

© Бухарин С.Н., Дивуева Н.А.
Buharin S., Divueva N.

МЕРЫ БЛИЗОСТИ НА ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

PROXIMITY MEASURE IN THE INFORMATION SPACE

Аннотация. В настоящей статье определены меры близости и расстояния в информационном пространстве, приведены примеры их расчета и результаты обработки опросов, проведенных с целью оценки правильности полученных решений.

Annotation. In this article are defined proximity measure and distance in the information space, and examples of their calculation and the results of processing interviews to assess the correctness of the decision.

Ключевые слова. Информационное пространство, мера близости, матрица отношений, подпространство ценностей, подпространство знаний, психологические свойства.

Key words. Information space, proximity measure, relational matrix, the subspace of values, the subspace of knowledge, psychological properties.

Введение

Одним из основных инструментов, используемых при анализе и обработке информации, связанной с оценками людей чего-либо, кого-либо, а также их ценностей, являются меры близости. Проблема меры близости системно исследуется психологами с начала 1960-х годов [3,4,5] и специалистами в области экспертного анализа [6].

Традиционная постановка задачи анализа субъективных высказываний о близости (сходстве) сходствах заключается в следующем. Человеку предъявляется некоторый набор объектов (альтернатив) и предлагается оценить сходства между ними. Необходимо определить психологические факторы, которые играют основную роль в восприятии данных объектов (альтернатив). Данные факторы во многом определяют поведение человека и его поступки в определенных ситуациях.

Таким образом, оценки людей чего-либо, кого-либо представляют собой отношения на множестве альтернатив. Эти отношения (оценки) могут иметь форму числовых значений, определяемых в пределах заданной инструкции шкалы, либо форму отношения предпочтения.

Если данные оценки носят качественный характер – это отношения линейного или частичного порядка, эквивалентности, толерантности и др. Если данная информация содержит количественные оценки – это метризованные отношения.

Положение человека в информационном пространстве, а следовательно, и расстояние в данном пространстве можно оценить с помощью мер близости. Меры близости позволяют определить, насколько близки или далеки точки зрения людей, насколько различаются их знания и принятые ими ценности. Поскольку люди указывают на множестве рассматриваемых альтернатив отношения различного типа, меры близости должны быть введены на основных типах отношений. Данный подход впервые применил Д. Кемени (1926 – 1992 гг.) [7].

Сначала он сформировал систему аксиом, соответствующую требованиям, предъявляемым к мерам близости на ранжированиях. Затем доказал теорему о единстве меры близости, удовлетворяющей данной системе аксиом. Далее предложил формулу для расчета значений меры близости между ранжированиями, удовлетворяющую сформулированной системе аксиом.

В настоящее время аксиоматические меры близости введены на основных типах отношений: линейного порядка, частичного порядка, эквивалентностях, толерантностях и на произвольных отношениях, не обладающих такими свойствами, как связность, транзитивность, симметричность и т.д.

Расчет значений мер близости, как правило, производится с помощью матриц отношений. В некоторых слу-

Бухарин Сергей Николаевич – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, тел. 8-916-929-45-83;

Дивуева Наталья Александровна – ведущий научный сотрудник, ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ.

Bukharin Sergey - Ph.D. in physics and mathematical sciences, senior research fellow, Institute of FGBNU RINKTSE, tel. 8-916-929-45-83;
Divueva Natalia - senior research fellow, Institute of FGBNU RINKTSE.

чаях можно обходиться меньшим объемом информации.

Для решения поставленной задачи введем основные определения, свойства и основные типы отношений. Пусть задано множество элементов $A=\{a_1, \dots, a_n\}$. Множество пар (a_i, a_j) , элементы которого принадлежат A , образуют декартово пространство $A \times A$. Любое подмножество P данного декартова произведения называется бинарным отношением на множестве элементов.

Матричный способ представления информации на отношениях

Для представления информации на отношениях обычно используют матричный способ. Строки и столбцы матрицы p_{ij} отношения P соответствуют элементам множества A . Пусть P – отношение частичного или линейного порядка. Если элемент a_i предшествует элементу a_j (пара (a_i, a_j)), то на пересечении i -й строки и j -го столбца ставится 1, в противном случае – 0. В итоге элемент матрицы отношений p_{ij}

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (a_i, a_j) \in P; \\ 0, & \text{если } (a_i, a_j) \notin P. \end{cases}$$

Для представления отношений частичного порядка используется матрица p_{ij} с элементами

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (a_i, a_j) \in P, (a_j, a_i) \notin P; \\ 0, & \text{если } (a_i, a_j) \notin P, (a_j, a_i) \notin P; \\ -1, & \text{если } (a_i, a_j) \notin P, (a_j, a_i) \in P. \end{cases}$$

Для предоставления отношений линейного порядка используется матрица отношений p_{ij} с элементами

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (a_i, a_j) \in P, (a_j, a_i) \notin P; \\ 0, & \text{если } (a_i, a_j) \in P, (a_j, a_i) \in P; \\ -1, & \text{если } (a_i, a_j) \notin P, (a_j, a_i) \in P. \end{cases}$$

Такие матрицы отношений частичного и линейного порядка антисимметрические, т.е. $p_{ij} = -p_{ji}, i, j \in \{1, \dots, n\}$.

Меры близости на отношениях

Любая мера близости должна удовлетворять аксиомам метрики [6].

Аксиома 1. $d(P_1, P_2) \geq 0$ тогда и только тогда, когда $P_1 = P_2$.

Аксиома 2. $d(P_1, P_2) = d(P_2, P_1)$.

Аксиома 3. $d(P_1, P_2) \leq d(P_1, P_3) + d(P_3, P_2)$.

Аксиома 4. Если $[P_1, P_2, P_3]$, то $d(P_1, P_3) = d(P_1, P_2) + d(P_2, P_3)$.

Если ранжирования P_1 и P_2 получены соответственно из P_1 и P_2 в результате некоторого преобразования альтернатив, то справедлива следующая аксиома.

Аксиома 5. $d(P'_1, P'_2) = d(P_1, P_2)$.

Рассмотрим ранжирования P_1 и P_2 , которые различаются лишь упорядочением альтернатив, занимающих

$(r+1)$ -го до $(r+k)$ -го места ($r+k \leq n$). Обозначим через $T(P_1)$ и $T(P_2)$ ранжирования, получающиеся из P_1 и P_2 отбрасыванием альтернатив, занимающих от 1 до r -го места и от $(r+k+1)$ -го до n -го места.

Аксиома 6. $d[T(P_1), T(P_2)] = d(P_1, P_2)$.

Данная аксиома означает, что значение меры близости между ранжированиями P_1 и P_2 должны определяться лишь теми сегментами $T(P_1)$ и $T(P_2)$ ранжирований, на которых имеются реальные различия в упорядочении альтернатив.

Аксиома 7. Минимальное положительное расстояние между ранжированиями равно 1.

Мера близости между произвольными ранжированиями P_1 и P_2 , удовлетворяющая аксиомам 1–7, определяется по формуле [16]

$$d(P_1, P_2) = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n |p_{ij}^{(1)} - p_{ij}^{(2)}|.$$

Меры близости на отношениях являются частными случаями мер близости на метризованных отношениях. Свойства матриц метризованных отношений устанавливаются так же, как аналогичные свойства неметризованных отношений.

Примеры определения меры близости в информационном поле

Пример 1. Пусть два человека проранжировали по предпочтениям пять альтернатив a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 . Это, в частности, могут быть как сорта колбас, так и фотографии девушек. Получились следующие ранжирования:

$$P_1 = \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_5 \\ a_4 \end{pmatrix} \quad \text{и} \quad P_2 = \begin{pmatrix} a_2 \\ a_3 \\ a_1 \\ a_4 \\ a_5 \end{pmatrix}.$$

Соответствующие матрицы отношений будут выглядеть следующим образом:

$$M(P_1) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}; \quad M(P_2) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Между ранжированиями P_1 и P_2 значение меры близости $d(P_1, P_2) = 4$.

Пример 2. Оценим меры близости двух человек к шкале ценностей А. Маслоу. Считаем, что данная шкала имеет два полюса «Потребность в самореализации» и «Базовые потребности человека «физиология». Между данными полюсами А. Маслоу введены еще пять градаций. Для каждой градации сформулируем альтернативы, которые должны ранжировать респонденты (см. табл. 1).

В ходе эксперимента двум испытуемым было предложено ранжировать семь альтернатив $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$. В итоге получены следующие ранжирования: P_1 – ранжирование Маслоу; P_2 – ранжирование первого респондента; P_3 – ранжирование второго респондента. В результате опроса были получены следующие ранжирования:

$$P_1 = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \end{pmatrix}; P_2 = \begin{pmatrix} a_7 \\ a_6 \\ a_3 \\ a_5 \\ a_1 \\ a_4 \approx a_2 \end{pmatrix};$$

$$P_3 = \begin{pmatrix} a_5 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \approx a_4 \approx a_6 \approx a_7 \end{pmatrix}.$$

Соответствующие матрицы отношений представлены ниже:

$$M(P_1) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix};$$

$$M(P_2) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 0 & -1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix};$$

$$M(P_3) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Далее определим меру близости респондентов P_2 и P_3 к шкале А. Маслоу P_1 .

Меры близости $d(P_1, P_2) = 33, d(P_1, P_3) = 14$.

Вывод: третий респондент более чем в два раза ближе к шкале А. Маслоу, чем второй респондент.

В работах [1, 2, 14] рассматривалось трехмерное пространство ценностей, которое является подпространством информационного пространства. Данное подпространство обладало следующими координатными осями: «соотношение личного и общественного»; «самоактуализация–гедонистические потребности» (шкала А. Маслоу); «соотношение материального и духовного». Дальнейшие исследования [15] показали, что для оценки мер близости в пространстве ценностей достаточно использовать две координатные оси: «соотношение личного и общественного»; «самоактуализация–гедонистические потребности» (шкала Маслоу). Определение меры близости с помощью шкалы А. Маслоу рассмотрено выше. Сделаем подобную оценку с помощью шкалы «соотношение личного и общественного». Определение меры близости на данной координате весьма актуально, поскольку данные

Таблица 1

Шкала А. Маслоу

Альтернативы	Шкала А. Маслоу	Предлагаемые для ранжирования альтернативы
a_7	<i>Физиология</i> – низменные потребности тела, направленные на его жизнедеятельность (голод, сон, половое желание и др.)	Безлимитная кредитная карта для оплаты любых покупок и питания, в том числе в ресторанах
a_6	<i>Безопасность</i> – потребность быть уверенным, что жизни ничего не угрожает	Зеленая карта на проживание в цивилизованной стране
a_5	<i>Социальность</i> – потребность в контакте с окружающими и своя роль в социуме (дружба, любовь, принадлежность к определенной народности, испытывать взаимные чувства...)	Дружба
a_4	<i>Признание</i> – уважение, признание социумом его успешности, полезности его роли в жизни такого социума	Государственная премия, звание «звезды» эстрады, кино
a_3	<i>Познание</i> – удовлетворения природного любопытства человека (знать, доказывать, уметь и изучать...)	Путешествия, обучение в сильном университете
a_2	<i>Эстетика</i> – внутренняя потребность и побуждения следованию истине (субъективное понятие, как должно все быть).	Борьба за справедливость, истину
a_1	<i>Я</i> – потребность в самореализации, самоактуализации	Любимая работа

измерения можно использовать при оценке устойчивости государства и общества [14].

Для получения исходных данных испытуемым предлагалось по степени симпатий проранжировать следующие альтернативы: Михаил Прохоров, Роман Абрамович, Феликс Юсупов, Савва Морозов, Константин Циолковский, Зоя Космодемьянская.

Максимальное расстояние между испытуемыми достигается в том случае, когда перечисленные альтернативы двумя респондентами ранжируются в обратном порядке. Первый – от Прохорова до Космодемьянской, второй в обратном порядке – от Космодемьянской до Прохорова. В случае со шкалой Маслоу за начало координат принимались ценности великого психолога, в случае оценки на оси «соотношение личного и общественного» за начало координат принимается шкала «Зоя Космодемьянская – Михаил Прохоров». Назовем данную шкалу шкалой «Зои Космодемьянской». В этом случае значения мер близости изменяются в пределах отрезка $[0, +N]$, где $N = n(n-1)$, где n – размерность матрицы отношений.

С целью оценки правильности полученных решений был проведен опрос 141 респондента. Измерение мер близости осуществляется по принятой схеме. Сначала для каждого респондента по итогам ранжирования рассчитывается матрица отношений, затем определяются меры близости к шкале «Зоя Космодемьянская».

В итоге был получен результат, который приведен на рис. 1.

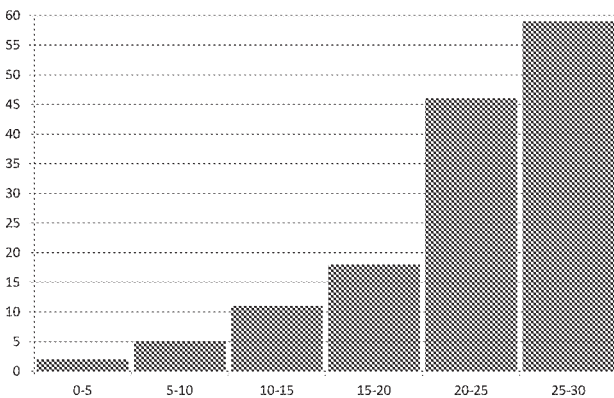


Рис. 1. Распределение респондентов по шкале «Зоя Космодемьянская»

Полученное распределение нельзя считать представительным, поскольку выборка не является репрезентативной, тем не менее результат можно считать информативным. Подавляющее большинство опрошенных составляли молодые люди от 25 до 40 лет, работающие в успешных компаниях, т.е. те, которых называют «офисным планктоном». Респонденты старшего возраста, имеющие позитивный опыт работы в советское время, со-

ставляли меньшинство среди опрошенных специалистов.

Данный результат коррелирует с полученными ранее результатами. В работах [14, 17] для построения распределения по шкале «Зои» использовался анализ информации по участию представителей польской элиты в движении сопротивления. Подобные статистические исследования были проведены в ходе исследования коллаборационизма в СССР в период Великой Отечественной войны. В ходе данных исследований, в частности, было установлено, что подавляющее число предателей составляли граждане присоединенных к СССР в 1939 – 1940 гг. территорий, у которых не сформировался советский менталитет («общественное выше личного»).

Можно разработать множество шкал, подобных шкале «Зоя Космодемьянская». Вопрос поиска наиболее эффективной шкалы остается открытым.

Определить координаты человека в подпространстве ценностей можно с помощью способов оценки мер близости на векторах предпочтений.

Меры близости на векторах предпочтений

Пусть эксперту предъявляется множество альтернатив a_1, \dots, a_n . Для каждой он должен указать число альтернатив, превосходящую заданную, не указывая при этом, какие именно альтернативы являются более предпочтительными. Это число обозначим через π . В результате получим вектор предпочтений $\pi = \{\pi_1, \dots, \pi_n\}$, характеризующий относительную предпочтительность альтернатив a_1, \dots, a_n для данного эксперта.

Если значения n компонент вектора предпочтений различны и среди них встречаются $0, 1, 2, \dots, n-1$, то экспертом указано строгое ранжирование альтернатив. На первом месте в нем расположена альтернатива a_i с $\pi_i = n-1$ и т.д., на последнем – $a_m = n-1$. Однако векторы предпочтений, указываемые экспертами, не всегда соответствуют ранжированиям.

Система аксиом, определяющая требования к мерам близости на векторах предпочтений [6]:

Аксиома 1. $d(\pi^{(v)}, \pi^{(u)}) \geq 0$ тогда и только тогда, когда $\pi^{(v)} = \pi^{(u)}$, где $\pi^{(v)}, \pi^{(u)}$ – векторы предпочтений.

Аксиома 2. $d(\pi^{(v)}, \pi^{(u)}) = d(\pi^{(u)}, \pi^{(v)})$.

Аксиома 3. $d(\pi^{(v)}, \pi^{(u)}) \leq d(\pi^{(v)}, \pi^{(z)}) + d(\pi^{(z)}, \pi^{(u)})$.

Аксиома 4. Если $[\pi^{(v)}, \pi^{(z)}, \pi^{(u)}]$, то $d(\pi^{(v)}, \pi^{(u)}) = d(\pi^{(v)}, \pi^{(z)}) + d(\pi^{(z)}, \pi^{(u)})$.

Аксиома 5. Если векторы предпочтений $\pi^{(v)}$ и $\pi^{(u)}$ различаются только i -й компонентой, то

$$d(\pi^{(v)}, \pi^{(u)}) = |\pi^{(v)}_i - \pi^{(u)}_i|.$$

Мера близости между произвольными векторами

предпочтений $\pi^{(v)}$ и $\pi^{(u)}$ определяется по формуле

$$d(\pi^{(v)}, \pi^{(u)}) = \sum_{i=1}^n d|\pi_i^{(v)} - \pi_i^{(u)}|.$$

Пример 3. Допустим, два человека оценивают десять альтернатив: $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}$. У первого после оценивания получился такой вектор предпочтений – $\pi^{(1)}(3,7,0,4,8,6,1,9,5,2)$, у второго – $\pi^{(2)}(4,6,0,3,7,5,1,8,2,9)$.

Мера близости между данными векторами предпочтений $d(\pi^{(1)}, \pi^{(2)}) = 16$.

Двумерное подпространство ценностей

Таким образом, получены две координатные оси («Маслоу» и «Зои Космодемьянской»), которые пересекаются в точке ноль и имеют лишь положительные направления. Пусть данные оси являются ортогональными. Ось ординат – это шкала «Зои Космодемьянской», ось абсцисс – шкала «Маслоу».

Результаты полученных измерений в двумерном подпространстве ценностей представлены на рис. 2.

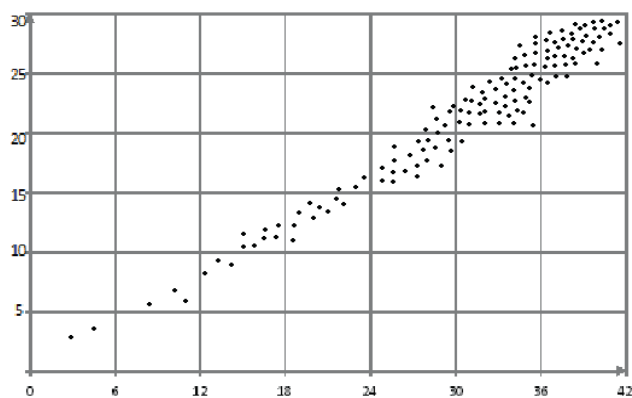


Рис. 2. Распределение респондентов в двумерном пространстве ценностей

Меры близости в подпространстве знаний

Проблема определения мер близости на подпространстве знаний является актуальной и сложной задачей. В настоящее время данная проблема в частной постановке исследуется в экспертном анализе как задача оценки компетентности экспертов. Существующие в настоящее время подходы к решению данной задачи базируются либо на субъективных суждениях, результатах психологических и социальных исследований [8], либо на анализе оценок, выставленных экспертами объектам экспертизы, так, например, считается в работах Буркова Е.А. и др. [8]. Согласно настоящему подходу, компетентность эксперта следует оценивать по тому, насколько согласованы его оценки с оценками большинства [9]. Иначе говоря, в основу данного метода положена аксиома несмещенности [10]. Согласно этой аксиоме компетентным является мнение боль-

шинства, и, следовательно, наиболее компетентным следует считать того эксперта, мнение которого имеет минимальное расхождение с мнением большинства экспертов. Данное положение стало основанием для разработки ряда методов анализа и агрегирования групповых экспертных оценок, в качестве примера можно предложить работы П.И. Падерно и Е.А. Буркова [11].

Однако данный подход вряд ли можно назвать корректным. Некорректность заключается в следующем противоречии: аксиома несмещенности верна при условии того, что большинство экспертов обладают высокой компетенцией, а если это так, то решение задачи оценки компетенции теряет смысл. В результате процедура, основанная на аксиоме несмещенности, никак не может быть отнесена к методу оценки компетентности экспертов. Данная процедура является выявлением некомпетентных экспертов на фоне большинства экспертов с высокой компетенцией.

В современных условиях, когда уровень образования существенно упал, а влияние субъективных факторов, в частности отнесение индивидам к экспертам по формальным факторам, возросло, процедуры оценки компетентности экспертов, основанные на аксиоме несмещенности, будут играть негативную роль. На фоне некомпетентного большинства эксперт с высокой квалификацией обречен на получение низкой оценки компетентности.

Известны методы взаимооценки и самооценки экспертов [12]. Взаимооценка осуществляется двумя способами. В первом случае, каждый кандидат в члены экспертной комиссии оценивает компетентность других экспертов [13]. Во втором случае оценку качества предполагаемых экспертов осуществляет аналитическая группа, которой поручена организация и проведение экспертизы.

При самооценке определение степени знакомства с предметом экспертизы, компетентности и т.п. в детализированном виде осуществляется самим экспертом.

Взаимооценка и самооценка экспертов может носить как качественный, так и количественный характер.

Б.Г. Литвак предлагает для оценки компетенции экспертов использовать метод оценки непротиворечивости суждений эксперта [12]. Данный метод основывается на следующей гипотезе. Часто эксперт не последователен в своих оценках. Особенно часто непоследовательность экспертов проявляется при использовании метода парных сравнений.

Число противоречивых суждений может быть относительно мало или велико. Чем меньше их высказывает эксперт, тем более последователен он в своих оценках. В монографии Б.Г. Литвака [12] метод оценки непротиво-

речивости суждений эксперта достаточно детально описывается. Данный метод интересен, однако имеет скорее академический, чем практический интерес, его реализация связана с рядом проблем, в частности для оценок по данному методу необходимо иметь достаточно обширные архивы, содержащие заключения оцениваемых экспертов. На основании их анализа и полученных статистических данных делаются оценки. Кроме того, метод сложен для реализации и не гарантирует объективных результатов, поскольку обработкой данных архивов должны заниматься те же эксперты, уровень компетентности которых, как правило, неизвестен.

В работе Б.Г. Литвака [12] упоминается так называемый документационный метод оценки качества эксперта. Суть метода заключается в анализе таких документальных данных, как число публикаций и ссылок на работы эксперта, ученая степень, стаж, занимаемая должность и т.д. В современных условиях данный метод оказывается неэффективным в силу «засоренности» экспертного сообщества некомпетентными специалистами с учеными степенями, что в итоге привело к большому количеству (тысячи) объектов оценивания. Для обработки настоящего объема информации требуются значительные временные и финансовые ресурсы.

Таким образом, проблема оценки компетентности экспертов связана с проблемой измерения знаний. В настоящее время наиболее известны два способа таких измерений: тестирование и аттестация.

Тестовый способ предполагает отбор экспертов на основании решения ими тестовых задач, в которых отражена специфика предмета экспертизы. В качестве теста могут рассматриваться результаты участия эксперта в аналогичных экспертизах, считает Б.Г. Литвак. Объективные оценки компетенции экспертов можно получить путем анализа их научных трудов. Однако данные подходы связаны с определенными трудностями, связанными с ограниченным для принятия решения времени, сложностями с доступом к необходимой информации и дефицитом экспертов. Аттестацию также нельзя отнести к эффективному методу отбора, поскольку ее результаты, как правило, формальны и чувствительны к общему научному уровню организации.

Решение рассматриваемой проблемы существенно осложняется чрезмерно большим количеством экспертов.

Таким образом, рассмотренные способы не пригодны для решения поставленной проблемы.

Отсюда вытекает постановка следующей актуальной задачи.

Пусть имеется $Q = Q_1 + Q_2$ экспертов, где Q_1 – мно-

жество неформальных экспертов; Q_2 – множество формальных экспертов. Неформальные эксперты – это эксперты, обладающие научным именем и значимыми научными результатами, формальные эксперты – это эксперты, отвечающие формальным показателям, но не имеющие значимых научных результатов.

Значимый научный результат – это новое знание, полученное в процессе фундаментальных или прикладных научных исследований и зафиксированное на носителях научной информации в форме отчета, научной работы, научного доклада, научного сообщения о научно-исследовательской работе, монографического исследования, научного открытия и т.д. Значимый научный результат – это научный результат, известный и признанный широкой научной общественностью.

Требуется из множества Q выделить подмножество Q_1 . Для решения поставленной задачи необходимо разработать множество критериев для данного отбора. Настоящая задача не является тривиальной, поскольку $Q_1 \ll Q_2$. Кроме того, существует множество других проблем, затрудняющих решение задачи выбора и обоснования множества критериев. Так, в частности, высокие значения формальных показателей, как-то: индекс научного цитирования, участие в международных проектах и государственных программах в сфере общественных наук (история, социология, политология, философия и пр.) и сфере экономики, как правило, не являются объективными показателями компетентности эксперта в силу значительно-го влияния на данные показатели внешних воздействий.

Метод абсолютного авторитета

Суть метода заключается в следующем. На множестве Q определяется «абсолютный авторитет», такие ученые, чей авторитет не вызывает сомнения. К «абсолютному авторитету» обращаются с просьбой назвать наиболее значимых ученых в его области знаний.

К выявленным таким образом специалистам обращаются с подобной просьбой. Таким образом, число выявленных экспертов растет с геометрической прогрессией, однако процесс завершается на втором–третьем шаге, поскольку количество неформальных экспертов существенно ограничено. Данная процедура известна, под названием «снежный ком», т.е. отбор людей, соответствующих заданным критериям по информации, предоставляемой людьми о своих знакомых.

Следует отметить, что рассматриваемый метод весьма чувствителен к начальным условиям, т.е. от качества «абсолютного авторитета», если данное качество не соответствует установленным требованиям, то последую-

щий отбор экспертов теряет смысл. Отбором экспертов по предложенному алгоритму процедура не заканчивается. Отобрать экспертов – не значит решить поставленную задачу, поскольку большая часть экспертов, по разным причинам откажется сотрудничать (занятость, отсутствие мотивации и пр.). Следует отметить, что проблема мотивации является весьма актуальной при организации деятельности экспертного сообщества.

Оставшуюся часть экспертов, которая выразит согласие сотрудничать, следует протестировать на возможность экспертов оперативно работать, способность выполнять взятые на себя обязательства.

Выявление данных качеств экспертов является определяющим, поскольку в условиях стремительно меняющихся условий обстановки резко возросла необходимость оперативно и квалифицированно принимать решения. Оперативность требуется не только от экспертов, но и от заказчика и организаторов проведения экспертизы.

Обычно на реализацию перечисленных процедур уходят годы, в результате формируется группа экспертов, которую можно называть сообществом. Состав данной группы стабилен и находится в динамическом равновесии, каждый год кто-то по разным причинам ее покидает, их места занимают вновь пребывающие. Общая тенденция эволюции экспертного сообщества в России заключается в том, что число неформальных экспертов уменьшается. На что существуют две основные причины:

- естественная (в результате смерти) убыль;
- миграции ведущих российских ученых в страны,

где, по их мнению, легче себя реализовать в научной сфере. В эмиграции мотивация участия в экспертизе российских проектов резко уменьшается. На экспертизу уходит много времени, а оплата услуги скромна.

Пример реализации метода абсолютного авторитета

Четыре авторитетных ученых, имеющих почти полувековой опыт научной и практической (полевой) работы, назвали пять ведущих российских экспертов в своей сфере деятельности и проранжировали их. Далее было опрошено 22 специалиста в этой же сфере, в результате каждый из респондентов также назвал пять, по его мнению, ведущих экспертов и проранжировал их. После чего были построены матрицы отношений и вычислены меры близости респондентов к мнению авторитетных ученых и практиков. В результате получилось распределение, приведенное на рис. 3.

Сразу отметим, что приведенная выборка не является репрезентативной, тем не менее позволяет сделать

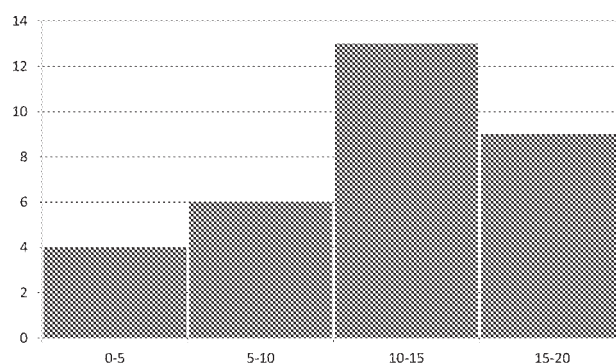


Рис. 3. Плотность распределения оценок респондентов

некоторые выводы. В частности, результаты проведенного эксперимента показывают значительное расхождение во мнениях ведущих и рядовых специалистов. Данное расхождение можно объяснить двумя причинами:

- во-первых, различием в уровне компетенции;
- во-вторых, «засорением» информационного пространства, когда на уровне значительных помех трудно выделить полезный сигнал.

В 1970-х годах подобное распределение имело зеркальное отображение полученному распределению, поскольку названные причины в то время не являлись актуальными.

Психологические свойства эксперта

На объективность результатов применения метода «абсолютного авторитета», помимо высокой компетенции, влияют психологические свойства эксперта. Обладание глубокими знаниями не гарантирует объективных оценок авторитетным ученым своих коллег.

Под психическими свойствами личности понимаются устойчивые психические явления, существенно влияющие на деятельность человека и характеризующие его главным образом с социально-психологической стороны. В их структуру, в частности, входят направленность, темперамент, характер и способности.

Для оценки психических свойств эксперта существуют методы, в частности методы многомерного шкалирования, Р. Шепарда, Л. Тернстоуна и др. С данными методами можно ознакомиться в разделе «Методы экспертных оценок». Однако в рассматриваемой ситуации они не применимы, поскольку требуют проведения серьезных исследований, связанных с опросами экспертов, привлечением статистических методов обработки информации, статистические методы, в свою очередь, требуют значительные объемы информации, которую следует получить.

В связи с этим можно предложить следующий вариант решения обозначенной проблемы. Суть данного варианта заключается в следующем: эксперты сами дают комплексную оценку психологических свойств коллег.

Главным требованием предлагаемого варианта является приближенное равенство уровня знаний экспертов и их осведомленность относительно исследований и психологических качеств коллег. Содержание процедуры оценки психических свойств экспертов изложено в следующем разделе.

Процедуры оценки психических свойств экспертов и формирования группы экспертов

Количество экспертов определяется путем использования критерия достоверности экспертных оценок и зависимости между числом экспертов в группе и средней групповой ошибкой. Данная задача является задачей условной оптимизации – получение максимально возможной объективной оценки объекта (здесь заложена его сложность и тематическое содержание) при наличии ограничений на время, отведенное на проведение экспертного оценивания, и имеющиеся финансовые ресурсы. В качестве функции цели может рассматриваться следующая $\min |O_0 - O|$, где O_0 – достоверная оценка, O – экспертная оценка

Считаем, что эксперты уже отобраны, и они обла-

дают одинаковым уровнем знаний.

Расчет относительных коэффициентов адекватности эксперта. Данный коэффициент является интегральной оценкой психических свойств эксперта, влияющих на объективность принимаемых оценок.

Расчет относительных коэффициентов адекватности эксперта осуществляется в рамках процедуры формирования группы экспертов.

Общая схема процедуры формирования группы экспертов представлена в табл. 2.

Алгоритм процедуры

1. Формирование рабочей группы, организующей деятельность по подбору группы экспертов.

1.1. Рабочая группа формируется для организации мероприятий по отбору группы экспертов, их опросу, обработке полученной информации.

1.2. Рабочая группа в соответствии с принятой процедурой подбирает экспертов и заполняет таблицу «Состав группы экспертов».

2. Формирование матрицы экспертов.

2.1. Формируется список из m экспертов.

Таблица 2

Общая схема процедуры формирования группы экспертов

№ п/п	Общая схема	Описание операции
1		Начало процесса
2		Формирование рабочей группы, организующей деятельность по формированию группы экспертов
3		Формирование матрицы экспертов
4		Опрос экспертов и заполнение матрицы экспертов
5		Расчет относительных коэффициентов компетентности K_i
6		Принятие решения. Если порядок коэффициента компетентности ниже 4 – процедура повторяется снова, если равна 4 – процесс продолжается
7		Заполнение паспортов экспертов, занесение информации в базу данных
8		Определение необходимого числа экспертов в группе. Оформление списка экспертов
9		Оформление письменных приглашений экспертам для участия в работе
10		Окончание процесса

2.2. Формируется матрица размерностью $m \times m$, напротив каждого из столбцов и каждой из строк проставляется фамилия и инициалы одного из m экспертов.

3. Опрос экспертов и заполнение матрицы экспертов.

3.1. Каждый из экспертов называет $m-1$ экспертов, которых он хотел бы видеть в экспертной группе.

3.2. Элементам матрицы присваивают значения

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й эксперт назвал } i\text{-го эксперта} \\ 0, & \text{если } j\text{-й эксперт не назвал } i\text{-го эксперта} \end{cases}$$

3.3. Каждый эксперт может включать или не включать себя в экспертную группу

4. Расчет относительных коэффициентов адекватности. Рассчитываются относительные коэффициенты адекватности p -го порядка для каждого эксперта

$$K_i^p = \sum_{j=1}^m X_{ij} K_j^{p-1} / \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m X_{ij} k_j^{p-1};$$

$$i = \overline{1, m}, \sum_{i=1}^m K_i^p = 1, p = 1, 2, \dots$$

где m — общее число экспертов в группе.

8. Оформление письменных приглашений экспертам для участия в работе.

8.1. Оформляются и рассылаются письменные приглашения экспертам.

8.2. На основе полученных положительных ответов формируется окончательный список экспертной группы.

9. Окончание процесса — заполнение табл. 3.

Далее каждому эксперту выдается для заполнения табл. 4.

На основании данных табл. 4 заполняется сводная матрица адекватности экспертов (табл. 5).

После заполнения табл. 5, в соответствии с разработанным выше алгоритмом, рассчитываются коэффициенты адекватности экспертов 1-го, 2-го и 3-го порядков. Результаты заносятся в табл. 6.

При этом $j = \overline{1, 10}$. Проверка правильности проведенных расчетов приводит к искомому результату. Коэффициенты адекватности третьего порядка принимаем для дальнейших расчетов.

Таблица 3

Состав группы экспертов

№ п/п	Состав группы экспертов	Фамилия, имя, отчество	Место работы	Специальность	Занимаемая должность	Ученая степень, ученое звание
1						
2						

5. Принятие решения.

5.1. Если порядок относительного коэффициента адекватности ниже 4, процедура повторяется.

5.2. Если порядок относительного коэффициента адекватности равен 4, то переходим к п 6.

6. Заполнение паспортов экспертов, занесение информации в базу данных.

6.1. Заполняется анкета члена группы экспертов.

6.2. Заполнение паспорта эксперта.

6.3. Занесение данных анкетирования и паспорта эксперта в базу данных.

7. Определение необходимого числа экспертов в группе. Оформление списка экспертов.

7.1. Определяется необходимая достоверность экспертизы.

7.2. Анализируется зависимость достоверности экспертизы от числа экспертов и средней групповой ошибки от числа членов экспертной группы.

7.3. На основе проводимого анализа и имеющихся финансовых ресурсов определяется число экспертов в группе

7.4. Оформляется список экспертов для доклада заказчику.

Таблица 4

Сводная форма личных данных экспертов

№ п/п	Ф.И.О. эксперта	Данные
1		
2		
3		

Примечание. Фамилия, имя, отчество эксперта, производящего оценку компетентности коллег (заполняется для каждого эксперта)

Таким образом, при расчете относительных коэффициентов адекватности учитывается желание высококвалифицированных экспертов самим работать в группе, а также их пожеланий относительно участия в работе группы своих коллег.

Эксперт с наименьшим показателем коэффициента адекватности будет оказывать меньшее влияние на итоговую оценку, что минимизирует элемент необъективности принимаемых решений.

Таким образом, задача определения мер близости в подпространстве знаний сводится к задаче определения мер близости на отношениях, когда элементы из множества «абсолютных» авторитетов ранжируют своих коллег.

Таблица 5

Сводная матрица адекватности экспертов

Ф.И.О. эксперта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблица 6

Матрица коэффициентов адекватности экспертов 1-го, 2-го и 3-го порядков

Коэффициенты компетентности	Ф.И.О. эксперта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kj	0,105	0,105	0,105	0,095	0,105	0,105	0,095	0,095	0,095	0,084
Kj	0,11	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,11	0,09	0,09	0,07
Kj	0,115	0,115	0,115	0,084	0,115	0,115	0,115	0,084	0,084	0,058

Выводы

1. Одним из основных инструментов, используемых при анализе и обработке информации, связанной с оценками людей чего-либо, кого-либо, а также их ценностей, являются меры близости.

2. Расчет значений мер близости, как правило, производится с помощью матриц отношений.

3. Мера близости между произвольными ранжированиями позволяет оценить взаимное расположение людей в подпространстве ценностей.

4. От положения человека в подпространстве ценностей зависит его поведение, реакции на те или иные ситуации.

5. Полученная двумерная система координат и возможность определения человека на плоскости ценностей позволяют прогнозировать его поведение.

6. Опыт отбора экспертов основан на субъектив-

ных оценках. Данный подход может привести к объективным оценкам, если первый шаг процедуры определяют эксперты, имеющие абсолютный авторитет в научном сообществе.

7. Существующие методы оценки компетенции экспертов связаны с существенными проблемами, определяемыми в первую очередь большими финансовыми и временными затратами и проведением рутинных и весьма объемных опросов экспертов.

8. На объективность экспертных оценок влияют психологические свойства экспертов. В связи с этим предложен метод определения относительных оценок адекватности экспертов, который позволяет сделать интегральную оценку психологических свойств экспертов и минимизировать элемент субъективности в процессе экспертных оценок.

9. В настоящей статье задача определения мер

близости в подпространстве знаний сводится к задаче определения мер близости на отношениях, когда эле-

менты из множества «абсолютных» авторитетов ранжируют своих коллег.

Литература

1. Бухарин С.Н., Ковалев В.И., Малков С.Ю. О формализации понятия информационного поля. *Информационные войны*, № 4(12), с. 2–9.
2. Бухарин С.Н., Малков С.Ю. К вопросу о математическом моделировании информационных взаимодействий. *Информационные войны*, № 2 (14), с. 14 – 20, 2010.
3. Kruskal J. B. *Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis*. – *Psychometrika*, 1964, v. 29, N 1 – 2, p. 1 – 27, 115 – 129.
4. Shepard R. M. *The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function*. – *Psychometrika*, 1962, v. 27, N 2 –3, p. 125 – 139, 219 – 246.
5. Torgerson W. S. *Multidimensional scaling: I Theory and method*. *Psychometrika*, 1952, v. 17, N 3, p. 401 – 419.
6. Литвак Б.Г. *Экспертная информация. Методы получения и анализа*. М.: 2009.
7. Kemeni J. *Mathematics without numbers*. *Dacdalus*, 88, 1959.
8. Бурков Е.А. *Определение компетентности экспертов на основе поставленных ими оценок*. *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» № 4*, 2009.
9. Миркин Б.Г. *Проблема группового выбора*. М.: Наука, 1974.
10. Дюбуа Д., Прад А. *Теория возможностей*. М.: Радио и связь, 1990.
11. Бурков Е.А. *Методы и алгоритмы анализа и агрегирования групповых экспертных оценок. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук*. Санкт-Петербург, 2011, Бурков Е.А., Карпачевский А.В., Падерно П.И. *Оценка компетентности экспертов на основе результативности их участия в экспертизах*. *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» № 0*, 2011.
12. Литвак Б.Г. *Экспертная информация. Методы получения и анализа*. М. 2009.
13. Бухарин С.Н., Цыганов В.В. *Методы и технологии информационных войн*. М.: Академический проект. 2007.
14. Бухарин С.Н., Ракитянский Н.М. *Россия и Польша. Опыт политико-психологического исследования феномена лимитификации*. М.: Институт русской цивилизации. 2011.
15. Бухарин С.Н., Малков С.Ю. *Эволюция элиты. Наблюдения и исследование*. (В издательстве).
16. Терехина А.Ю. *Анализ данных методами многомерного шкалирования*. М.: «Наука» 1986.
17. Бухарин С.Н., Малков С.Ю. *Управляя прошлым, повелеваешь будущим*. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, 114 с. 2012.

Материал поступил в редакцию 12. 08. 2013 г.