УДК 519.816

© А. Г. Тутыгин, канд. физ.-мат. наук,
ведущий науч. сотрудник
© В. Б. Коробов, д-р геогр. наук, главный науч. сотрудник
(Федеральный исследовательский центр
комплексного изучения Арктики
имени академика Н. П. Лаврова РАН,
г. Архангельск, Россия)
E-mail: andgt64@yandex.ru, szoioran@mail.ru
© Т. В. Меньшикова, канд. экон. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: mmbk@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-221-228

© A.G. Tutygin, PhD in Sci. Phys.- Math.,
leading researcher
© V. B. Korobov, Dr. Sci. Geogr., chief researcher
(N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic
Research of the Russian Academy of Sciences,
Arkhangelsk, Russia)
E-mail: andgt64@yandex.ru, szoioran@mail.ru
© T. V. Menshikova, PhD in Sci. Ec., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: mmbk@yandex.ru

КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ РАСЧЕТА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В МНОГОФАКТОРНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

COMBINED METHOD FOR CALCULATING WEIGHING COEFFICIENTS IN MULTI-FACTOR ECONOMIC MODELS

Проведено сравнение трех популярных методов нахождения весовых коэффициентов влияющих факторов: метода прямой расстановки, ранжирования и анализа иерархий. Проанализированы достоинства и недостатки каждого метода. Предложена методика, позволяющая объединить преимущества указанных методов. Описаны процедуры, основанные на ранжировании факторов с последующим введением корректирующих поправок к рассчитанным на основании ранжирования весовым коэффициентам. Сформулированы правила к введению поправок. Разработан алгоритм реализации предложенного метода, который проиллюстрирован на модельном примере.

Ключевые слова: методы экспертных оценок, ранжирование факторов, весовые коэффициенты.

The article presents a comparative analysis of three popular methods for determining the weight coefficients of contributing factors: the direct placement method, the ranking method, and the method of analyzing hierarchies. Advantages and disadvantages of each method are analyzed. A technique that allows combining the advantages of these methods is proposed. Procedures are described based on ranking factors with subsequent introduction of corrections to the weighing coefficients calculated basing on the ranking. The rules for introducing corrections have been formulated. An algorithm for implementing the proposed method is developed, which is illustrated with a model example.

Keywords: methods of expert assessments, ranking of factors, weighing coefficients.

Построение математической модели функционирования экономической системы по ряду причин является объективно сложной задачей для разработчика. Прежде всего, это обусловлено недостаточностью знаний о характере взаимодействий между многочисленными компонентами сложных систем и несовершенством математического аппарата, используемого для построения таких моделей.

Для преодоления этих трудностей могут быть использованы разные методы: агрегация влияю-

щих факторов; объединение показателей; упрощение модели за счет ее разбиения на блоки и снижения порядка исходных уравнений; применение более эффективных алгоритмов обработки информации и решения уравнений и т. д. Все эти методы, особенно в сочетании друг с другом, дают определенный эффект, но их применение зачастую ведет к снижению качества моделей и сужению области применения.

Одной из попыток сохранения качества моделей экономических систем (и достаточно успеш-

ной, как показала практика) является использование экспертных технологий, заключающихся во введении в уравнения модели весовых коэффициентов влияющих факторов [6]. Эти коэффициенты позволяют учесть степень значимости каждого фактора по его влиянию на конечный результат и тем самым существенно нивелируют недостатки, связанные с невозможностью установления надежных количественных связей между компонентами системы.

Существует достаточно много методов расчета весовых коэффициентов: от весьма простых (прямая расстановка) до довольно сложных, представляющих собой последовательность процедур (метод анализа иерархий). Но, несмотря на многолетнюю практику их применения, нет единого мнения, какой из них лучший.

Однако именно практика (в том числе и авторов) показала, что различные методы нахождения весовых коэффициентов при их корректном применении дают очень близкие результаты: коэффициенты корреляции составляют порядка 0,85. Этот факт заставляет задуматься о целесообразности применения сложных методов. В самом деле: зачем использовать сложные методы, если простые дают результат такого же порядка, но быстрее и без потери информации, неизбежной при применении сложных технологий?

Рассмотрим три наиболее часто применяемых метода: прямую расстановку, ранжирование и метод анализа иерархий (МАИ). Первые два относятся к простым методам, последний — к сложным. Основное внимание будем уделять не столько их достоинствам, а они есть у каждого метода, сколько недостаткам, чтобы на основании выполненного анализа предложить процедуры нахождения весовых коэффициентов, свободные, насколько это возможно, от известных недостатков.

Метод прямой расстановки исходит из определения весовых коэффициентов как суммы положительных чисел, равной единице или любой другой константе, что иногда удобнее при вычислениях. Иногда весовые коэффициенты выражают в процентах, например, когда сравнивают вклад факторов или групп факторов в конечный результат.

В этом методе эксперт должен поставить в соответствие каждому фактору численное зна-

чение, которое и будет тем самым весовым коэффициентом. Если факторы считаются равноценными, им приписываются равные числа. Правило одно: их сумма не должна превосходить единицы или заданной константы (в дальнейшем тексте о константах, как и о процентах, говорить не будем, подразумевая, что их введение — это обычное масштабирование).

Достоинство метода прямой расстановки очевидно: нужно всего лишь против каждого фактора поставить соответствующее число. Но в этом заключается и недостаток метода: эксперту необходимо контролировать сумму некоторого числа слагаемых, в нашем случае — факторов. Практика показала, что это число невелико и равно всего лишь 4-5. Путем специального тренинга, как установил академик О. И. Ларичев [7], количество факторов для обычных людей, к которым в этом смысле следует отнести и экспертов, можно увеличить до 6-7, что не решает проблемы в целом.

А если факторов намного больше, как чаще всего и бывает? Тогда процесс становится итерационным. Выглядеть он может так. Сначала против каждого фактора ставится число. Затем подсчитывается сумма, которая будет отклоняться от единицы в ту или иную сторону. Если сумма будет превосходить единицу, числа следует уменьшить — не обязательно все, можно и часть, допустим, наибольших. Если сумма будет меньше единицы, числа необходимо увеличить. При большом количестве факторов эту процедуру приходится повторять несколько раз, отчего процесс становится итерационным.

Не решает проблему и непрерывное суммирование в целях контроля: при расстановке весовых коэффициентов по мере продвижения к концу списка факторов выясняется, что для оставшихся нескольких факторов либо сумма уже превышена, либо остатка до единицы не хватит, поскольку оставшиеся факторы весьма значимы. Тогда начинается корректировка значений, т. е. запускается итерационный процесс. Количество итераций зависит от индивидуальных особенностей экспертов, но, по нашим наблюдениям, никак не менее трех.

Суть этого метода ранжирования, как это следует из его названия, заключается в последовательном расположении факторов по мере их значимости. При этом не имеет значения, рас-

полагаем мы факторы по возрастанию или убыванию — суть от этого не меняется.

Метод удобен тем, что позволяет располагать факторы по возрастанию или убыванию, последовательно извлекая их из перечня. Это не вызывает никаких затруднений. После процедуры ранжирования каждый фактор автоматически получает ранг, равный его положению в списке: 1, 2, ..., n . В случае равенства значимости факторов ранг вычисляется как среднее арифметическое их рангов [14]. Так, у всех факторов, располагающихся между вторым и шестым, ранг будет равен $\frac{3+4+5}{4} = 4$, а у факторов, располагающихся между вторым и пятым — $\frac{3+4}{2} = 3,5$, то есть может быть и дробным. Это важно для нахождения весовых коэффициентов, которые в этом методе рассчитываются по формуле

$$k_i = \frac{i}{\sum_{i=1}^n r_i}, \quad (1)$$

где r_i — ранг фактора, $i = 1, 2, \dots, n$ — порядковый номер ранга.

Недостаток метода заключается в жесткой зависимости значений весовых коэффициентов от ранга: они могут различаться между собой на величины, не более $\Delta_{\min} = \frac{1}{n}$ для $k_i < k_{i+1}$ и $\Delta_{\min} = \frac{1}{mn}$ для $k_i = k_{i+m}$, где m — наибольшее число факторов с одинаковыми рангами (знак неравенства в этих выражениях может быть обратным при ранжировании факторов по возрастанию). Для удобства дальнейшего изложения запишем эти соотношения в виде формулы

$$\Delta_{\min} = \begin{cases} \frac{1}{n} & \text{для } k_i < k_{i+1}, \\ \frac{1}{mn} & \text{для } k_i = k_{i+m}. \end{cases} \quad (2)$$

Такая зависимость значений весовых коэффициентов от ранга затрудняет работу экспертов, когда они полагают, что весовые коэффициенты должны различаться меньше, чем на величину $\Delta_{\min}$. Как быть в этом случае, рассмотрим ниже.

В методе анализа иерархий (МАИ) в последние годы обнаружено столько недостатков, в том числе и авторами [4, 5, 13 и др.], что затруднительно говорить о каких-либо его достоинствах, разве что о составляющей основу этого метода процедуре парных сравнений факторов. Поэтому ограничимся только относящимся к теме нашего

исследования перечнем основных недостатков. Это: неинвариантность шкалы отношений; ошибочный алгоритм вычисления весовых коэффициентов как средних геометрических величин строк матрицы парных сравнений; требование согласованности экспертных суждений с некоторым произвольно установленным автором метода стандартом, следствием чего становится исключение из рассмотрения части оценок.

В связи с этим возникает вопрос: почему результаты МАИ также оказываются высоко коррелированными с методами прямой расстановки и ранжирования? На этот вопрос мы попытаемся ответить в следующей части наших рассуждений.

Поскольку все рассмотренные методы дают близкие результаты, но ни один из них не свободен от недостатков, авторы решили разработать процедуры, сочетающие в себе технологии различных методов и позволяющие получить более точные результаты. Но сначала ответим на вопрос о близости результатов.

Прямая расстановка — это то же самое ранжирование, поскольку, располагая числовыми характеристиками факторов, мы автоматически получаем ранжированный ряд. Обратная операция — расчет весовых коэффициентов по формуле (1) — неравноценна, поскольку мы получаем числа с точностью, не большей $\Delta_{\min}$. В этом заключается причина некоторого отклонения коэффициента корреляции между весовыми коэффициентами, рассчитанными этими методами, от единицы.

Высокую корреляцию этих методов с МАИ можно объяснить особенностями мышления экспертов при проведении парных сравнений. Дело в том, что человеку свойственно сравнивать объекты, как это было установлено еще И. М. Сеченовым, по парам [12]. При ранжировании это происходит непосредственно, когда мы очередной фактор последовательно сравниваем с уже ранжированными факторами, находя ему свое место в иерархии. В МАИ происходит то же самое, только в неявном виде, а именно путем придания транзитивности тройкам сравниваемых факторов.

Аксиома транзитивности гласит, что если $a > b$, $a > c$, то $b > c$. Использование, даже неосознанное, этой аксиомы приводит к тому, что эксперт контролирует себя, сравнивая пару факторов

с третьим. Происходит это так. Пусть эксперт, решая задачу выбора места оптимального размещения жилого строения, сравнивает два фактора: удаленность от ближайшей станции метро и количество продуктовых магазинов в радиусе 200 метров. По шкале отношений Саати [11] (для ясности будем оперировать числовыми соотношениями этой шкалы) первый фактор относится ко второму как 3:1, или же второго к первому как 1:3, поскольку это отношения, и они должны быть обратно симметричными. Затем первый из этих факторов — удаленность от ближайшей станции метро, сравнивается со следующим фактором, допустим, количеством магазинов промышленных товаров в радиусе 200 метров и оценивается экспертом как 5:1. Другими словами, он полагает, что для населения продуктовые магазины несколько важнее промтоварных. Тогда при сравнении второго и третьего факторов (магазинов между собой), чтобы выполнялось требование транзитивности, соотношение между ними должно быть не менее 2:1 в пользу продуктовых. Это обстоятельство и принимает во внимание эксперт при оценке соотношения данных факторов.

При оценке объектов и их компонентов аксиоме транзитивности следуют далеко не всегда. В этом нет никакого логического противоречия, поскольку в конкретной ситуации могут доминировать свойства, существенным образом влияющие на оценку. Для простоты иллюстрации этого положения возьмем пример из спорта. Так, никого же не удивляет, что спортивные эксперты, сопоставляя примерно равные по силам команды в игровых видах, могут отдать предпочтение команде А над Б («в А играет суперфорвард, а в Б нет защитников, способных его эффективно закрыть»), команде Б над В («Б более мобильная, чем В команда и по статистическим данным создает больше опасных моментов за игру»), и в то же время В над А («в С есть суперзащитник, способный нейтрализовать суперфорварда из А, и в то же время достаточно квалифицированная линия атаки, в целом превосходящая линию атаки А»). Именно по этой причине авторы метода ранжирования объектов, основанного на парном сравнении их компонентов, образующих так называемую «голевую» матрицу (по аналогии со спортивными соревнованиями) вообще отказа-

лись от применения принципа транзитивности [2]. Это касается и ряда других методов, основанных на парных сравнениях [1].

Таким образом, ранжирование — суть всех рассмотренных нами методов. Следовательно, именно ранжирование можно положить в основу любого метода нахождения весовых коэффициентов. При этом нам представляется возможным ограничиться только двумя методами: ранжированием и прямой расстановкой.

Предлагаемый метод состоит из двух операций: сначала ранжирование, а затем корректировка рассчитанных по результатам ранжирования числовых характеристик. Алгоритм нахождения весовых коэффициентов будет следующим.

1. Ранжирование.

Путем последовательных сравнений факторов строится ранжированный ряд. Будет удобнее придать ему форму табл. 1.

Таблица 1

Ранжирование факторов

№	Факторы	Ранг
1		
...		
<i>n</i>		

2. Расчет весовых коэффициентов.

По формуле (1) рассчитывают весовые коэффициенты факторов. Составляем табл. 2.

Таблица 2

Весовые коэффициенты факторов

№	Факторы	Ранг	Весовые коэффициенты
1			
...			
<i>N</i>			

3. Определение максимальной поправки.

Максимальный размер поправки равен половине минимальной дискретности метода ранжирования, рассчитанной по формуле (2): $\Delta_{\max} = \frac{1}{2} \Delta_{\min}$. Такое ограничение необходимо, чтобы после введения поправок не нарушить первоначальный порядок ранжирования, что имеет принципиальное значение в процедурах, основанных на опросах, проводимых в несколько туров, например, в методах Дельфи [3], а также нивелировки субъективных предпочтений,

имеющих место и при экспертной оценке факторов [9]. Следовательно, для первого и последнего членов ранжированного ряда они могут быть и большими при увеличении первого члена и уменьшении последнего, поскольку не изменяют положения этих факторов.

4. Введение поправок.

При корректировке весовых коэффициентов должно соблюдаться следующее правило: сумма поправок должна быть равна нулю: $\sum_1^n \Delta_i = 0$. В противном случае сумма весовых коэффициентов не будет равняться единице, что противоречит определению весовых коэффициентов. Этот процесс также итерационный, но он существенно проще, поскольку осуществляется последовательно между парами факторов по принципу: если где-то добавили, то в другом месте (или местах) должно быть столько же убавлено. Расчетная формула для весовых коэффициентов принимает следующий вид:

$$k_i = \frac{i}{\sum_1^n r_i} \pm \Delta_i. \quad (3)$$

Чтобы наиболее значимым факторам соответствовали наибольшие весовые коэффициенты, ранги следует присваивать в обратном порядке: первому фактору присваивается наибольший ранг и далее по убыванию. Результаты записываются в табл. 3.

5. Контроль суммы весовых коэффициентов.

Для предотвращения ошибок необходимо провести контроль полученных результатов, по-

сле чего таблица весовых коэффициентов принимает окончательный вид (табл. 4).

Следует сказать, что последняя таблица не обязательна: результаты проверки можно дать в тексте, но так нагляднее.

Продemonстрируем данный алгоритм на задаче оптимального выбора инвестором места размещения жилого дома в крупном городе. Такая ситуация может сложиться, когда инвестору на выбор предлагается несколько площадок для жилой застройки. Инвестор заинтересован не только в возможно большем размере будущей прибыли, но и в скорейшей отдаче от инвестиций (принцип «время-деньги» никто не отменял). Для этого необходимо, чтобы строящиеся квартиры были приобретены в возможно короткие сроки, т. е. были максимально привлекательными для будущих жителей. Именно с этих позиций, не претендуя на единственно возможный перечень, рассмотрим оценку факторов, влияющих на выбор места расположения будущего дома.

Обычно в расчет принимаются следующие факторы: стоимость, планировка, близость магазинов, наличие рекреационных объектов, наличие объектов культуры, наличие учреждений образования и здравоохранения, транспортная инфраструктура, экологическая ситуация. Итого восемь факторов — достаточно для примера, этим и ограничимся.

Ранжируем факторы. Пусть эксперт выстроил их в такой последовательности (столбец 3 табл. 5).

Таблица 3

Уточненные весовые коэффициенты факторов

№	Факторы	Ранг	Весовые коэффициенты	Поправка	Уточненные весовые коэффициенты
1					
...					
.					

Таблица 4

Уточненные весовые коэффициенты факторов

№	Факторы	Ранг	Весовые коэффициенты	Поправки	Уточненные весовые коэффициенты
1					
...					
<i>n</i>					
Сумма				0	1

Таблица 5

Ранжирование факторов

№	Факторы	Ранг
1	Стоимость	8
2	Планировка	6
3	Близость магазинов	7
4	Наличие рекреационных объектов	2-3 (2,5)
5	Наличие объектов культуры	2-3 (2,5)
6	Наличие учреждений образования и здравоохранения	4
7	Транспортная инфраструктура	5
8	Экологическая ситуация	1

Рассчитываем по формуле (1) весовые коэффициенты для каждого из выбранных восьми факторов. Полученные в первом приближении значения весовых коэффициентов заносим в табл. 6.

Вводим поправки, максимальная величина которых согласно формуле (2) равна 0,014. Напомним, что это правило не относится к крайним членам ряда. Корректируем весовые коэффициенты факторов. Отметим, что эксперимент, проведенный с участием авторов на реальной ситуации для восьми экспертов, показал, что, во-первых, не все воспользовались этой возможностью и, во-вторых, не все оценки подвергались пересмотру остальными экспертами. Но это уже личное дело экспертов. Результаты представлены в табл. 7.

Контроль сумм показывает, что для весовых коэффициентов она равна 0,999 — неравенство 1 обусловлено округлением, а для поправок — 0.

Таблица 6

Весовые коэффициенты факторов

№	Факторы	Ранг	Весовые коэффициенты
1	Стоимость	8	0,222
2	Планировка	6	0,167
3	Близость магазинов	7	0,194
4	Наличие рекреационных объектов	2-3 (2,5)	0,069
5	Наличие объектов культуры	2-3 (2,5)	0,069
6	Наличие учреждений образования и здравоохранения	4	0,111
7	Транспортная инфраструктура	5	0,139
8	Экологическая ситуация	1	0,028

Предложенный подход к нахождению весовых коэффициентов, основанный на ранжировании влияющих факторов с последующей корректировкой рассчитанных по итогам ранжирования значений, позволяет экспертам получать более точные оценки. При этом сами процедуры понятны и не занимают много времени. Самое важное, что при их использовании не происходит искажения и потери информации, как это имеет место в том же методе анализа иерархий.

Предложенная методика допускает расширение и дополнения. Так, вполне допустимо введение специальной шкалы для последовательных

Таблица 7

Корректировка весовых коэффициентов факторов

№	Факторы	Ранг	Весовые коэффициенты	Поправки	Уточненные весовые коэффициенты
1	Стоимость	8	0,222	0,011	0,233
2	Планировка	6	0,167	0,007	0,174
3	Близость магазинов	7	0,194	-0,010	0,184
4	Наличие рекреационных объектов	2-3 (2,5)	0,069	0,005	0,074
5	Наличие объектов культуры	2-3 (2,5)	0,069	-0,008	0,061
6	Наличие учреждений образования и здравоохранения	4	0,11	0	0,111
7	Транспортная инфраструктура	5	0,139	0,005	0,144
8	Экологическая ситуация	1	0,028	-0,010	0,018

сравнений факторов при ранжировании, что позволит сделать расчет весовых коэффициентов более гибким. Требуют дальнейшего исследования вопросы о правилах введения поправок, в частности, возможности отказа от минимальной дискретности.

В данной статье мы не касались некоторых особенностей процедур экспертных опросов. Они требуют специального изучения. Отметим лишь, что предложенная методология не препятствует проведению как групповых, так и индивидуальных опросов, что немаловажно для их организаторов.

Библиографический список

1. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.
2. Бельский В. З., Гребенников В. Г. Некоторые методы ранжирования объектов по результатам их парных сравнений // Анализ и моделирование экономических процессов: сб. ст. Вып. 9. М.: ЦЭМИ РАН, 2012. С. 113–128.
3. Диксон П. Фабрики мысли. М.: АСТ, 2004. 505 с.
4. Коробов В. Б. Теория и практика экспертных методов: монография / под ред. Б. И. Кочурова. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. 281 с.
5. Коробов В. Б., Тутыгин А. Г. Проблемы использования метода анализа иерархий и пути их решения // Экономика и управление. 2016. № 8. С. 60–65.
6. Кузык Б. Н., Яковец Ю. В. Интегральный макропрогноз инновационно-технической и структурной динамики экономики России на период до 2030 года. М.: Институт экономических стратегий, 2006. 432 с.
7. Ларичев О. И. Когнитивная психология. Теория подсознательных решающих правил и ее применение в диагностических задачах // Психологический журнал, 2003. Т. 24, № 1. С. 56–64.
8. Литвак Б. Г. Экспертные технологии в управлении. М.: Дело, 2004. 400 с.
9. Милько Д. М. Субъективные факторы в оценке проектов строительства гидротехнических объектов. Известия РАН. Серия географическая, 2006. № 6. С. 88–97.
10. Петраков Н. Я. Избранное: Т. 1. М.; СПб.: Нестор-История, 2012. 368 с.
11. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 360 с.
12. Сеченов И. М. Элементы мысли. СПб.: Питер, 2001. 404 с.
13. Тутыгин А. Г., Коробов В. Б., Меньшикова Т. В. Проблемы согласованности экспертных суждений в методе анализа иерархий // Вестник гражданских инженеров, 2019. № 5 (76). С. 291–297.
14. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М.: Мир, 1973. 957 с.

References

1. Ayvazyan S. A., Bukhshtaber V. M., Enyukov I. S., Meshalkin L. D. *Prikladnaya statistika. Klassifikatsiya i snizhenie razmernosti* [Applied statistics. Classification and dimension reduction]. Moscow, *Finansy i statistika – Finance and statistics*, 1989, 607 p.
2. Belen'kiy V. Z., Grebennikov V. G. *Nekotorye metody ranzhirovaniya ob'ektov po rezul'tatam ikh parnykh sravneniy* [Some methods of ranking objects based on the results of their paired comparisons]. *Analiz i modelirovanie ekonomicheskikh protsessov* [Analysis and modeling of economic processes: collection of articles]. Coll. works, iss. 9. Moscow, TsEMI RAN Publ., 2012, pp. 113–128.
3. Dikson P. *Fabriki mysli* [Factories of thought]. Moscow, AST Publ., 2004, 505 p.
4. Korobov V. B. *Teoriya i praktika ekspertnykh metodov* [Theory and practice of expert methods]. Ed. by Kochurov B. I. Moscow, NITs INFRA-M, 2019, 281 p.
5. Korobov V. B., Tutygin A. G. *Problemy ispol'zovaniya metoda analiza ierarkhiy i puti ikh resheniya* [Problems of using the hierarchy analysis method and ways to solve them]. *Ekonomika i upravlenie – Economics and management*, 2016, no. 8, pp. 60–65.
6. Kuzyk B. N., Yakovets Yu. V. *Integral'niy makroprognozinnovatsionno-tekhnicheskoy i strukturnoy dinamiki ekonomiki Rossii na period do 2030 goda* [Integral macro-forecast of innovative-technical and structural dynamics of the Russian economy for the period up to 2030]. Moscow, Institut Ekonomicheskikh Strategiy Publ., 2006, 432 p.
7. Larichev O. I. *Kognitivnaya psikhologiya. Teoriya podsoznatel'nykh reshayushchikh pravil i ee primeneniye v diagnosticheskikh zadachakh* [Cognitive psychology. Theory of subconscious decision rules and its application in diagnostic problems]. *Psikhologicheskiy zhurnal – Psychology journal*, 2003, vol. 24, no. 1, pp. 56–64.
8. Litvak B. G. *Ekspertnye tekhnologii v upravlenii* [Expert technologies in management]. Moscow, Delo Publ., 2004, 400 p.
9. Mil'ko D. M. *Subektivnye faktory v otsenke projektov stroitel'stva gidrotekhnicheskikh objektov* [Subjective factors in the assessment of construction projects of hydrotechnical objects]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya – Bulletin of RAS. Geographical series*, 2006, no. 6, pp. 88–97.

10. Sechenov I. M. *Elementy mysli* [Elements of thought]. St. Petersburg, Piter Publ., 2001, 404 p.
11. Tutygin A. G., Korobov V. B., Men'shikova T. V. *Problemy soglasovannosti ekspertnykh suzhdeniy v metode analiza ierarkhiy* [Problems of consistency of expert judgments in the method of hierarchy analysis]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 5 (76), pp. 291–297.
12. Petrakov N. Ya. *Izbrannoe* [Selected writings]. Vol. 1. Moscow, St. Petersburg, Nestor-Istoriya Publ., 2012, 368 p.
13. Saati T. L. *Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: analiticheskie seti* [Decision making with dependencies and feedbacks: analytical networks]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2009, 360 p.
14. Khimmel'blau D. *Analiz protsessov statisticheskimi metodami* [Process analysis using statistical methods]. Moscow, Mir Publ., 1973, 957 p.