

Управление инвестициями и инновационной деятельностью

УДК 330.322

DOI: 10.14529/em200108

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ: ПРОБЛЕМА ГРУППОВОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Я.Д. Гельруд¹, Е.Б. Кибалов²

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

² Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, г. Новосибирск, Россия

В статье обсуждаются подходы к оценке системной эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов, которые оказывают воздействие на экономику всей страны и обладают высокой степенью неопределенности своих параметров. Рассматривается инструментальный аспект проблемы оценки, при этом приведен обзор существующих методов, таких как метод анализа иерархий, методы определения степени согласованности оценок, методы агрегации индивидуальных суждений членов группы экспертов-оценщиков в коллективное суждение (включая модификацию метода анализа иерархий А.Б. Хуторецкого). Проведенный анализ выявил отдельные недостатки используемых в настоящее время методов и средств, в частности, отсутствует доказательство, что агрегированная групповая оценка экспертных суждений правильно осредняет индивидуальные суждения экспертов. В статье предложена система экспертного оценивания крупномасштабных инвестиционных проектов, включающая вышеупомянутые методы, дополненные в целях их совершенствования алгоритмами выявления медианы Кемени.

Ключевые слова: крупномасштабный инвестиционный проект, системная эффективность, степень согласованности оценок, метод анализа иерархий, медиана Кемени.

Введение

Крупномасштабные инвестиционные проекты (за рубежом, а нередко и у нас, используется более экспрессивный термин – мегапроекты) отличаются не только огромными объемами инвестиций, но и тем, что оказывают воздействие на экономику всей страны (иногда даже нескольких стран), нередко меняя в той или иной степени отдельные стороны жизни всего общества. Кроме того, цели таких проектов не всегда экономические. Поэтому принципиально важным для крупномасштабных проектов является оценка их *общественной* эффективности (аналог – системной эффективности). Ещё один важный аспект оценки эффективности этих проектов – высокая степень неопределенности как результатов, так и затрат [1].

Дело в том, что крупномасштабные инвестиционные проекты (далее – КИП) фактом своей реализации могут значимо изменить структуру производства экономической системы, включающей эти проекты в свой состав. В общем случае «имплантация» КИП в функционирующий экономический организм влечёт за собой изменение системы цен и, тем самым, условий, в рамках которых оценивается экономическая эффективность самого проекта. Это обстоятельство, во-первых, говорит о том, что понятие «экономическая эф-

фективность» (всего лишь часть эффективности общественной) имеет смысл только для «малых» проектов, т. е. критерий «малости» как раз и заключается в неизменности системы цен в экономике с реализованным проектом и без него [2, с. 158]. Во-вторых, и это главное, «имплантация» порождает не только вероятностную неопределенность последствий осуществления КИП для развития экономики, но и неопределенность невероятностную, радикальную.

В настоящей статье обсуждаются подходы к оценке таких проектов, снижающие уровень неопределенности ожидаемых затрат и результатов их заказчиками-инвесторами, проектантами и исполнителями.

Конкретно предметная направленность статьи состоит в обсуждении инструментального аспекта проблемы оценки, в общем виде представленной выше. Сложность проблемы по необходимости требует применения комплекса инструментов для ее разрешения, что, как показано, например, в [3], предполагает создание т. н. гибридных моделей оценки. В их составе фигурируют как модели логико-эвристические (далее – ЛЭМ), базирующиеся на экспертной информации и по определению субъективные, так и модели экономико-математические (далее – ЭММ), опирающиеся на

статистическую информацию, опять же, по определению, объективную. Более того, в той же работе [3] доказывается, что чем сложнее и глобальнее проект, тем большую роль при оценке его системной эффективности играют полуформальные ЛЭМ, а жестко формализованные ЭММ используются для вспомогательных, поверочных расчетов. Это положение особенно характерно для этапа формирования проектного замысла КИП и сопоставления его потенциальной эффективности с конкурирующими КИП, поскольку именно на этом этапе неопределенность предполагаемых затрат и общественных последствий проектов интересующего нас класса проявляется в особо острой форме.

Далее мы будем говорить только о полуформальной ЛЭМ – базовом инструменте гибридной модели, предназначенном для оценки общественной эффективности КИП на макроуровне. Другая часть гибридной модели – формальная ЭММ и способ ее интеграции с базовой ЛЭМ – описана нами в работах [4, 5] и здесь не приводится. Полуформальная ЛЭМ устроена так, что в экспериментальных расчетах может работать и без интеграции с формальной ЭММ. Такое свойство ЛЭМ позволяет при описании проблемы групповой экспертной оценки КИП сконцентрироваться на ключевом элементе процедуры оценки и выбора наиболее предпочтительной проектной альтернативы – *методе агрегации индивидуальных суждений членов группы экспертов-оценщиков в коллективное суждение*.

С точки зрения содержания процесс оценки и выбора проектных альтернатив сводится к формированию многомерной функции полезности в качестве критерия выбора наиболее предпочтительной из их числа. В многочисленных публикациях по теме (см., например, [6]) показано, как это делается с помощью вербально описанной экспертами системы целей, опирающейся на математическую структуру «дерево». Для того чтобы получить искомую многомерную функцию полезности, нами (см., например, [8]) предложен способ квантификации дерева целей, построенного первоначально экспертами в классификационной шкале. Для квантификации использован алгоритм Хуторецкого А.Б., в основе которого лежит групповая экспертиза, в рамках которой индивидуальные суждения экспертов о предпочтительности оцениваемых в порядковой шкале альтернатив агрегируются в их коллективное суждение, опять же, в шкале порядковой. После этого продуктом ORDEX порядковые оценки переводятся в числовые. Последние, называемые в дереве целей коэффициентами относительной важности (КОВ), и служат коэффициентами в многомерной функции полезности.

В публикации [7] показано, что использование такого подхода при оценке железнодорожных КИП приводит примерно к тем же оценкам, что и

при использовании для тех же целей подхода Т. Саати, известного как «Анализ иерархий». Тем не менее, слабость алгоритмов квантификации Хуторецкого и Саати одна и та же: нет доказательств, что агрегированная групповая оценка экспертных суждений правильно осредняет индивидуальные суждения экспертов.

В данной статье описывается система экспертного оценивания КИП, включающая вышеупомянутые методы, дополненные в целях их совершенствования алгоритмами выявления медианы Кемени.

Теоретические аспекты исследования

1. Общие понятия

Ответы экспертов, как правило, задают градации качественных признаков, ранжировки, разбиения, результаты парных сравнений, нечеткие предпочтения и т. д.

Полученные оценки требуют проверки согласованности мнений экспертов и определения степени их различия. Существуют различные методы такой проверки. Определяется степень соответствия как каждой пары экспертов, так и группы экспертов.

После признания мнений группы экспертов согласованными ищется итоговое (среднее, общее) мнение группы экспертов. Для этого вводится понятие метрики в пространстве векторов предпочтений (евклидова метрика или метрика Кемени), после чего выбирается среднее арифметическое мнение или «медиана Кемени».

В конкретных пространствах нечисловых мнений экспертов вычисление медианы Кемени может быть достаточно сложным делом. Существуют различные методы и алгоритмы ее нахождения.

2. Метод анализа иерархий

Метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати в конце семидесятых годов прошлого века [6], является многокритериальным методом принятия решений. Он отличается простотой используемой экспертизы, предполагающей декомпозицию проблемы на простые составляющие части. При этом определяется относительная значимость альтернатив по всем критериям, находящимся в иерархии, выраженная численно в виде соответствующих векторов приоритетов.

На первом этапе построения иерархии определяется цель, которая располагается в вершине, затем на нижних уровнях располагаются критерии и альтернативы.

После построения иерархии производится попарное сравнение элементов каждого уровня. Сравнение проводится путем определения доминирования одного элемента над другим и оценивается по девятибалльной шкале. В табл. 1 приведена шкала отношений, служащая для установления относительной важности элементов иерархии. Она позволяет численно оценить степень предпочтения одного объекта перед другим.

Таблица 1
Шкала отношений

Степень значимости a_{ij}	Определение
1	Объекты эквивалентны
3	Объект имеет некоторое преобладание над другим
5	Объект имеет существенное преобладание над другим
7	Объект имеет очень сильное преобладание над другим
9	Объект имеет абсолютное преобладание над другим
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между двумя соседними суждениями
Обратные величины $a_{ji} = 1/a_{ij}$	Объекту j при сравнении с объектом i приписывается обратное значение

В результате для каждого уровня иерархии строится своя матрица парных сравнений:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}.$$

Для каждой матрицы A парных сравнений *собственные вектора* (W^A) являются векторами приоритетов и вычисляются по следующему алгоритму:

- Вначале находятся оценки компонент собственного вектора по строкам

$$A^i = \sqrt[n]{\prod_j a_{ij}}. \quad (1)$$

- Полученный результат нормализуется:

$$W_i^A = \frac{A^i}{\sum_i A^i}. \quad (2)$$

Иногда используют более простой алгоритм, дающий приближенное значение собственного вектора:

– нормализуется матрица A путем деления всех ее элементов на сумму элементов каждого соответствующего столбца. Компоненты вектора W^A вычисляются как средние арифметические элементов строки нормализованной матрицы.

Для каждой матрицы A находится:

- *максимальное собственное значение* λ_{\max} по формуле

$$\lambda_{\max} = e^T [A] W^A,$$

где e^T – единичный транспонированный вектор; W^A – собственный вектор матрицы парных сравнений.

(Матрица A справа умножается на вектор W^A и затем все компоненты полученного вектора складываются).

Аналогичный результат получим, если просуммируем элементы всех столбцов матрицы A и затем умножим скалярно полученный вектор на вектор приоритетов W^A .

- *однородность суждений* путем расчета – индекса согласованности $ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$;

Индекс согласованности – количественная оценка противоречивости результатов сравнений. Противоречия в сравнениях возникают из-за субъективных ошибок экспертов. Чем меньше противоречий в сравнениях, тем меньше значение индекса согласованности.

– отношения согласованности $ОС = ИС/СС$, где $СС$ – среднее значение (математическое ожидание) индекса согласованности случайным образом составленной матрицы парных сравнений. Приближенно $СС$ можно вычислять по формуле

$$СС = \frac{1.98(n-2)}{n}.$$

Величина $ОС$ должна быть порядка 10 % или менее, чтобы быть приемлемой (в редких случаях до 15 %). В противном случае следует перепроверить предоставленные суждения.

Поскольку в иерархии может быть несколько уровней, то к собственным векторам матриц парных сравнений каждого уровня применяется принцип иерархического синтеза, суть которого в последовательном определении векторов приоритетов по направлению от нижних уровней к верхним.

3. Определение степени согласованности мнений экспертов

Степень согласованности итогов ранжирования двух экспертов оценивается с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Обозначим через $\{x_i\}$ и $\{y_i\}$ ранги, которые установили два эксперта, тогда коэффициент корреляции Спирмена R будет определяться формулой

$$R = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}.$$

Для вычисления R удобно использовать выражение

$$R = 1 - \frac{6 \sum_i d_i^2}{n^3 - n}, \quad (3)$$

где n – число сравниваемых проектов, $d_i = x_i - y_i$ – разность рангов двух экспертов.

Естественно, что максимальным значением степени согласованности экспертов является +1 (достигается, когда ранги обоих экспертов совпадают), а минимальным значением является –1 (соответствует случаю, когда мнения экспертов противоположны).

Большой интерес на практике представляют не коэффициенты ранговой корреляции, характе-

ризирующие согласованность мнений разных пар экспертов, а коэффициент конкордации, который определяет согласованность мнений всей группы экспертов.

Поясним смысл этого понятия на примере табл. 2, в которую занесены ранги, проставленные m экспертами для оценки исследуемых проектов. В нижней строке таблицы суммируются ранги всех экспертов для каждого проекта. Значение

этих сумм обозначим через $L_j = \sum_{i=1}^m a_{ij}$.

Далее рассчитывается сумма квадратов отклонений этих сумм от средней суммы рангов:

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n L_j}{n} - L_j \right)^2. \quad (4)$$

Это значение характеризует степень совпадения мнений экспертов. При полном их несоответствии значение S будет равно 0, при полностью

согласованных мнениях значение $S = \frac{m^2(n^3 - n)}{m^2(n^3 - n)}$. Поэтому для определения степени согласованности мнений группы экспертов предлагается определять коэффициент конкордации следующим образом:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)}. \quad (5)$$

Изменение W от 1 до 0 указывает на уменьшение степени согласованности мнений экспертов.

Остановимся более подробно на одной из центральных проблем при формировании экспертной комиссии – определении уровня профессионализма эксперта, следовательно, и качества получаемой экспертной информации.

Существуют априорные методы оценки эксперта, в которых не используется информация о результатах его участия в предшествовавших экс-

пертизах, апостериорные, в которых учитывается подобная информация, и тестовые, предполагающие проведение специального тестового эксперимента.

Примером априорного метода оценки эксперта является дифференциальный метод самооценки. В нем оценка идет по двум группам критериев: характеризующим знакомство эксперта с основными источниками информации в области проведения экспертизы (например, с отечественной, зарубежной литературой, патентной и другой информацией) и характеризующим знакомство эксперта с объектами экспертизы. В этом случае самооценка эксперта может быть определена по формуле

$$K_k = \frac{K_a + cK_3}{2}, \quad (6)$$

где K_k – комплексная самооценка эксперта, K_a – коэффициент аргументированности, измеряемый в долях единицы, K_3 – коэффициент знакомства с проблемой, c – коэффициент сравнительной весо-мости K_3 .

С помощью апостериорных методов, учитывающих информацию о результатах участия эксперта в предшествующих экспертизах, могут получить оценку и такие факты, как степень конъюнктивности эксперта, степень его конформизма, воспроизводимость оценок и т. д.

Так, например, в основе оценки компетентности эксперта методом парных сравнений лежит использование избыточности получаемой информации. Эксперту последовательно предъявляются пары сравниваемых объектов, и он указывает, какой из них с его точки зрения предпочтительнее. После предъявления всех пар объектов у аналитика оказывается, как правило, дублированная информация о предпочтениях эксперта. Если при непосредственном сравнении первый объект предпочтительнее второго, а второй объект предпочтительнее третьего, но в то же время третий объект предпочтительнее первого, то возникает очевидное противоречие. Бывают и более длинные цепочки

Таблица 2

Ранги, проставленные m экспертами

Эксперты	Ранги для проектов			
	A_1	A_2	...	A_n
Первый	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
Второй	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
m -й	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}
Суммы	$\sum_{i=1}^m a_{i1}$	$\sum_{i=1}^m a_{i2}$...	$\sum_{i=1}^m a_{in}$

сравнений, приводящие к противоречию. Естественно, чем меньше противоречий в суждениях эксперта, тем он считается более компетентным.

Если обозначить через d число противоречий, то при четном числе сравниваемых объектов n коэффициент компетентности

$$Y = 1 - \frac{24d}{n^3 - n},$$

а при нечетном n

$$Y = 1 - \frac{24d}{n^3 - 4n}.$$

Если противоречия в оценках эксперта отсутствуют, то $Y = 1$, т. е. значение коэффициента компетентности максимально.

Тестовые методы используют при определении профессиональной пригодности специалистов в различных областях деятельности.

4. Методы выбора результирующего ранжирования

Мера близости (мера Кемени) между ранжированиями $P_1 = \{x_i\}$ и $P_2 = \{y_i\}$ имеет вид

$$d_K(P_1, P_2) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|.$$

Евклидова мера определяет расстояние между ранжированиями в виде

$$d_E(P_1, P_2) = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2}.$$

Используя меру Кемени, решением задачи выбора результирующего ранжирования из множества ранжирований всех экспертов $\{P_i\}$ естественно считать медиану Кемени Q , которая обеспечивает

$$\min \left\{ \sum_i d_K(P_i, Q) \mid Q \in \{P_i\} \right\}.$$

Если медианы Кемени, являющиеся результирующими ранжированиями двух разных групп экспертов, совпадают, то результирующее ранжирование для полной группы экспертов является также этим ранжированием.

Задача построения медианы Кемени для ранжирований является NP-трудной [9]. Трудоемкость решения этой задачи не меньше трудоемкости решения общей задачи целочисленного линейного программирования и экспоненциально, по видимому, зависит от размерности задачи. В частности, для ее нахождения используются различные алгоритмы дискретной оптимизации, например, основанные на методе ветвей и границ. Применяют также алгоритмы, основанные на идее случайного поиска, поскольку для каждого бинарного отношения нетрудно найти множество его соседей.

В [10] приведены алгоритмы для построения медианы Кемени на строгих ранжированиях (эвристический и точный) и нестрогих ранжированиях (точный). Эвристический алгоритм дает быстрое, но приближенное решение, оценка отклонения от

оптимума отсутствует. Точный алгоритм использует метод ветвей и границ и имеет (в худшем случае) экспоненциальную трудоемкость.

При использовании евклидовой метрики решением задачи выбора результирующего ранжирования логично считать ранжирование $w = (w_1, \dots, w_n)$, доставляющее минимум сумме расстояний до всех ранжирований $\{P_i\}$, заданными строками табл. 2.

Дифференцируя эту целевую функцию по w_j и приравнявая к нулю, получаем

$$2 \left(\right.$$

Откуда —, т. е. результирующим ранжированием являются усредненные оценки всех экспертов.

5. Модификация МАИ (подход Хуторецкого А.Б.)

Модификации относятся, прежде всего, к сбору и агрегированию исходной информации.

При получении от экспертов ранжирования P_k , т. е. связанных отношений нестрогого порядка на множестве альтернатив, от них не требуется числовой информации. По этим (не метризованным) ранжированиям строится матрица парных сравнений B , используя следующие соображения.

Процедуру ранжирования альтернатив каждым из m экспертов можно интерпретировать как «турнир» между альтернативами, состоящий из m раундов. Пусть $m(i, j)$ экспертов предпочли альтернативу a_i альтернативе a_j , $m(j, i)$ экспертов высказали противоположное предпочтение и $m^0(i, j)$ экспертов сочли эти альтернативы равноценными. В таком случае будем считать, что в турнире из m «партий» между альтернативами a_i и a_j первая из них «выиграла» $m(i, j)$ раз, вторая – $m(j, i)$ раз и $m^0(i, j)$ раз они «сыграли» вничью. Соответственно, альтернатива a_i против альтернативы a_j получает $n_{ij} = m(i, j) + 0.5m^0(i, j)$ очков. В паре (a_i, a_i) всегда «ничья», то есть a_i в каждом туре получает два раза по пол-очка, поэтому $n_{ii} = m$. Числа n_{ij} образуют матрицу T некоторого метризованного отношения в турнирной калибровке.

Предположим, что «соревнуются» только две альтернативы, $A = \{a_1, a_2\}$. Тогда числа $n_{1,2}$ и $n_{2,1}$ дают полную информацию о предпочтениях экспертов на множестве A . Величину $n_{1,2} / n_{2,1}$ можно считать относительной оценкой качества альтернативы a_1 по сравнению с a_2 .

Допустим, что матрица T получена в результате автономного сравнения только альтернатив a_i и a_j . Тогда для искомых оценок (w_i и w_j) качества этих альтернатив по рассматриваемому критерию должно выполняться равенство $w_i/w_j = n_{ij}/n_{ji}$.

Кроме того, модификация заключается в формулировке и решении проблемы: как извлечь из

матрицы B неявно в ней содержащуюся информацию о том, во сколько раз альтернатива a_i предпочтительней альтернативы a_j с учетом путей длины k (для любого k). Соответствующие величины, образующие матрицу D_k , обозначим $d_{ij}^{(k)}$ и назовем *коэффициентами k -превосходства*. При этом мы требуем, чтобы выполнялось равенство $d_{ii}^{(k)} = 1$ при любом k . Иначе говоря, мы измеряем $d_{ij}^{(k)}$, используя $d_{ii}^{(k)}$ в качестве единицы измерения. Следовательно, при любом способе оценки предпочтительности a_i относительно a_j с учетом путей длины k мы должны поделить эту оценку на полученную тем же способом оценку для пары (a_i, a_i) , чтобы найти $d_{ij}^{(k)}$.

Пусть $D_1 = B_1 = B$. Тогда элементы матрицы D_1 являются коэффициентами 1-превосходства. Положим, $B_2 = (p_{ij}^{(2)}) = D_1 \cdot B$. Величина $d_{is}^{(1)} p_{sj}$ указывает, во сколько раз альтернатива a_i предпочтительней альтернативы a_j с учетом пути i, s, j длины 2, поэтому

$$p_{ij}^{(2)} = \sum_s d_{is}^{(1)} p_{sj}$$

– оценка предпочтительности a_i относительно a_j с учетом всех путей длины 2 из i в j .

После деления элементов каждой строки i матрицы B_2 на диагональный элемент $p_{ii}^{(2)}$ получим матрицу D_2 , элементы которой будем считать коэффициентами 2-превосходства.

Далее рассуждаем по индукции. Допустим, что матрица D_k уже построена, и ее элементы являются коэффициентами k -превосходства. Положим, $B_{k+1} = D_k \cdot B$. Величина $d_{is}^{(k)} p_{sj}$ показывает, во сколько раз a_i предпочтительней a_j с учетом всех путей длины $k + 1$, имеющих вид i, \dots, s, j . Тогда

$$p_{ij}^{(2)} = \sum_s d_{is}^{(k)} p_{sj}$$

– оценка предпочтительности a_i относительно a_j с учетом всех путей длины $k + 1$ из i в j . Нормируя матрицу B_{k+1} делением каждой строки на диагональный элемент, получим матрицу D_{k+1} коэффициентов $(k+1)$ -превосходства.

Результаты исследования

Описание системы экспертного оценивания КИП

1. Первый этап

На этом этапе каждый эксперт оценивает КИПы, используя метод анализа иерархий в сочетании с его модификацией, при этом на верхнем уровне иерархии ставится цель – максимизация общественной эффективности проектов. В качестве критериев оценки КИП на следующем уровне могут быть использованы критерии, представленные на рисунке.

В результате каждым экспертом формируется вектор ранжирования (приоритетов) рассматриваемых КИП.

2. Второй этап

Далее переходим к этапу определения степени согласованности мнений экспертов. К проблемам, затрудняющим процесс выработки и принятия правильного решения, следует отнести возможное наличие противоречивой экспертной информации, а также не соответствующей действительности информации вследствие конформизма или конъюнктурности эксперта. Используя критерий попарного сравнения Спирмена, мы можем выявить тех экспертов, чье мнение отличается от мнения большинства. При этом это могут быть как невалифицированные эксперты, имеющие недостаточно высокий профессиональный уровень, так и оригинально мыслящие эксперты, глубоко разбирающиеся в проблеме. Необходимо дать им возможность обосновать свою точку зрения.

При сравнительном анализе эксперты могут разделиться на две или более групп, имеющих единые *групповые* точки зрения. При этом устанавливается важный факт, *что единого мнения нет*. Стремление обеспечить формальную статистическую согласованность мнений экспертов различными критериями проверки статистических гипотез делает дальнейший анализ не имеющим практического смысла. В существующих методиках экспертного оценивания делается акцент на отсеивание экспертов по тем или иным критериям. Мы же предлагаем на общем собрании экспертов рассмотреть проекты, по которым наблюдаются наибольшие расхождения в оценках групп. Если эти



Рисунок

проекты не входят в тройку самых приоритетных проектов во всех группах, их можно исключить из дальнейшего анализа. В противном случае необходимо обсудить все доводы за и против и вернуться к первому этапу.

3. Третий этап

К этому этапу переходим, получив в достаточной степени согласованные мнения экспертов (ранжирования проектов). Результирующим ранжированием всех экспертов будем считать *медиану Кемени*. Законы больших чисел показывают, во-первых, что *медиана* Кемени обладает *устойчивостью* по отношению к незначительному изменению состава экспертной комиссии; во-вторых, при увеличении числа экспертов она *приближается к некоторому пределу*. Его естественно рассматривать как *истинное мнение* экспертов, от которого каждый из них несколько отклонялся по случайным причинам. Вычислительные трудности с нахождением медианы Кемени, отмеченные в ряде публикаций [9, 10], в настоящее время могут быть проигнорированы, так как при 20–30 экспертах, анализирующих 10–15 проектов, эта процедура на современных компьютерах занимает несколько секунд.

Заключение

Задача групповой оценки и последующего выбора возникает, когда группа экспертов стремится выявить из фиксированного множества проектов один (или несколько) наиболее предпочтительных. Предпочтения экспертов моделируются линейными порядками, и у каждого эксперта профиль предпочтений индивидуальны. Далее в рамках аксиоматического подхода формируется определенная функция группового выбора, обладающая различными «хорошими» свойствами. При этом предполагается, что к моменту принятия решения о выборе профили предпочтений экспертов известны, и обоснованный выбор может быть сделан. Однако Эрроу доказал т. н. теорему о невозможности, где показано, что не существует правил группового выбора (агрегирования предпочтений), удовлетворяющих нескольким, казалось бы, простым и вполне логичным условиям. Эти условия, определяющие требования к функции группового выбора, оказываются либо несоместимыми, либо предполагающим наличие диктатора.

Одним из путей выхода из возникшего теоретического тупика является многокритериальная оптимизация, позволяющая вывести целевую функцию из опросов экспертов. На рисунке показана структура, именуемая деревом целей проекта, используемая как один из возможных способов формирования коэффициентов этой функции на основе описанных выше алгоритмов (подчеркнем, что указанные коэффициенты могут быть сформированы и другими методами, например, с помощью алгоритма Фишберна [11]). Аргументами

целевой функции при ее использовании в качестве функции группового выбора служат степени достижения подцелей критериального среза дерева, и эти степени разные у оцениваемых проектов (в нашем случае КИП). Максимум этой функции обеспечивает наиболее предпочтительный проект.

Тем не менее, уже здесь укажем, что наш подход, как и вся теория многокритериальной оптимизации, базируется на предположении о рациональном нестратегическом поведении экспертов, дающих правдивые оценки. На практике это не всегда так, и в этом случае теория группового выбора обращается к теории игр и понятию равновесия по Нэшу [12]. В наших дальнейших публикациях мы намерены осветить и этот аспект теории группового выбора, опираясь на наши исследования и практические разработки.

В следующей статье будут приведены результаты многовариантных расчетов по оценке крупномасштабных инвестиционных проектов (КИП) как с помощью медианы Кемени, так и по Хуторецкому, и по Фишберну. Дерево (рисунок) будет использовано для оценки сравнительной эффективности железнодорожных проектов материк–Сахалин, Трансполярная магистраль и Ленско-Камчатская магистраль.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00161А.

Литература

1. Глуценко, К.П. Оценка общественной эффективности инвестиционных проектов / К.П. Глуценко // Вестник НГУЭУ. – 2019. – № 3. – С. 10–27.
2. Богачев, В.Н. Регионы России: теория, проблемы Сибири, экономика строительства / В.Н.Богачев// Новосибирск: ИЭиОПП СО РАН, 1999. –160 с.
3. Корнаи, Я. Системная парадигма / Я. Корнаи // Вопросы экономики. – 2002. –№ 4. – С. 4–22.
4. Бузулуцков, В.Ф. Оптимизационная межотраслевая межрегиональная модель как инструмент оценки эффективности крупномасштабных железнодорожных проектов / В.Ф. Бузулуцков, М.В. Пятаев, А.Н. Сизов // Регион: экономика и социология. – 2019. –№ 3(103). –С. 240–266.
5. Суслов, Н.И. Модель экономики России как инструмент оценки эффективности крупномасштабных железнодорожных проектов / Н.И. Суслов, А.Б. Хуторецкий // Регион: экономика и социология. –2015. – № 3. – С. 37–66.
6. Саати, Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. –316 с.
7. Кибалов, Е.Б. Оценка крупномасштабных железнодорожных проектов: неосистемный под-

ход / Е.Б. Кибалов, Д.Д. Шибикин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 104–115. DOI: 10.14529/ctcr190310

8. Кибалов, Е.Б. Альтернативы транспортного обеспечения освоения арктического шельфа России / Е.Б. Кибалов, А.Б. Хуторецкий // Регион: экономика и социология. – 2015. – № 1. – С. 3–19.

9. Карп, Р.М. Сводимость комбинаторных

проблем / Р.М. Карп // Кибернетический сборник. – 1975. – Вып. 12. – С. 16–38.

10. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа / Б.Г. Литвак. – М.: Радио и связь, 1982. – 189 с.

11. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

12. Данилов, В.И. Механизмы группового выбора / В.И. Данилов, А.И. Сотсков. – М.: Наука, 1991. – 176 с.

Гельруд Яков Давидович, д-р техн. наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), gelrud@mail.ru

Кибалов Евгений Борисович, д-р экон. наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (г. Новосибирск); kibalovE@mail.ru

Поступила в редакцию 27 февраля 2020 г.

DOI: 10.14529/em200108

BIG-SCALE INVESTMENT PROJECTS: THE PROBLEM OF GROUP EXPERT EVALUATION OF COMPARATIVE EFFICIENCY

Ya.D. Gelrud¹, E.B. Kibalov²

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

² Institute of Economics and Industrial Engineering within the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

This article discusses approaches to assessing systemic effectiveness of big-scale investment projects that affect the economy of a whole country and have a high degree of uncertainty in their parameters. The instrumental aspect of the assessment problem is considered, and an overview of the existing methods is given, such as the hierarchy analysis method, methods for determining the degree of consistency of estimates, methods for aggregating individual judgments of members of a group of expert evaluators into a collective judgment (including a modification of the method of hierarchy analysis by A.B. Khutoretsky). The analysis revealed some shortcomings of the methods and tools currently used, in particular, there is no evidence that the aggregated group assessment of expert judgments correctly averages individual expert judgments. The article proposes a system of expert evaluation of big-scale investment projects, including the aforementioned methods, which are supplemented with the aim of improving them by the Kemeni median detection algorithms.

Keywords: big-scale investment project, systemic efficiency, degree of consistency of estimates, method for analyzing hierarchies, Kemeni median.

The study was funded by the RFBR within research project No. 19-010-00161A.

References

1. Glushchenko K.P. [Assessment of the public effectiveness of investment projects]. *Vestnik NSUU* [Bulletin of NSUU], 2019, no 3, pp. 10–27. (in Russ.)
2. Bogachev V.N. *Regiony Rossii: teoriya, problemy Sibiri, ekonomika stroitel'stva* [Regions of Russia: theory, problems of Siberia, construction economics]. Novosibirsk: IEiOPP SB RAS, 1999. 160 p.
3. Kornai I. [System paradigm]. *Voprosy ekonomiki* [Economic Issues], 2002, no. 4. pp. 4–22. (in Russ.)
4. Buzulutskov V.F., Pyataev M.V., Sizov A.N. [Optimization interbranch interregional model as a tool for evaluating the effectiveness of large-scale railway projects]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 2019, no 3 (103), pp. 240–266. (in Russ.)

5. Suslov N.I., Khutoretsky A.B. [The model of the Russian economy as a tool for assessing the effectiveness of large-scale railway projects]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 2015, no 3, pp. 37–66. (in Russ.)
6. Saati T.L. *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [Decision making. Hierarchy Analysis Method]. Moscow, 1993. 316 p.
7. Kibalov E.B., Shibikin D.D. Evaluation of Large Scale Railway Projects: an Unsystem Approach. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2019, vol. 19, no. 3, pp. 104–115. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr190310
8. Kibalov E.B., Khutoretsky A.B. [Alternatives to transport support for the development of the Arctic shelf of Russia] *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: economics and sociology], 2015, no. 1, pp. 3–19.
9. Karp R.M. [Reducibility of combinatorial problems]. *Kiberneticheskiy sbornik* [Cybernetic collection], 1975, iss. 12, pp. 16–38. (in Russ.)
10. Litvak B.G. *Ekspertnaya informatsiya; metody polucheniya i analiza* [Expert information: methods of obtaining and analysis]. Moscow, 1982. 1894 p.
11. Fishburn P. *Teoriya poleznosti dlya prinyatiya resheniy* [The theory of utility for decision making]. Moscow, 1978. 352 p.
12. Danilov V.I., Sotskov A.I. *Mekhanizmy grupovogo vybora* [Group selection mechanisms]. Moscow, 1991. 176 p.

Yakov D. Gelrud, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, South Ural State University, Chelyabinsk, gelrud@mail.ru

Evgeny B. Kibalov., Doctor of Sciences (Economics), Professor, Chief Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering within the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk; kibalovE@mail.ru

Received February 27, 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Гельруд, Я.Д. Крупномасштабные инвестиционные проекты: проблема групповой экспертной оценки сравнительной эффективности / Я.Д. Гельруд, Е.Б. Кибалов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 71–79. DOI: 10.14529/em200108

FOR CITATION

Gelrud Ya.D., Kibalov E.B. Big-Scale Investment Projects: the Problem of Group Expert Evaluation of Comparative Efficiency. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 71–79 (in Russ.). DOI: 10.14529/em200108