

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ STRUCTURAL SYNTHESIS AND DECISION MAKING

УДК 51-74

А. В. Вишнеков, д-р техн. наук, проф., проф. каф.,

Е. М. Иванова, доц., доц. каф., e-mail: avishnekov@hse.ru, emivanova@hse.ru

Департамент компьютерной инженерии Московского института электроники и математики
Национального исследовательского университета "Высшая школа экономики", Москва

К вопросу об автоматизации процедур определения победителей конкурсов научно-технических проектов и стартапов

Рассматриваются вопросы построения автоматизированных систем для определения победителей конкурсов научно-технических проектов на основе применения методов поддержки принятия решений. Предлагается интегрированный подход, включающий процедуры методов аналитических иерархий и групповых методов экспертной оценки многокритериальных альтернатив. Приводятся примеры расчетов, иллюстрирующие данный подход.

Ключевые слова: конкурс проектов, автоматизированные системы, поддержка принятия решений

Введение

Сегодня существует множество возможностей для научных работников и молодых специалистов по участию в различных ведомственных, отраслевых, региональных, российских и международных конкурсах исследовательских проектов. Перед организаторами подобных мероприятий стоит важная задача по отбору среди поступивших заявок наиболее перспективных, вложение в которые будут экономически оправданы и со временем окупятся.

На официальных порталах организаторов конкурсов научно-технических проектов или стартапов размещены материалы по порядку организации, проведения мероприятий и отбора конкурсантов: нормативная документация, сведения о многоэтапном порядке проведения экспертных процедур, о группах экспертов и работе экспертных советов [1–2]. Можно сделать вывод, что процедура отбора заявок достаточно сложная, многоэтапная и трудоемкая, а иногда и недостаточно прозрачна.

Авторы настоящей статьи предлагают пути автоматизации экспертных процедур выбора лучших проектов/заявок на основе использования методов поддержки принятия решений.

С точки зрения теории принятия решений задача выбора одного наиболее рационального решения из многих предложенных альтернатив сводится к анализу предметной области, выбору и оцениванию важности критериев отбора и сравнению альтернатив по выбранным критериям. Для формальной постановки задачи принятия решения по указанной проблеме важно:

- сформировать перечень альтернатив — таковыми будут поданные заявки для участия в том или ином конкурсе;

- сформировать перечень критериев отбора альтернатив, основываясь на представленной нормативной конкурсной документации;
- определить шкалы численных или лингвистических оценок по выбранным критериям;
- выбрать и обосновать метод теории принятия решения, наиболее подходящий для определения победителей конкурса проектов.

1. Постановка задачи

Перечни критериев отличаются от конкурса к конкурсу и по количеству, и по номенклатуре. Однако можно отметить, что большинство критериев отбора во всех случаях носят лингвистический (описательный) характер, а не численный. В связи с этим, проанализировав методы поддержки принятия решений, можно выделить как приемлемые: метод ЗАПРОС [3], метод аналитических иерархий [3], метод идеальной точки [4], метод кластеризации экспертных оценок альтернатив [5].

В методе ЗАПРОС построение правила упорядочения многокритериальных альтернатив связано с применением достаточно трудоемких интерактивных обучающих процедур. Данный метод позволяет наиболее детально учесть взаимосвязь отдельных критериев. При этом требуется сложная процедура решения вопроса проверки информации на непротиворечивость.

Метод аналитических иерархий применим при небольшом числе альтернатив, так как требует заполнение экспертами или лицом, принимающим решение (ЛПР), матриц попарного сравнения всех альтернатив по всем критериям, что при большом

числе альтернативных проектов вызывает значительные затруднения или становится невозможным.

Метод идеальной точки чаще всего применяется, когда все критерии отбора имеют одинаковую важность. Если при отборе заявок это условие выполнено, то применение данного метода оправдано, но в общем случае критерии могут иметь различную важность. Метод работает при условии, что все оценки носят численный, но не лингвистический характер.

Метод кластеризации экспертных оценок альтернатив требует трудоемкой процедуры многокритериальной экспертной оценки каждой альтернативы, что ограничивает возможность применения метода при большом числе альтернатив.

Так как каждый из рассмотренных методов имеет ограничения или сложности в применении, особенно при наличии лингвистических оценок на шкалах критериев, то предлагается интегрированный подход, построенный на основе применения процедур принятия решений, используемых в методах аналитических иерархий, групповых методов экспертной оценки многокритериальных альтернатив [6] — метод предпочтений, метод ранга, методы согласования групповых решений с использованием функций или отношений предпочтения ЛПР [4].

Рассмотрим в качестве небольшого примера процедуру отбора заявок для конкурса научных проектов, выполняемых молодыми учеными [1]. Приведем используемый перечень критериев для конкурсного отбора:

- научная значимость решаемых в проекте задач;
- актуальность заявленной темы исследования;
- степень новизны методов и подходов;
- четкость изложения цели и задач;
- наличие у руководителя проекта статей в рецензируемых научных журналах;
- наличие у руководителя проекта научных наград и премий.

При использовании этих критериев жюри оценивает все поступившие на конкурс заявки.

Таким образом, для формализации постановки задачи мы имеем три пункта из названных четырех: сформирован перечень альтернатив/заявок, сформирован перечень критериев, выбран метод решения. Остается определить порядковые шкалы численных или лингвистических оценок по выбранным критериям.

Предположим, что каждый проект получит по каждому критерию некоторую лингвистическую оценку, определяемую группой экспертов. Поскольку таких оценок может быть множество, то для формализации процедуры оценивания воспользуемся алгоритмом метода ЗАПРОС, где предлагается свести все оценки к нескольким возможным вариантам — градациям на оценочных шкалах. Допустим, экспертами предложены следующие градации на шкалах оценок альтернатив по каждому критерию.

Критерий К1. Научная значимость решаемых в проекте задач.

Градация шкалы:

- К1.1. Уникальные исследования мирового или государственного значения.
- К1.2. Высокое значение для конкретной отрасли Российской Федерации.
- К1.3. Имеет ведомственное значение.
- К1.4. Трудно оценить значимость проекта.

Критерий К2. Актуальность заявленной темы исследования.

Градация шкалы:

- К2.1. Исследования актуальны на сегодняшний день.
- К2.2. Исследования актуальны в перспективе.
- К2.3. Обоснование актуальности отсутствует.
- К2.4. Актуальность низкая.

Критерий К3. Степень новизны методов и подходов.

Градация шкалы:

- К3.1. Изложенные методы и подходы полностью новые, что подтверждено результатами патентных исследований, публикаций, литературных источников.
- К3.2. Изложенные методы и подходы новые, но подтверждение тому отсутствует.
- К3.3. Часть из предложенных методов и подходов имеют научную новизну.
- К3.4. Используются хорошо известные методы и подходы.

Критерий К4. Четкость изложения цели и задач.

Градация шкалы:

- К4.1. Цели и задачи сформулированы четко и понятно.
- К4.2. Отдельные задачи сформулированы нечетко.
- К4.3. Нечеткость или размытость формулировок при постановке задач.
- К4.4. Описание цели или задач отсутствует.

Критерий К5. Наличие у руководителя проекта статей в рецензируемых научных журналах.

Градация шкалы:

- К5.1. Наличие ряда статей в отечественных и зарубежных рецензируемых научных журналах.
- К5.2. Наличие 1—2 статей в зарубежных и ряда статей в отечественных рецензируемых научных журналах.
- К5.3. Наличие ряда статей в отечественных рецензируемых научных журналах.
- К5.4. Отсутствие публикаций в рецензируемых научных журналах.

Критерий К6. Наличие у руководителя проекта научных наград и премий.

Градация шкалы:

- К6.1. Имеются государственные награды или премии.
- К6.2. Имеются отраслевые награды или премии.
- К6.3. Имеются ведомственные награды или премии.
- К6.4. Награды или премии отсутствуют.

2. Применение методов поддержки принятия решений для конкурсного отбора

Группа экспертов принимает коллективное решение о номенклатуре и градациях шкал лингвистических оценок по каждому критерию и о степени значимости каждой из лингвистических оценок.

При первичном отборе заявок (альтернатив) при их большом числе можно исключить из рассмотрения альтернативы с наихудшей оценкой (в рассмотренном выше примере — с оценкой K_{l4} , $l = 1, \dots, 6$) по одному или нескольким критериям. Это позволит значительно сократить перечень альтернатив. В нашем случае исключению могут подлежать проекты со следующими оценками:

K1.4. Трудно оценить научную значимость проекта.

K2.4. Низкая актуальность заявленной темы исследования.

K3.4. Используются хорошо известные методы и подходы.

K4.4. Нечеткость или размытость формулировок при постановке задач.

K5.4. Отсутствие у руководителя проекта публикаций в рецензируемых научных журналах.

K6.4. Отсутствие у руководителя проекта научных наград и премий.

Далее для определения численных оценок градаций на шкалах критериев предлагается применить процедуру, аналогичную назначению весов критериев в методе аналитических иерархий. Эксперты или ЛПР задают относительную важность градаций (лингвистических оценок) на порядковых шкалах критериев. Для этого ЛПР следует указать, в какой степени одна из градаций/оценок предпочтительней другой. Степень предпочтительности может выражаться числами: равная значимость — 1, умеренно превосходит — 3, умеренно уступает — $1/3$, существенно превосходит — 5, существенно уступает — $1/5$, значительно превосходит — 7, значительно уступает — $1/7$, очень сильно превосходит — 9, очень сильно уступает — $1/9$ [3].

Пусть, например, выбраны следующие оценки степени превосходства градаций/лингвистических оценок, отраженные в m_l -мерных квадратных матрицах (рис. 1) Z^{Kl} попарного сравнения оценок с номерами i и j по каждому критерию Kl . Здесь m_l — число численных оценок по каждому критерию Kl после исключения наихудших оценок по

$$Z^1 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 1/3 & 1 & 7 \\ 1/9 & 1/7 & 1 \end{pmatrix}; \quad Z^2 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}; \quad Z^3 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 7 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 \end{pmatrix};$$

$$Z^4 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 7 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}; \quad Z^5 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 1/3 & 1 & 5 \\ 1/9 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}; \quad Z^6 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 9 \\ 1/3 & 1 & 7 \\ 1/9 & 1/7 & 1 \end{pmatrix}.$$

Рис. 1. Матрицы попарного сравнения лингвистических оценок альтернатив на порядковых шкалах критериев

каждому критерию. Поскольку число таких оценок по каждому критерию может быть различным, то и параметры m_1, m_2, \dots могут различаться. В нашем примере $m_1 = m_2 = \dots = m_6 = 3$.

В дальнейшем эти матрицы можно будет использовать для сравнительной оценки альтернативных заявок по всем рассмотренным критериям.

Если ЛПР затрудняется в определении подобных показателей, то следует пригласить группу экспертов (возможно жюри конкурса) для организации экспертной процедуры оценивания методом ранга [6] или методом предпочтений [6] и последующего согласования групповых решений с использованием функций или отношений предпочтения ЛПР [4].

Процедура применения метода ранга и согласования групповых решений будет рассмотрена ниже (см. раздел 3).

Рассмотрим пример конкурсного отбора заявок, который проводит ЛПР.

Пусть поступило 10 заявок (альтернативы A_1, \dots, A_{10}). После работы экспертов были сформированы лингвистические оценки каждой из альтернатив по каждому критерию (табл. 1).

При первичной оценке заявок из табл. 1 видно, что имеется 7 заявок, получивших наихудшую оценку по одному или нескольким критериям (закрашенные клетки таблицы). Тогда согласно предложенной методике эти заявки считаются не прошедшими конкурсный отбор и выбывают из дальнейшего рассмотрения, а новая сравнительная таблица значительно сократится (табл. 2).

Далее составим матрицы взаимного предпочтения альтернатив (рис. 2) с использованием значений относительной важности градаций на шкалах кри-

Таблица 1

Первичные лингвистические оценки альтернатив

Альтернатива	Критерий Kl					
	$l = 1$	$l = 2$	$l = 3$	$l = 4$	$l = 5$	$l = 6$
A1	K1.1	K2.1	K3.3	K4.3	K5.2	K6.4
A2	K1.2	K2.2	K3.1	K4.2	K5.1	K6.2
A3	K1.3	K2.2	K3.4	K4.4	K5.2	K6.2
A4	K1.1	K2.1	K3.2	K4.2	K5.1	K6.1
A5	K1.3	K2.3	K3.3	K4.3	K5.4	K6.3
A6	K1.4	K2.1	K3.2	K4.2	K5.1	K6.2
A7	K1.3	K2.3	K3.1	K4.4	K5.2	K6.2
A8	K1.4	K2.4	K3.3	K4.1	K5.2	K6.1
A9	K1.2	K2.2	K3.1	K4.1	K5.1	K6.2
A10	K1.2	K2.1	K3.4	K4.3	K5.2	K6.2

Таблица 2

Сокращенная таблица лингвистических оценок альтернатив

Альтернатива	Оценки альтернатив по критерию Kl					
	$l = 1$	$l = 2$	$l = 3$	$l = 4$	$l = 5$	$l = 6$
A2	K1.2	K2.2	K3.1	K4.2	K5.1	K6.2
A4	K1.1	K2.1	K3.2	K4.2	K5.1	K6.1
A9	K1.2	K2.2	K3.1	K4.1	K5.1	K6.2

$$\begin{aligned}
 x^1 &= \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1 \\ 3 & 1 & 3 \\ 1 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}; & x^2 &= \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1 \\ 3 & 1 & 3 \\ 1 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}; & x^3 &= \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1 & 3 & 1 \end{pmatrix}; \\
 x^4 &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1/3 \\ 3 & 3 & 1 \end{pmatrix}; & x^5 &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}; & x^6 &= \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1 \\ 3 & 1 & 3 \\ 1 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}.
 \end{aligned}$$

Рис. 2. Матрицы попарного сравнения альтернатив

териев, представленных матрицами на рис. 1. Зная степень превосходства одной градации над другой на шкалах критериев, нетрудно задать степень превосходства одной альтернативы над другой, имеющих в качестве оценки эти градации. Степень превосходства одной альтернативы над другой по рассматриваемому критерию численно равна степени превосходства градации, соответствующей оценке первой альтернативы, над второй.

Для пояснения рассмотрим пример формирования значения в строке $i = 1$ и столбце $j = 2$ матрицы $X^{kl} = 1$ (рис. 2). Число строк и столбцов в матрицах взаимного предпочтения альтернатив равно числу сравниваемых альтернатив из табл. 2 (в нашем случае — 3). Данная матрица показывает сравнение трех выбранных проектов (A2, A4, A9) по критерию K1. Элементом x_{12} является степень превосходства первой альтернативы (A2) над второй альтернативой (A4). Согласно табл. 2 по критерию K1 они имеют оценки K1.2 (A2) и K1.1 (A4). Степень превосходства градации K1.2 над K1.1 (см. матрицу Z^1 на рис. 1) равна $x_{12} = z_{21} = 1/3$ — умеренно уступает.

Числовые веса V_i^{kl} указанных лингвистических оценок можно вычислить по приведенным ниже формулам, аналогично процедурам, применяемым в методе аналитических иерархий. Здесь C_i^{kl} — цена лингвистической оценки i ($i = 1, \dots, 3$) по каждому критерию kl , S_{kl} — сумма цен лингвистических оценок.

$$C_i^{kl} = k \sqrt[k]{\prod_{j=1, \dots, 3} x_{ij}}; S_{kl} = \sum_{i=1}^3 C_i^{kl}; V_i^{kl} = C_i^{kl} / S_{kl}$$

В результате расчетов для нашего примера получим следующие числовые значения:

$$V_1^{K1} = 0,20; V_2^{K1} = 0,60; V_3^{K1} = 0,20;$$

$$V_1^{K2} = 0,20; V_2^{K2} = 0,60; V_3^{K2} = 0,20;$$

$$V_1^{K3} = 0,43; V_2^{K3} = 0,14; V_3^{K3} = 0,43;$$

$$V_1^{K4} = 0,25; V_2^{K4} = 0,25; V_3^{K4} = 0,50;$$

$$V_1^{K5} = 0,33; V_2^{K5} = 0,33; V_3^{K5} = 0,33;$$

$$V_1^{K6} = 0,20; V_2^{K6} = 0,60; V_3^{K6} = 0,20.$$

Та же экспертная группа или ЛПР может задать значимость (вес) каждого критерия для оценки

проекта в целом. Этот вес может также быть рассчитан аналогично процедурам, применяемым в методе аналитических иерархий для взаимного попарного сравнения критериев, либо путем экспертной оценки на основе метода предпочтений или методом ранга. Подобная методика была рассмотрена авторами в работе [7]. Допустим, получены следующие веса критериев: $W_{K1} = 0,26$; $W_{K2} = 0,20$; $W_{K3} = 0,10$; $W_{K4} = 0,17$; $W_{K5} = 0,12$; $W_{K6} = 0,15$.

Для всех поступивших заявок (альтернатив A_r , для $r = 1, \dots, kr$) экспертная комиссия (жюри) выбирает одну из лингвистических оценок по каждому критерию, которая однозначно соответствует числовой оценке V_i^{kl} . Обозначим O_{Ar}^{kl} оценку альтернативы A_r по критерию kl . Зная вес каждого критерия W_{kl} и оценку O_{Ar}^{kl} альтернативы, по этому критерию можно вычислить ценность каждой альтернативы для реализации проекта по формуле

$$U_{Ar} = \sum_{l=1}^6 O_{Ar}^{kl} W_{kl} \quad (1)$$

Значит, можно проранжировать (расставить по важности) все поступившие заявки/альтернативные проекты.

По формуле (1) рассчитаем ценность каждой альтернативы: $U_{A2} = 0,25$; $U_{A4} = 0,46$; $U_{A9} = 0,29$. Отсюда можно сделать вывод, что наилучшей и достойной поддержки является заявка A4 (первое место), а далее по мере убывания важности заявки A9 (второе место) и A2 (третье место).

Все рассмотренные в данном разделе алгоритмы и вычисления легко могут быть запрограммированы, и вся процедура конкурсного отбора автоматизирована.

3. Процедура экспертного оценивания и согласования групповых решений

Процедуру согласования экспертных оценок проводит ЛПР, и эта процедура также может быть автоматизирована. Рассмотрим те же данные, что и в предыдущем примере (см. табл. 1, 2). Число сравниваемых по каждому l -му критерию лингвистических оценок $j = m_l$ (в нашем примере $m_1 = m_2 = \dots = m_6 = 3$), т. е. $j = 1, \dots, 3$. Число критериев равно 6, т. е. $l = 1, \dots, 6$. Число экспертов равно 4, т. е. $i = 1, \dots, 4$.

Рассмотрим небольшой численный пример применения экспертной процедуры согласования групповых решений на основе метода ранга для определения числовых оценок градаций на шкалах критериев. В этом случае каждый из экспертов предлагает свои собственные числовые оценки (от 1 до 10) по всем критериям, соответствующие, по его мнению, каждой из лингвистических оценок — градаций (табл. 3).

Таблица 3

Экспертные числовые оценки градаций на шкалах критериев

Лингвистические оценки	Числовые экспертные оценки экспертов Э1-Э4			
	Э1	Э2	Э3	Э4
K1.1	10	9	10	8
K1.2	8	7	7	6
K1.3	3	6	2	3
K2.1	8	10	10	9
K2.2	4	6	9	8
K2.3	1	1	2	7
K3.1	10	8	9	9
K3.2	7	8	6	6
K3.3	6	8	2	2
K4.1	8	7	9	7
K4.2	7	6	8	6
K4.3	5	3	4	2
K5.1	10	9	9	8
K5.2	9	6	7	5
K5.3	7	5	3	3
K6.1	4	7	10	8
K6.2	3	6	7	6
K6.3	2	1	2	4

$$Y^1 = \begin{pmatrix} 10 & 8 & 3 \\ 9 & 7 & 6 \\ 8 & 6 & 3 \end{pmatrix}; \quad Y^2 = \begin{pmatrix} 8 & 4 & 1 \\ 10 & 6 & 1 \\ 9 & 8 & 7 \end{pmatrix}; \quad Y^3 = \begin{pmatrix} 10 & 7 & 6 \\ 8 & 8 & 8 \\ 9 & 6 & 2 \\ 8 & 6 & 4 \end{pmatrix};$$

$$Y^4 = \begin{pmatrix} 8 & 7 & 5 \\ 7 & 6 & 3 \\ 9 & 8 & 4 \\ 7 & 6 & 2 \end{pmatrix}; \quad Y^5 = \begin{pmatrix} 10 & 9 & 7 \\ 9 & 6 & 5 \\ 9 & 7 & 3 \\ 8 & 5 & 3 \end{pmatrix}; \quad Y^6 = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 7 & 6 & 1 \\ 10 & 7 & 2 \\ 8 & 5 & 2 \end{pmatrix}.$$

Рис. 3. Матрицы числовых экспертных оценок для каждой из лингвистических оценок альтернатив по каждому критерию K_l

Далее все выставленные экспертами числовые оценки сводятся в оценочные матрицы Y^{Kl} по каждому из критериев K_l (на рис. 3 общее число матриц совпадает с числом критериев и в нашем случае равно 6). В каждой из матриц число строк совпадает с числом экспертов (в нашем случае — 4), а число столбцов — с числом m_l лингвистических оценок по каждому критерию K_l (в нашем случае — 3).

Элементом матрицы является величина y_{ij} , где индекс i соответствует номеру эксперта, а индекс j — номеру лингвистической оценки K_{lj} , рассчитаем веса каждой из лингвистических оценок V_i^{Kl} по каждому критерию.

Метод ранга предполагает, что веса указанных лингвистических оценок вычисляются по формулам [6]

$$S_j^l = \sum_{i=1}^{m_l} y_{ij}^l, \quad V_i^{Kl} = \frac{S_j^l}{\sum_{l=1}^6 S_j^l}.$$

Здесь S_j^l — суммарная экспертная оценка каждой лингвистической оценки K_{lj} по каждому l -му критерию для $l = 1, \dots, 6$.

Тогда числовые веса V_i^{Kl} указанных градаций/лингвистических оценок примут следующие значения:

$$V_1^{K1} = 0,47; \quad V_2^{K1} = 0,35; \quad V_3^{K1} = 0,18;$$

$$V_1^{K2} = 0,49; \quad V_2^{K2} = 0,36; \quad V_3^{K2} = 0,15;$$

$$V_1^{K3} = 0,43; \quad V_2^{K3} = 0,33; \quad V_3^{K3} = 0,24;$$

$$V_1^{K4} = 0,43; \quad V_2^{K4} = 0,38; \quad V_3^{K4} = 0,19.$$

$$V_1^{K5} = 0,44; \quad V_2^{K5} = 0,33; \quad V_3^{K5} = 0,22.$$

$$V_1^{K6} = 0,51; \quad V_2^{K6} = 0,37; \quad V_3^{K6} = 0,12.$$

Для согласования групповых решений и определения взаимной важности градаций/лингвистических оценок эти веса по каждому критерию отдельно наносят на числовую ось с пятью выделенными интервалами. Например, по критерию K_1 получим картину, приведенную на рис. 4.

Для получения взаимной числовой оценки двух альтернатив сопоставляют веса их лингвистических оценок, нанесенные на числовую ось. Если веса лингвистических оценок попадают в один интервал, то взаимная важность альтернатив по данному критерию оценивается как "1" — равная значимость. Если веса лингвистических оценок попадают в соседние интервалы, то их взаимная важность оценивается как "3 и 1/3" — незначительное превосходство и незначительная уступка и т. д.

Например, степень важности двух альтернативных проектов A_1 и A_2 с лингвистическими оценками $K_{1.1}$ и $K_{1.3}$ соответственно будет оценена следующим образом. Проект A_1 с лингвистической оценкой $K_{1.1}$ будет иметь более высокую относительную важность по сравнению с проектом A_2 с лингвистической оценкой $K_{1.3}$ (степень важности равна 5). Следовательно, важность проекта A_2 относительно проекта A_1 составит 1/5.

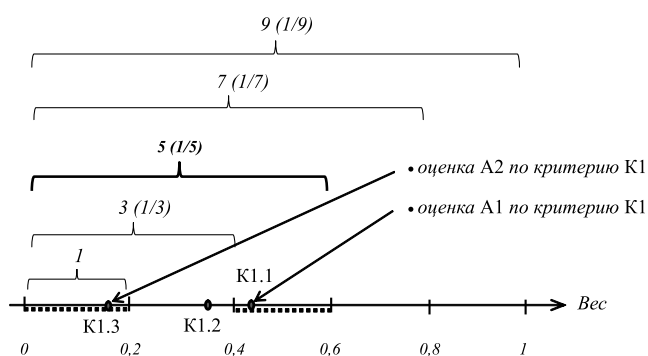


Рис. 4. Способ определения взаимной важности лингвистических оценок при согласовании групповых решений

Это позволит, как и в предыдущем примере автоматически заполнить все матрицы попарного сравнения альтернативных проектов и стартапов (см. рис. 2).

Все последующие вычисления будут аналогичны предыдущему примеру.

Заклучение

Использование предложенного подхода позволяет повысить объективность принимаемых решений, связанных с определением победителей конкурсов научно-технических проектов и стартапов, сократить время и трудоемкость процедур принятия решений. Предлагаемый подход позволяет также решить вопрос проверки информации на непротиворечивость при построении решающих правил, так как использует стандартные процедуры известных методов. Для проверки непротиворечивости экспертных суждений в методе аналитических иерархий рассчитывается отношение согласованности [3]. Для проверки экспертных оценок на согласованность в методах экспертной оценки многокритериальных альтернатив, в частности в методе предпочте-

ний, рассчитывается коэффициент конкордации [6]. Для проверки экспертных оценок на согласованность в методе ранга рассчитывается дисперсия оценок экспертов [6]. Это стандартные алгоритмы, которые также могут быть легко запрограммированы.

Таким образом, предлагаемый подход позволяет автоматизировать всю процедуру принятия решений экспертами и решать задачи конкурсного отбора заявок при большом числе градаций на порядковых шкалах критериев оценки проектов.

Список литературы

1. Портал РФФИ (<http://www.rfbr.ru/rffi/ru>)
2. Интернет-портал "Наука и Инновации" (<http://www.rsci.ru>).
3. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Логос, 2002. 392 с.
4. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. Научно-практическое издание. М.: СИНТЕГ, 1998. 376 с.
5. Вишнеков А. В., Ерохин В. В., Иванова Е. М. Верификация СНК: выбор стратегии // Нано- и микросистемная техника. 2014. № 12. С. 30–36.
6. Емельянов С. В., Ларичев О. И. Многокритериальные методы принятия решений. М.: Знание, 1985.
7. Вишнеков А. В., Ерохин В. В., Иванова Е. М. Автоматизация процедуры выбора микроконтроллера // Нано- и микросистемная техника. 2014. № 7. С. 14–21.

A. V. Vishnekov, Professor, e-mail: avishnekov@hse.ru,

E. M. Ivanova, Ass. Professor, e-mail: emivanova@hse.ru

National Research University Higher School of Economics,

Moscow Institute of Electronics and Mathematics, "Computer Engineering" department, Moscow

To the Question of Winners Definition Procedures Automation for the Scientific and Technical Projects and Startups Competition

The process of selecting a contest winner is presented in the form of a multistage decision-making procedure. At the first stage, it is necessary to generate a list of alternative projects (applications for participation in a particular contest). At the second stage a list of criteria to select the alternatives is formed. Next, it is required to determine numerical or linguistic estimation scales based on the selected criteria. It is assumed that before the contest is held several ordered gradations are determined for each criterion and estimation of each of the proposed alternative projects can be attributed to one of them. At the next stage, the problem of determining the relative importance of criteria and corresponding gradations for these criteria is solved. Then comes the procedure itself, which compares the received applications using the selected criteria and estimation scales. The last task is very labour intensive and its automation will allow to simplify greatly the work of the juries.

This paper examines the questions related to building automated systems aimed to determine the winners of scientific and technical project competitions based on the decision-making support methods. It offers an integrated approach including technologies and procedures of analytical hierarchies methods (can be used for the purpose of gradation weight on the criteria scales), group methods of expert estimation of multicriteria alternatives — the method of preferences or rank method (can be used for purposing of scales gradation on scales of criteria and for the purpose of criteria weight), methods of group decisions coordination using the preference functions or decision-maker relations (it is used for coordination of expert numerical estimates of gradation on scales of criteria). The examples of calculations illustrating this approach are given.

Keywords: projects competition, automated systems, decision-making support

References

1. Portal RFFI (<http://www.rfbr.ru/rffi/ru>)
2. Internet-portal "Наука и Инновации" (<http://www.rsci.ru>).
3. Larichev O. I. *Teoriya i metody prinjatija reshenij*. Moscow, Logos, 2002, 392 p.
4. Trahtengerc Je. A. *Komp'juternajapodderzhka prinjatija reshenij*. Nauchno-prakticheskoe izdanie, Moscow, SINTEG, 1998, 376 p.
5. Vishnekov A. V., Erohin V. V., Ivanova E. M. Verifikacija SNK: vybor strategii, *Nano- i mikrosistemnaja tehnika*, 2014, no. 12, pp. 30–36.
6. Emel'janov S. V., Larichev O. I. *Mnogokriteriarnye metody prinjatija reshenij*, Moscow, Znanie, 1985.
7. Vishnekov A. V., Erohin V. V., Ivanova E. M. Avtomatizacija procedury vybora mikrokontrollera, *Nano- i mikrosistemnaja tehnika*, 2014, no. 7, pp. 14–21.