УДК 332.1:332.012.2:519.81

Д.А. Гайнанов, О.Г. Кантор, В.В. Казаков

ОЦЕНКА УРОВНЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Предлагается метод оценки уровня социально-экономического развития территориальных систем. Метод базируется на объективных данных метрического анализа и представляет собой решение многокритериальной задачи упорядочения альтернатив посредством минимизации векторного критерия, выражающего евклидовы расстояния в пространстве индикаторов и пространстве критериев.

Ключевые слова: территориальная система; многокритериальная задача принятия решений; векторный критерий; метрика.

Одним из важнейших условий обеспечения достижения стратегических целей развития государства является эффективность менеджмента органов исполнительной власти (ОИВ), который, в свою очередь, непосредственно влияет на уровень социально-экономического развития территориальных систем. Необходимость и важность повышения эффективности деятельности ОИВ подтверждается государственными законодательными актами [3, 5, 6], в которых утверждается обширный перечень социально-экономических показателей и методика оценки эффективности деятельности ОИВ. По результатам проводимых оценок происходит выделение грантов территориальным системам (субъектам Российской Федерации (РФ), городским округам и муниципальным образованиям) в целях содействия достижению и (или) поощрения достижения наилучших значений показателей деятельности ОИВ.

В числе достоинств упомянутых методик следует отметить возможность оценки тенденций изменений развития территориальных систем по отдельным направлениям и выявления на этой основе сфер, требующих приоритетного внимания ОИВ. Важным недостатком методики оценки эффективности деятельности ОИВ субъектов РФ [5] является отсутствие комплексной оценки эффективности регионального менеджмента, которая позволила бы не только достаточно эффективно сравнивать между собой сами субъекты, но и распределять гранты между ними. В качестве недостатка методики оценки эффективности деятельности ОИВ муниципальных образований и городских округов [3, 6] следует отметить использование ряда субъективных оценок – коэффициентов значимости группы показателей в установленной сфере деятельности, которые определяются экспертным путем на основе предложений ОИВ. Недостатком такого подхода является, во-первых, очевидная зависимость размера выделяемых грантов от субъективных представлений экспертов, и, во-вторых, невозможность осуществления сравнительного анализа муниципальных образований и городских округов различных субъектов РФ. Следует особо отметить, что Правительство Российской Федерации продолжает проводить работу по дополнению и уточнению предложенных методик.

По нашему мнению, эффективность принятых управленческих решений и полноту их реализации следует выражать интегральным показателем, т.к. это позволит давать наглядную интерпретацию результатов, однозначно определять разницу в оценке уровней социально-экономического развития территориальных систем и делать выводы о направленности изменения эффективности деятельности ОИВ за анализируемый промежуток времени. Кроме того, на основе интегрального показателя могут быть рассчитаны доли от общей суммы грантов, выделяемых каждой территориальной системе.

Анализ существующих методик [4] показал, что при расчете интегральных показателей (аналогичные названия: обобщенные индексы, сводные рейтинги и т.д.) преимущественно используются мнения экспертов, которые выражаются либо в весовых коэффициентах, либо в балльных или рейтинговых оценках. Кроме того, что интегральный показатель, рассчитанный таким образом, изначально является отражением субъективных предпочтений экспертов, зачастую интегральные показатели, рассчитанные по различным методикам, достаточно сильно изменяют ранги исследуемых объектов. Обобщая сказанное, можно сделать вывод, что актуальной является разработка метода оценки эффективности деятельности ОИВ, базирующегося на вычислении объективного интегрального показателя, реализующего очевидные целевые установки и максимально лишенного субъективизма.

Интегральный показатель уровня социально-экономического развития территориальных систем должен аккумулировать в себе достаточно большое количество частных показателей. Поэтому задачу определения методики его расчета с последующим упорядочением совокупности рассматриваемых территориальных систем можно трактовать как многокритериальную задачу принятия решений.

Важнейшим инструментом решения многокритериальных задач является принцип Парето, который заключается в выделении так называемого множества Парето, состоящего из недоминируемых альтернатив (под альтернативой будем подразумевать любой объект из анализируемой совокупности), т.е. альтернатив, которые нельзя улучшить ни по одному критерию. Данное множество включает в себя наиболее «контрастные» альтернативы, сложные для сравнения. В том случае, когда множество Парето состоит из достаточно большого количества альтернатив, каждая из которых в свою очередь имеет оценки по значительному числу критериев, сравнение возможно осуществлять только на основе специальных методов. Определение множества Парето является важным этапом решения задачи выбора лучшей альтернативы, т.к. в большинстве существующих методов ее решения обязательным является процедура доказательства принадлежности получаемого решения множеству Парето.

Традиционно принято различать три основные задачи принятия решений [2. С. 28]:

1. Упорядочение альтернатив.

2. Распределение альтернатив по классам решений.

3. Выделение лучшей альтернативы.

Для решения задач такого рода разработано большое количество методов, которые можно разделить на три группы:

1) *аксиоматические методы*, к числу которых относятся многокритериальная теория полезности (MAUT-методы) и методы теории проспектов;

2) *конструктивные методы*: метод анализа иерархий (МАИ) и методы ELECTRE;

3) *эвристические методы* (метод взвешенной суммы оценок критериев, метод компенсации и др.).

В качестве достоинства многокритериальной теории полезности, в основу которой положен научный труд Р. Кини и Х. Райфа [1], можно отметить детальную проработанность процедур выявления предпочтений ЛПР (лица, принимающего решения). Авторы доказали, что при выполнении условия строгой условной независимости по полезности, многомерная функция полезности имеет либо аддитивный, либо мультипликативный вид. Методы теории проспектов учитывают реальные черты человеческого поведения в задачах с субъективными вероятностными оценками.

Главным недостатком аксиоматических методов (в первую очередь MAUT-методов) является непроверяемый характер аксиом, что на практике означает требование принимать на веру правила рационального поведения, вытекающие из той или иной теории.

Группа конструктивных методов предполагает выполнение четко определенной последовательности действий. В МАИ происходит декомпозиция проблемы на более простые составные части с последующей обработкой суждений ЛПР строгими математическими методами. Методы ELECTRE основаны на разработке индексов попарного сравнения альтернатив и являются вспомогательными средствами при принятии решений, а не способом выработки лучшего решения, как при аксиоматическом подходе.

Среди основных недостатков МАИ выделяют два:

– введение новой, не доминирующей альтернативы может в общем случае привести к изменению предпочтений между двумя ранее заданными альтернативами;

– необоснованный переход к числам при проведении измерений, что свидетельствует об оторванности метода объединения оценок от предпочтений ЛПР.

Основные трудности при применении методов ELECTRE связаны с назначением ЛПР весов, что подтверждается психологическими исследованиями [7], согласно которым нет надежного способа количественного измерения весов критериев ЛПР.

Однако, несмотря на то, что конструктивные методы базируются на субъективных оценках ЛПР и потому могут рассматриваться как примыкающие к эвристическим, эти методы нашли широкое практическое применение из-за своей простоты и наглядности.

Достоинством всех эвристических методов является простота и удобство, а основным недостатком – то, что все они не имеют научного обоснования. Действительно, данные методы базируются либо на присвоении альтернативам балльных оценок, либо на попарном сравнении альтернатив по каждому критерию. Обе эти процедуры основаны на мнении ЛПР, т.е. результат априори является субъективным.

Основная идея большинства применяемых на практике методов, связанных с анализом альтернатив, состоит в возможности построения относительно простыми средствами упорядоченных оценок их сравнительного положения, что позволяет решить любую из перечисленных выше задач принятия решений. При этом обязательными являются два этапа:

– определение системы исходных показателей, на основании которых сравниваются альтернативы;

– построение системы сопоставимых индикаторов.

На первом этапе, на основании мнения ЛПР, формируется массив показателей, который должен быть достаточно полным с точки зрения решения поставленных задач. Данные показатели часто называют критериями, хотя, на наш взгляд, такое название оправдано только в том случае, если ЛПР принимает решение исключительно на основании непосредственных значений исходных показателей. Если же ЛПР, реализуя свои целевые установки, вводит в рассмотрение функции, аргументами которых являются исходные показатели, то именно эти целевые функции логичнее называть критериями. На втором этапе на основе сформированного массива показателей строится система сопоставимых индикаторов, главным свойством которой должна быть максимальная сопоставимость, т.е. должны элиминироваться разноразмерность и разнонаправленность исходных показателей.

Реализация второго этапа обеспечивается путем применения процедуры нормализации, в основу которой положено соотнесение действительных значений показателей с соответствующими компонентами «идеального вектора», т.е. вектора с «идеальными» значениями показателей. Компонентами этого вектора чаще всего являются либо нормативные значения, либо среднестатистические (например, по анализируемой совокупности субъектов), либо эталонные (в качестве которых могут быть выбраны лучшие значения по рассматриваемой совокупности субъектов). Существуют и другие способы задания «идеального вектора» (например, посредством учета максимально возможного разброса соответствующих показателей), но в настоящей работе они не рассматриваются. В результате применения процедуры нормализации от действительных значений критериев осуществляется переход к безразмерным величинам (индикаторам), имеющим одинаковый диапазон изменений, как правило, совпадающий с отрезком $[0,1]$. При этом «идеальным» значениям показателей должны соответствовать значения индикаторов, равные 1, а наихудшим – 0. Осуществим формализованную запись процедуры нормализации.

Пусть имеется M альтернатив $A^1,\dots,A^M$, каждая из которых характеризуется набором значений N критериев. Таким образом, имеется набор исходных показателей $\left\{x_j^i, j=\overline{1,N}, i=\overline{1,M}\right\}$. По каждому из показателей определим:

– «идеальные» значения показателей x_j^*, $j=\overline{1,N}$;

– величины x_j^- и x_j^+, $j=\overline{1,N}$, являющиеся, соответственно, наихудшими и наилучшими значениями по каждому показателю. Данные величины могут быть получены на основе показателей исследуемой совокупности альтернатив (наихудшее и наилучшее значения соответственно), или могут быть заданы априорно, исходя из смысла самих критериев (например, границы диапазона изменения значений показателя).

Используя введенные обозначения, формулы для расчета системы индикаторов $\left\{p_j^i, j=\overline{1,N}, i=\overline{1,M}\right\}$ можно записать в виде

$$p_j^i = 1 - \left| \frac{x_j^* - x_j^i}{\max\left\{ \left|x_j^* - x_j^-\right|, \left|x_j^* - x_j^+\right| \right\}} \right| \qquad (1)$$

$$j=\overline{1,N},\ i=\overline{1,M},$$

для случаев, когда в качестве «идеального» выбирается, например, среднестатистическое, а в качестве x^- и x^+ – соответственно наименьшее и наибольшее значения (или наоборот) рассматриваемого показателя; или

$$p_j^i = \frac{x_j^i - x_j^-}{x_j^+ - x_j^-}, \qquad (2)$$

$$j=\overline{1,N},\ i=\overline{1,M},$$

если для рассматриваемого показателя можно лишь утверждать, что чем больше (меньше) его значение, тем лучше, а в качестве «идеального» показателя используются, соответственно, наибольшее или наименьшее значение показателя из числа имеющихся; или

$$p_j^i = \frac{x_j^i - x_j^-}{x_j^* - x_j^-}, \qquad (3)$$

$$j=\overline{1,N},\ i=\overline{1,M},$$

когда для рассматриваемого показателя существует нормативное значение, но фактические значения показателя (по всей совокупности альтернатив) «не дотягивают» до него.

Очевидно, что рассчитанные по формулам (1) и (2) величины p_j^i принимают значения в диапазоне от 0 до 1, а в случае применения формулы (3) $p_j^i \in \left[0, p_j^0\right]$, $p_j^0 < 1$, и чем ближе значение исходного показателя x_j^i к «идеальному», тем ближе к 1 соответствующее значение p_j^i. Существуют, безусловно, и другие способы нормализации системы показателей, позволяющие получать диапазоны изменения индикаторов, отличные от $[0,1]$, и не обязательно основанные на линейной зависимости индикаторов от значений показателей. Но в любом случае обязательно соблюдается основной принцип «чем ближе значение исходного показателя x_j^i к “идеальному”, тем ближе к максимальному соответствующее значение индикатора p_j^i». Не ограничивая общности рассуждений, будем полагать, что все рассчитанные индикаторы $\left\{p_j^i, j=\overline{1,N}, i=\overline{1,M}\right\}$ изменяются в диапазоне от 0 до 1.

В дальнейшем для определенности будем говорить только о задаче упорядочения альтернатив, т.к. на ее основе могут быть решены и задача распределения альтернатив по классам, и задача определения альтернативы, обладающей лучшими характеристиками.

На практике число критериев N может быть достаточно велико, вследствие чего применение аксиоматических и конструктивных методов может быть либо очень затруднено, либо невозможно в принципе. Поэтому чаще всего используют относительно простые методы, основанные на вычислении обобщенного показателя, несмотря на то что эти методы обладают рядом недостатков. Наиболее распространенными способами вычисления обобщенного показателя являются расчеты среднего арифметического, среднего геометрического, среднего квадратичного, среднего гармонического, аддитивных и мультипликативных сверток. Иногда для целей исследования наиболее подходящим является показатель, характеризующий разброс значений от средних величин. В этом случае в качестве обобщенного показателя используют среднее квадратическое отклонение.

Формулы для расчета среднего арифметического, среднего геометрического, среднего квадратичного и среднего гармонического являются частными случаями среднего степени d, которое для положительных вещественных чисел $x_1,\ldots,x_n$ определяется по формуле

$$A_d\left(x_1,\ldots,x_n\right) = \sqrt[d]{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^d}{n}}. \qquad (4)$$

Для любых $d_1 < d_2$ справедливо неравенство $A_{d_1} \le A_{d_2}$, причем равенство достигается только при $x_1 = x_2 = \ldots = x_n$.

Заметим, что если из двух альтернатив одна является предпочтительнее согласно обобщенному показателю, рассчитанному по формуле среднего степенного при произвольном значении d^*, то эта же альтернатива будет являться более предпочтительной согласно обобщенному показателю, рассчитанному по формуле (4) $\forall\, d \ne d^*$. Другими словами, ранговые (порядковые) соотношения между альтернативами не изменяются при различных значениях параметра d, варьируются только соотношения между самими обобщенными показателями.

Сказанное означает, что если требуется решить задачу упорядочения альтернатив и в качестве способа расчета обобщенного показателя ЛПР считает приемлемым один из частных видов формулы среднего степенного, то нет принципиальной разницы, каким именно он примет параметр d. Если же помимо задачи упорядочения альтернатив требуется, например, решить задачу распределения ресурсов в зависимости от значений обобщенных показателей, то выбор значения параметра d становится принципиальным.

Применение для расчета формул среднего арифметического, среднего геометрического, среднего квадратичного, среднего гармонического, аддитивных и мультипликативных сверток позволяет получать бóльшие значения сводных показателей с увеличением значений индикаторов (лучшими считаются альтернативы с самыми большими значениями всех индикаторов). Основным достоинством формулы аддитивной свертки

$$p^i = \alpha_1 p_1^i + \ldots + \alpha_N p_N^i,\ i = \overline{1,M}, \quad (5)$$

где $\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ – заданные весовые коэффициенты, $\sum_{j=1}^{N} \alpha_j = 1$, является то, что с ней связаны необходимые и достаточные условия оптимальности по Парето: с одной стороны, для любого набора заданных весовых коэффициентов $\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ альтернатива с наибольшим значением обобщенного показателя, рассчитанного по формуле (5), будет принадлежать множеству Парето. С другой стороны, для любой альтернативы из множества Парето можно подобрать весовые коэффициенты $\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ таким образом, чтобы результат аддитивной свертки (5) для данной альтернативы являлся максимальным. Расчет среднего квадратического отклонения применяется с целью осуществить упорядочение таким образом, чтобы наилучшими являлись альтернативы с наименьшим разбросом значений индикаторов (т.е. приоритет отдается альтернативам с примерно одинаковыми значениями всех индикаторов).

Расчет обобщенного показателя посредством каждой из перечисленных формул средних, а также аддитивной и мультипликативной сверток обладает как достоинствами, так и недостатками. Формулы среднего арифметического и среднего квадратичного являются простыми и хорошо интерпретируемыми, но лучшая альтернатива, определенная согласно этим формулам, может обладать крайне низкими (а иногда и вообще наихудшими) значениями по ряду критериев, что не позволяет рассматривать ее в качестве действительно лучшей. Формула среднего геометрического в случае, если у какой-либо альтернативы имеется худшее значение хотя бы по одному критерию (т.е. соответствующее значение индикатора равно 0), автоматически поставит в соответствие данной альтернативе нулевое (худшее) значение обобщенного показателя, даже если по остальным критериям альтернатива может считаться лидером. Альтернатива с худшими значениями всех показателей согласно формуле среднего квадратического отклонения будет считаться лучшей в силу того, что будет обладать нулевым разбросом значений индикаторов. Применение формулы среднего гармонического, если хотя бы один из индикаторов равен нулю, невозможно. Недостатки формул аддитивной и мультипликативной сверток следуют из того, что они являются более общими случаями формул среднего арифметического и среднего геометрического соответственно.

Помимо указанных недостатков перечисленных формул существует еще одна проблема, присущая каждому из способов расчета, суть которой заключается в том, что не ясно, какую из двух альтернатив считать лучшей, если значения соответствующих обобщенных показателей одинаковы.

Из всего вышеизложенного следует, что актуальной является разработка специальных методов реализации многокритериальных задач принятия решений, которые должны сочетать в себе не только относительную простоту процесса получения решения и возможность наглядной интерпретации результатов, но и возможность нивелировать ситуацию множественности альтернатив с одинаковыми итоговыми оценками.

В настоящей работе предлагается метод, основанный на сведении исходной многокритериальной задачи принятия решений к двухкритериальной задаче в пространстве значений критериев, реализующих целевые установки ЛПР.

Рассмотрим единичный N-мерный куб E^N. Каждое из его ребер отождествим с соответствующим индикатором. В этом случае можно говорить, что E^N представляет собой пространство индикаторов. Каждой альтернативе $i = \overline{1,M}$ в E^N соответствует единственная точка p^i с координатами $\left\{p_j^i,\ j = \overline{1,N}\right\}$. Совокупность всех таких точек $\left\{p^i,\ i = \overline{1,M}\right\}$ будем обозначать G. Очевидно, что в силу построения индикаторов по формулам (1)–(3) точка $e(1,1,\ldots,1)$ (со всеми координатами, равными 1) является «эталонной» в том смысле, что эта точка соответствует альтернативе (чаще гипотетической) с лучшими значениями по всем критериям. Назовем «диагональю» куба E^N отрезок, соединяющий точки $\theta(0,0,\ldots,0)$ (все координаты – нули) и e. Любая точка, лежащая на диагонали, характеризуется равенством всех координат, а соответствующая альтернатива – равенством всех индикаторов.

Очевидно, что чем ближе к «эталонной» располагается точка p^i, тем выше оценивается соответствующая альтернатива. Поэтому логичным является введение в рассмотрение критерия

$$K_1^{'} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \left(1 - p_i\right)^2}, \quad (6)$$

характеризующего евклидово расстояние от рассматриваемой точки до «эталонной». Из двух альтернатив лучшей будет считаться та, для которой значение критерия $K_1^{'}$ будет меньше. Минимальное значение, равное нулю, критерий $K_1^{'}$ принимает в единственной точке – e, а максимальное, равное $\sqrt{N}$, – также в единственной точке θ.

Можно доказать, что точка из множества G, в которой критерий $K_1^{'}$ принимает минимальное значение, принадлежит множеству точек, оптимальных по Парето. В общем случае критерий (6) достигает минимума не в единственной точке. Поэтому остается открытым вопрос, каким образом проводить упорядочение альтернатив, для которых значения критерия $K_1^{'}$ совпадают.

Допустим, что для двух различных альтернатив A^1 и A^2 соответствующие им точки p^1 и p^2 в E^N одинаково удалены от e. Тогда если все показатели, по которым упорядочиваются альтернативы, являются равнозначными, т.е. имеющими одинаковый приоритет, лучшей будем считать альтернативу, обладающую меньшим разбросом значений соответствующих индикаторов. (Случай с различными приоритетами критериев в настоящей работе не рассматривается.) Такой подход отвечает принципу «тождественности показателей», под которым подразумевается следующее. Альтернатива характеризуется тождественными показателями, если все ее индикаторы равны. Такая альтернатива имеет нулевой разброс значений индикаторов. Каждой альтернативе с тождественными показателями в пространстве E^N соответствует точка, принадлежащая диагонали куба. Поэтому диагональ куба E^N можно рассматривать как отображение множества альтернатив с тождественными показателями. Данный принцип на практике может быть реализован путем вычисления расстояния от точек из множества G до диагонали куба E^N, что, в свою очередь, предопределяет введение критерия, характеризующего данное расстояние. Используя формулы аналитической геометрии, данный критерий можно записать следующим образом:

$$K_2^{'} = \sqrt{\frac{(N-1)\sum_{i=1}^{N} p_i^2 - 2\sum_{i=1}^{N}\sum_{j>i}^{N} p_i p_j}{N}}. \quad (7)$$

Не представляет особого труда, пользуясь необходимыми и достаточными условиями экстремума функции многих переменных, доказать, что $K_2^{'}$ принимает минимальное (лучшее) значение, равное нулю, в любой точке, для которой $p_1 = p_2 = \ldots = p_N$, т.е. в любой точке, принадлежащей диагонали куба E^N. Формулу (7) в случае расчета критерия $K_2^{'}$ для произвольной вершины куба E^N, отличной от e и θ, можно упростить:

$$K_2^{'} = \sqrt{k\frac{N-k}{N}}, \quad (8)$$

где k – число координат вершины, равных 1.

Очевидно, что выражение $k\frac{N-k}{N}$ принимает максимальное значение при $k = N/2$. Поэтому если N – четное, то максимальное (худшее) значение критерия $K_2^{'}$ равно $\sqrt{N}/2$, а если N – нечетное, то критерий $K_2^{'}$ достигает максимального значения, равного $\sqrt{\frac{N^2-1}{4N}}$, при k, равном $(N+1)/2$ и $(N-1)/2$. Самое маленькое значение на множестве вершин куба E^N, отличных от e и θ, критерий $K_2^{'}$ принимает при $k=1$ и $k = N-1$. Таким образом, из двух альтернатив A^1 и A^2, упомянутых ранее, лучшей будет считаться та, для которой значение критерия $K_2^{'}$ будет меньше.

Базируясь на вышеизложенном, поставленную задачу упорядочения альтернатив можно сформулировать как двухкритериальную задачу на дискретном множестве G – упорядочить альтернативы в соответствии с векторным критерием K, характеризующим близость альтернатив к эталону e и множеству альтернатив с тождественными показателями в пространстве индикаторов E^N:

$$K = \left\{ \begin{array}{l} K_1 = \frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(1-p_i)^2} \\ K_2 = \begin{cases} \frac{2}{N}\sqrt{(N-1)\sum_{i=1}^{N} p_i^2 - 2\sum_{i=1}^{N}\sum_{j>i}^{N} p_i p_j}, & N - \textit{четное}, \\ \frac{2}{\sqrt{N^2-1}}\sqrt{(N-1)\sum_{i=1}^{N} p_i^2 - 2\sum_{i=1}^{N}\sum_{j>i}^{N} p_i p_j}, & N - \textit{нечетное} \end{cases} \end{array} \right\} \to \min. \quad (9)$$

Для того чтобы оба частных критерия K_1 и K_2 в (9) являлись не только одинаково направленными, но и имели одинаковый диапазон значений от 0 до 1, критерии $K_1^{'}$ и $K_2^{'}$ были нормированы:

$$K_1 = \frac{1}{\sqrt{N}} K_1^{'}, \quad (10)$$

$$K_2 = \begin{cases} \frac{2}{\sqrt{N}} K_2^{'}, \textit{если } N - \textit{четное}, \\ \frac{2}{\sqrt{N^2-1}} K_2^{'}, \textit{если } N - \textit{нечетное}. \end{cases} \quad (11)$$

При этом каждый из частных критериев K_1 и K_2 можно рассматривать как метрику в пространстве индикаторов.

На рис. 1 представлена графическая иллюстрация расположения оптимальных решений по частным критериям K_1 и K_2 в E^2.

Из приведенного рисунка видно, что множества оптимальных решений по критериям K_1 и K_2 не исключают друг друга, т.е. критерии не являются противоречивыми. И если бы задача ставилась на всем множестве E^N, а не на подмножестве $G \subset E^N$, то решение было бы тривиальным (точка e). Но задача упорядочения альтернатив априори является дискретной, поэтому ее формализация на основе векторного критерия (9) предполагает разработку четкого алгоритма процедуры решения.

После введения критериев K_1 и K_2 каждой альтернативе ставится в соответствие пара чисел $\{k_1, k_2\}$, суть которых – рассчитанные для нее значения критериев K_1 и K_2. Таким образом, можно рассмотреть пространство значений критериев K_1 и K_2, которое в силу диапазонов их возможных значений совпадает с пространством E^2. Каждой альтернативе в этом пространстве соответствует единственная точка с координатами (k_1, k_2). Множество всех таких точек обозначим V. Учитывая направленность каждого из критериев, можно утверждать, что «эталонной» точкой во введенном пространстве является точка с нулевыми координатами $(0,0)$. Поэтому в качестве обобщенного логично, на наш взгляд, рассмотреть критерий

$$K = \sqrt{k_1^2 + k_2^2}, \quad (12)$$

который характеризует евклидово расстояние от точек множества V до эталонной $(0,0)$. Функция K также может рассматриваться как метрика в пространстве значений критериев K_1 и K_2.

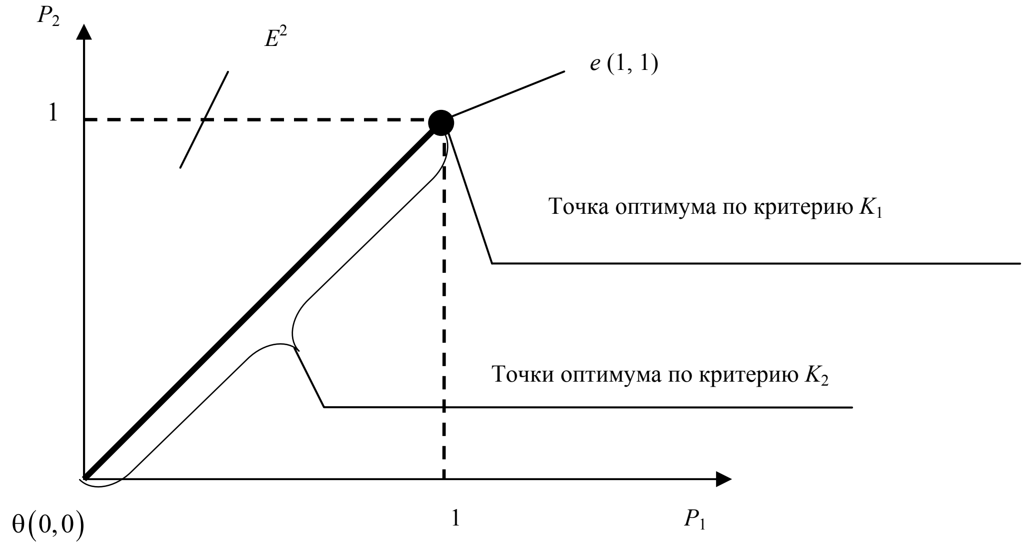

Рис. 1. Оптимальные решения по частным критериям в пространстве индикаторов (для случая $N = 2$)

На основании формулы (12) для каждой альтернативы могут быть рассчитаны значения обобщенного критерия, в соответствии с которыми возможно непосредственное осуществление процедуры упорядочения альтернатив.

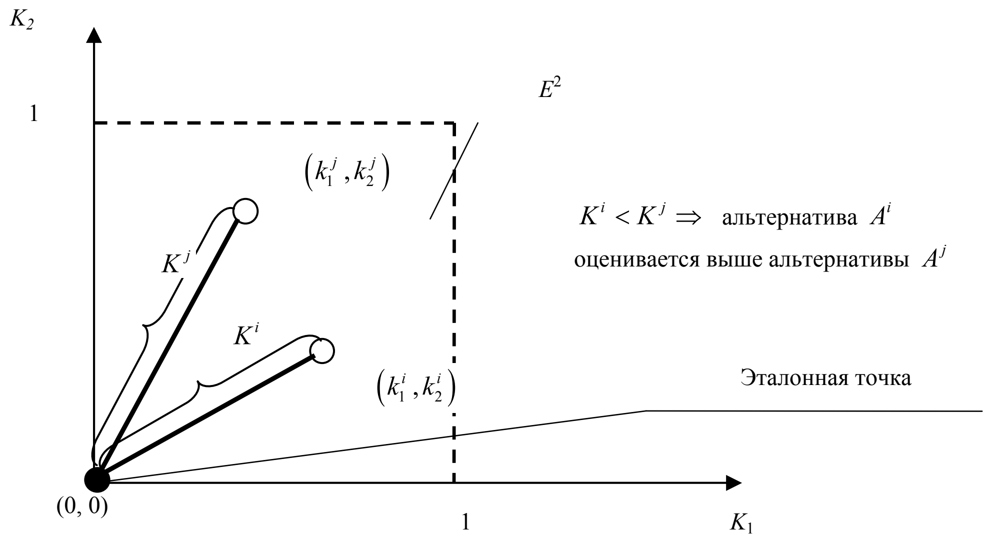

Рис. 2. Графическая иллюстрация процедуры сравнения альтернатив на основе критерия (12)

Ниже приводится алгоритм решения многокритериальной задачи упорядочения M альтернатив по набору N равнозначных показателей на основе векторного критерия (9), характеризующего близость к эталону и множеству альтернатив с тождественными показателями в пространстве индикаторов.

Этап 1. Формирование массива показателей, на основании которых будет осуществляться сравнение альтернатив $\left\{x_j^i, j=\overline{1,N}, i=\overline{1,M}\right\}$.

Этап 2. Построение системы сопоставимых индикаторов $\left\{p_j^i, j=\overline{1,N}, i=\overline{1,M}\right\}$, применяя формулы (1)–(3).

Этап 3. Расчет значений критериев K_1 и K_2 для каждой i-й альтернативы, $i=\overline{1,M}$ по соответствующему набору индикаторов $\left\{p_j^i, j=\overline{1,N}\right\}$, согласно формулам (6), (7), (10), (11). В результате каждой i-й альтернативе ставится в соответствие пара чисел $\left\{k_1^i, k_2^i\right\}$.

Этап 4. Расчет значений обобщенного критерия K^i для каждой i-й альтернативы, $i=\overline{1,M}$ по формуле (12).

Этап 5. Упорядочение альтернатив $\left\{A^i, i=\overline{1,M}\right\}$ в порядке возрастания значений $\left\{K^i, i=\overline{1,M}\right\}$. Таким образом, лучшим альтернативам будут соответствовать меньшие ранги.

Заметим, что в результате применения предлагаемого метода могут быть решены как задача определения лучшей альтернативы (очевидно, что лучшая альтернатива имеет ранг, равный 1), так и задача распределения альтернатив по классам (посредством разбиения на определенное число интервалов множества значений обобщенного критерия *K*).

Основными достоинствами предлагаемого метода являются, во-первых, двухкритериальный подход к формализации целевых установок, при котором учитываются степень близости значений показателей к эталонным величинам и разброс значений показателей; во-вторых, очевидный принцип минимизации евклидовых расстояний (метрик) в пространстве индикаторов и пространстве критериев, положенный в основу сравнения альтернатив; и, в-третьих, отсутствие субъективизма.

Применение предложенного метрического анализа для оценки уровня социально-экономического развития территориальных систем позволит объективно рассчитывать интегральный показатель на любых информационных массивах. Использование предложенного метода для однотипных групп показателей, например характеризующих сферу здравоохранения, образования, доходы населения и др., позволит рассчитать обобщенную групповую оценку непосредственно для анализируемого направления, что в свою очередь дает возможность не только проводить более детальный сравнительный анализ территориальных систем, но и определять сферы, требующие приоритетного внимания [8–10].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981.
2. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Логос, 2003.
3. *Распоряжение* Правительства Российской Федерации от 11.09.2008 г. № 1313-р.
4. *Тюличева Л.Д.* Использование сравнительных исследований для определения стратегических приоритетов регионального развития / Под ред. С.В. Кузнецова. СПб.: ГУАП, 2007.
5. *Указ* Президента Российской Федерации от 28.06.2007 г. № 825 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации».
6. *Указ* Президента Российской Федерации от 28.04.2008 г. № 607 «Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов».
7. *Borcherding K., Schmeer S., Weber M.* Biases in multiattribute weight elicitation / Ed. by J.P. Caverni, M. Bar-Hillel, F.N. Barron, H. Jungermann. North-Holland, 1993.
8. *Казаков В.В., Сотников А.С.* Управление развитием региональных комплексов и их финансовое обеспечение. Томск: Изд-во НТЛ, 2006. 204 с.
9. *Казаков В.В.* Современные подходы к управлению развитием муниципальных образований. Томск: Изд-во НТЛ, 2007. 214 с.
10. *Казаков В.В.* Управление развитием муниципальных образований в условиях реформы местного самоуправления. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 216 с.

Статья представлена научной редакцией «Экономика» 4 апреля 2009 г.