членение основной части.

Авторами в процессе исследования был разработан методологический концепт организации информационной системы общественно-профессиональной экспертизы — научно обоснованная модель, обеспечивающая эффективное, прозрачное и инклюзивное экспертное сопровождение решений в сфере экологии и благоустройства с помощью современных цифровых инструментов. Предложенная методология, основанная на нечёткой логике и теории графов, методе Дельфи, предлагает мощный инструмент для решения проблемы доступности и достоверности общественно-профессиональной экспертизы в области экологии и благоустройства. Это позволяет преодолеть неопределённость и субъективность самооценок экспертов, структурировать информационные потоки в пулах экспертов и обеспечить согласованность решений.

Такой подход повышает качество и легитимность управленческих решений по общественно значимым вопросам, отвечая на актуальный вызов современности. Статья «Методологический концепт организации информационной системы общественно-профессиональной экспертизы в сфере экологии и благоустройства» может быть рекомендована к публикации в журнале «Программные системы и вычислительные методы».