УДК 334.02

А.М. Чуйкин

ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ РАЗВИТИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИЙ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИИ (МАИ-метод)

Анализируется процесс принятия решений, связанных с формированием и развитием потенциала организаций. Обосновывается применение для принятия таких решений методом анализа иерархий. Рассматриваются основные этапы реализации данного метода, дается оценка преимуществ его применения по сравнению с другими многокритериальными методами оценки альтернатив.

This article analyses the decision-making process in the field of formation and development of organisations' potential and justifies the application of Analytic Hierarchy Process. The author considers the key stages of the implementation of this method and evaluates the advantages of its application in comparison to other multicriteria alternative assessment methods.

Ключевые слова: потенциал организаций, метод анализа иерархий, этапы применения МАИ-метода.

Key words: organisations' potential, analytic hierarchy process, stages of AHP method application.

Значительную сложность представляет оценка возможных вариантов действий и решений по формированию экономического потенциала, поскольку это многоцелевая и многоаспектная проблема, включающая реальный конфликт целей. Для решения таких многоцелевых задач применяются различные методы. Это относится прежде всего к *стратегическим решениям*, связанным с *созданием или принципиальными изменениями сложных хозяйственных систем*. Модели нахождения решений при нескольких целевых функциях включают е*диничные многоцелевые* и *программные многообъектные модели решений. Во втором случае* речь идет о проблемах нахождения *векторного максимума, когда рассматриваются модели единичных решений при нескольких целевых функциях* (целевых критериях) и при *нескольких* возможных состояниях внешней среды [3; 7; 14].

Показательный *пример многоцелевого решения* — это создание *нового производства или организация филиала предприятия*. Возможные *альтернативы* должны быть охарактеризованы *несколькими показателями*. Такие показатели в силу их противоречивости *непосредственно* не могут быть *интегрированы в единый показатель.*

В качестве примера может быть рассмотрена задача создания сборочного производства бытовой электроники. Эта задача представляется весьма актуальной для нашего региона. В докризисный период здесь были созданы значительные мощности по производству телевизоров и других видов бытовой электроники. В качестве основных параметров оцениваемых альтернатив можно выделить: свободные производственные площади в регионе, которые могут быть приобретены или взяты в долгосрочную аренду (ПП); наличие в регионе необходимого *персонала* и его соответствие по качественным и количественным параметрам необходимым условиям (ПС).; производственно-техническая и экономическая *инфраструктура* (И); *экономические условия* — режим Особой экономической зоны, включающий особенности налоговой политики и систему поддержки таких предприятий (ЭУ).

Альтернативы, представленные определенными вариантами наращивания потенциала, характеризуются *различными значениями* приведенных и других показателей. Если одна из альтернатив *превосходит* другие альтернативы *по всем показателям*, то выбор альтернативы и принятие решения *не составляют труда*. Однако такая ситуация бывает крайне редко [12]. Типичной является ситуация, в которой определенная альтернатива, предпочтительная по одним показателям, менее предпочтительна по другим показателям. *Например, первая альтернатива* (А) — размещение производства — может быть наиболее предпочтительной по отношению к другим альтернативам по характеристикам земельного участка, но менее предпочтительной по транспортной или производственной инфраструктуре.

Противоречивость может присутствовать *и внутри определенных групп* показателей, характеризующих конкретную альтернативу. Например, затраты на приобретение земельного участка по альтернативе А могут быть ниже, однако площадь участка не в полной мере соответствует необходимым требованиям. Показатели, используемые для оценки альтернатив, могут быть классифицированы по ряду критериев (рис. 1).

Оценочные показатели, как правило, имеют различную размерность. Важно отметить, что результаты измерений отдельных показателей непосредственно не могут быть интегрированы в единое значение.

МАИ-метод был разработан в начале 70-х гг. прошлого столетия для структурирования и анализа сложных ситуаций и принятия решений при нескольких целевых функциях [10]. Применение МАИ-метода включает *расчленение проблемы* на отдельные составные части в целях ее *структурирования и упрощения представления* проблемы. Для каждой проблемы вначале выделяется главная цель. Далее составляется иерархия целей различных уровней и/или уровни мероприятий [8; 12]. На подчиненном(ых) уровне(ях) иерархии учитываются подлежащие оценке альтернативы. При применении МАИ-метода могут учитываться *качественные и количественные критерии* [2; 4; 8; 13].

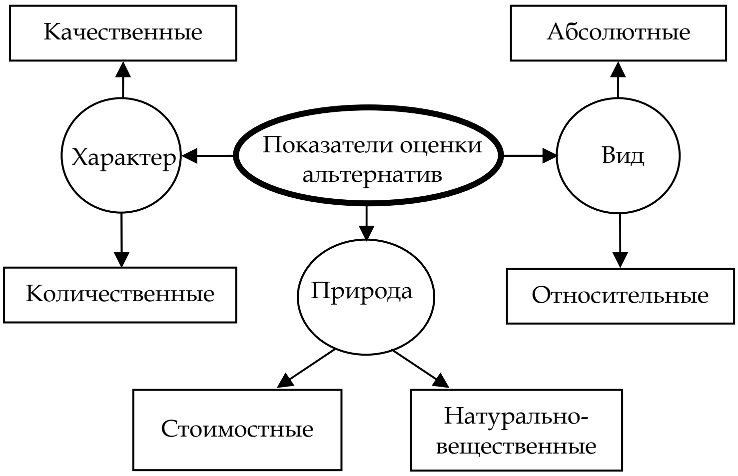

Рис. 1. Основные критерии классификации показателей,
используемых для оценки альтернатив

Относительная значимость различных критериев определяется отдельно относительно каждого элемента вышестоящего уровня с помощью *сопоставления пар критериев* [1]. Подобным же образом в модель интегрируется фактор эффективности мероприятий. Для каждой из рассматриваемых альтернатив должен быть также определен общий показатель, отражающий относительную значимость или эффективность альтернатив в отношении совокупной иерархии, а следовательно, — и главной цели.

Процесс применения МАИ-метода включает *ряд этапов*. Перечень и последовательность выполнения этих этапов представлены на рисунке 2 [8, S. 121; 14, S. 70; 13, S. 646].

Рис. 2. Основные этапы применения МАИ-метода

Содержание основных этапов процесса применения данного метода включает:

1. Формирование иерархии целей.

На примере МАИ-метода четко демонстрируется применение *многоцелевых методов*, касающихся основных фаз процесса планирования (рис. 2). *Принятие решения* раскладывается на *составные части*, которые представляются в виде иерархии целей.

2. Определение приоритетов для всех элементов иерархии целей.

Относительная значимость каждого элемента определяется в отношении элементов вышестоящего уровня иерархии посредством сравнения пар альтернатив со всеми другими элементами того же уровня. *Значимость* может интерпретироваться в отношении *целевых критериев* как *вклад в достижение главной цели* [9, S. 76].

При построении иерархии целей следует проводить четкое разграничение между различными альтернативами и подцелями. В иерархии целей взаимосвязи существуют только между элементами следующих друг за другом уровней. Связи между элементами одного уровня являются незначительными либо вообще не существуют. Элементы одного уровня должны быть сопоставимы друг с другом, т.е. должны обладать одинаковой степенью значимости. Сделанные оценки действуют независимо от других оценок на данном и других уровнях. Предполагается, что учитываются все существенные альтернативы и целевые функции.

Проблему наращивания производственного потенциала организации путем создания новых производственных мощностей можно рассматривать как несколько альтернатив, которые оцениваются по ряду критериев. Такими критериями могут быть стоимость приобретения, место расположения, площадь строения, площадь земельного участка и т.д. (рис. 3).

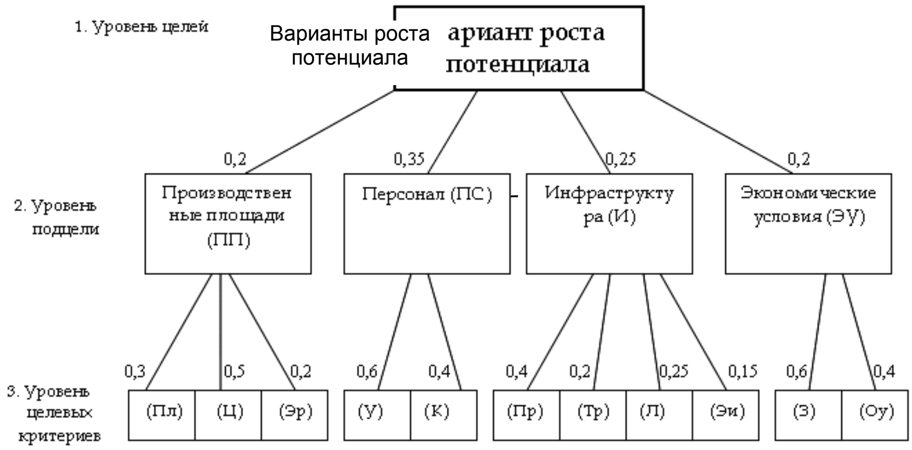

Рис. 3. Варианты роста потенциала

Если стоимость приобретения в *три раза более важна*, чем площадь земельного участка, то площадь земельного участка в *три раза менее важна*, чем стоимость приобретения. Если первый *критерий бесконечно более значим*, чем второй, то необходимо *пересмотреть всю систему критериев*.

Всем парам i и k из множества элементов A одного уровня (альтернативы или целевые критерии) присваивается значение v. *Особенностью применения* данного метода является необходимость многократного повторения некоторых из этих этапов при определенных ситуациях. Это требуется, если оценка приоритетов сделана неправильно. В данном случае необходима проверка главным образом субъективных оценок в отношении их структуры.

Значение v получено в результате измерения на шкале относительных показателей, оно показывает, во сколько раз i более значимо, чем k, в отношении определенного элемента следующего, более высокого уровня. Операцию измерения нужно выполнить для всех элементов более высокого и всех прочих уровней. При этом должен действовать *принцип обратной пропорциональности,* в соответствии с которым относительное значение i к k должно быть равно обратному значению этого показателя, получаемому при сравнении k с i.

В отношении элемента следующего, более высокого уровня действует правило:

$$v_{ik} = \frac{1}{v_{ki}}, \text{ для всех } i, k \in A.$$

Относительная величина v_{ik} не может быть бесконечной. При бесконечной относительной значимости соответствующие целевые критерии или альтернативы были бы *несопоставимы*. В этом случае необходимо заново проводить анализ проблемы и формировать иерархию целей.

Для сравнения пар элементов можно использовать *девятибалльную шкалу Саати* [8, S. 123; 10, p. 54]. В случае сравнения весомости количественно измеряемых элементов можно рассчитать также цифровое соотношение, характеризующее *относительную значимость* на основе прошлого опыта.

1 —Оба сравниваемых элемента имеют одинаковую значимость по отношению к элементу следующего, более высокого уровня.

3 — Несколько более высокая значимость одного элемента по сравнению с другим.

5 — Высокая значимость одного элемента по сравнению с другим.

7 — Более высокая значимость элемента по сравнению с другим.

9 — Абсолютно доминирующая значимость — максимально возможное различие между двумя элементами.

2, 4, 6, 8 — Промежуточные значения.

С помощью этой шкалы можно преобразовать описательные суждения о сопоставимости различных элементов в количественные показатели и производить измерения на *шкале относительных показателей*. Более точная дифференциация нецелесообразна [10, p. 53]. При использовании шкалы Саати сравнения могут производиться по значениям от 1 до 9 и по их обратным величинам. Результаты сравнения пар в отношении элементов более высокого уровня могут быть представлены в форме матрицы сравнения V. Для K элементов составляется матрица размерностью K × K со значениями сравнения. Значения основных диагоналей этой матрицы сравнения пар равны соответственно 1.

Для составления *матрицы сравнения* необходимо провести сравнение пар по элементам K уровня 0,5 × K × (K — 1). Вычисление значения v_{ik} не требуется, если известно обратно пропорциональное значение v_{ik}, матрица симметрична, значения основных диагоналей равны 1, предполагается обратная зависимость [12, S. 159]. С ростом числа элементов определенного уровня количество сравниваемых пар резко возрастает. Это следует учитывать при составлении иерархии целей и имеющихся возможностей для выполнения необходимых расчетов.

Оценка всех сравнений пар корректна, если для каждого элемента матрицы v_{ik} действует следующее правило:

$$v_{ik} = v_{ij} \times v_{jk}.$$

При этом i, j и k представляют собой индексы элементов рассматриваемого уровня. Если можно было бы предположить такую оценку, то последующие оценки получались бы из уже сделанных выводов таким образом, что необходимо было бы провести только сравнение K — 1 пар [12, S. 162].

3. Расчет локальных векторов приоритетов (факторов взвешивания).

Для каждой матрицы сравнения пар определяется сравнительная значимость элементов (альтернатив, целевых критериев), являющаяся результатом сравнения пар, и представляется в форме *вектора приоритетов*. Каждая составляющая этого вектора указывает, какой сравнительной значимостью обладает данный элемент в отношении рассматриваемого элемента более высокого уровня. Расчет векторов *приоритетов W* может проводиться с помощью метода *определения собственного вектора* [10, p. 49; 8, S. 124]. Исходным пунктом расчетов является матрица сравнения пар V, для которой предполагается безошибочная оценка. Если значимость w_k отдельных элементов k известна, то элементы матрицы v_{ik} можно рассчитать следующим образом:

$$v_{ik} = \frac{w_i}{w_k}, \text{ для всех } i, k \in A.$$

На основе принципа обратной пропорциональности действует, кроме того, следующее правило:

$$v_{ik} = \frac{1}{v_{ki}} = \frac{1}{\frac{w_k}{w_i}}, \text{ для всех } i, k \in A, \text{ или } v_{ik} \cdot \frac{w_k}{w_i} = 1, \text{ для всех } i, k \in A.$$

Кроме того, следует: $\sum_{k=1}^{K} v_{ik} \cdot \frac{w_k}{w_i} = \sum_{k=1}^{K} \frac{w_i}{w_k} \cdot \frac{w_k}{w_i} = K,$ для всех $i \in A$,

а также $\sum_{k=1}^{K} v_{ik} \cdot w_k = K \cdot w_i$, для всех $i \in A$.

Эта взаимосвязь характерна для всех строк i (i = 1,..., K) матрицы сравнений пар. Поэтому можно построить матрицу размерностью K × K:

$$\begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1K} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2K} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{K1} & v_{K2} & \cdots & v_{KK} \end{pmatrix} \times (w_1, w_2, \ldots, w_K) = K \times (w_1, w_2, \ldots, w_K), \text{ или } V \times W = K \times W.$$

Для этой системы уравнений необходимо найти собственные значения. В общем виде эта проблема формулируется следующим образом.

Для произвольной матрицы B размерности (K × K) находятся *реальные числа* L и относящиеся к матрице векторы X, удовлетворяющие следующему условию:

$$B \times X = L \times X.$$

Числа L называются *собственными значениями* матрицы B, а векторы X — *собственными векторами*. Сумма собственных значений матрицы идентична *следу матрицы*, т.е. *сумме значений главных диагоналей*. В рассматриваемой здесь матрице сравнений пар все значения главных диагоналей равны 1. Поэтому след матрицы сравнений пар соответствует ее размерности K. В случае совершенно органичных оценок существует только положительное собственное значение, равное следу матрицы.

При решении *многоцелевой проблемы* оценки приоритетов часто неорганичны, а векторы взвешивания неизвестны. Поэтому необходимо устранить из модели соответствующее допущение. При *неорганичных оценках приоритетов* существует *несколько собственных значений и собственных векторов*.

При применении МАИ-метода определяется максимальное собственное значение L_{max} матрицы сравнения пар и соответствующий ей собственный вектор. Последний необходимо составить таким образом, чтобы сумма его компонентов равнялась 1. Он может рассматриваться как вектор взвешивания W. Расчет вектора такого рода является целесообразным и при существовании *неорганичной матрицы сравнений пар*. Незначительные проявления фактора неорганичности не сильно сказываются на векторе взвешивания.

Для определения максимального собственного значения и вектора взвешивания проблему определения собственного значения можно решить следующим образом:

$$V \times W = L \times W, \text{ или } (V - L \times E) \times W = 0,$$

где E — единичная матрица размерности K × K. Для собственных значений L справедливо, что детерминанта матрицы (V − L × E) равна нулю: $\det |V - L \times E| = 0$.

Максимальное значение L, соответствующее данному условию, является максимальным собственным значением L_{max}. После подстановки этого значения в представленное выше уравнение может быть определен искомый собственный вектор, или вектор взвешивания. Его можно вычислить следующим образом:

$$(V - L_{max} E) \times W = 0, \text{ а также } \sum_{k=1}^{K} w_k = 1.$$

Точный расчет максимального собственного значения матрицы и вектора взвешивания часто требует объемных вычислений. Поэтому широко используются методы для приближенного расчета значения собственного вектора, или вектора взвешивания. Например, из матрицы сравнения пар V можно последовательно вывести эти показатели:

$$V \times E;\ V^2 \times E;\ V^3 \times E;\ldots;\ V^0 \times E,$$

где V = K × K — матрица сравнения пар; E = K × 1 — единичный вектор [7, p. 393; 10, p. 19].

При достаточно большом значении показателя степени «o» вектор $V^0 \times E$ представляет собой приемлемое решение для задачи определения собственного вектора. Расчеты могут быть прекращены, если разница значений двух рассчитанных векторов, следующих друг за другом, не превышает какого-то заранее заданного значения. Определенное таким образом приблизительное значение для собственного вектора необходимо затем нормировать.

4. Проверка органичности оценок приоритетов.

Эта фаза необходима, так как не во всех случаях можно исходить из органичности всех оценок. При органичной оценке максимальное собственное значение соответствует значению K. При неорганичности их характера получается более высокое максимальное собственное значение L_{max}. Это значение L_{max} неизвестно, если на третьем этапе собственные векторы рассчитываются с помощью приближенных методов [10, p. 19].

Разница между L_{max} и K возрастает прямо пропорционально с ростом неорганичности. Поэтому данная разница подходит в качестве меры определения степени органичности оценок. Дополнительно проводя нормирование, можно построить *индекс органичности KI:*

$$KI = \frac{L_{max} - K}{(K-1)}.$$

При оценке органичности матрицы учитывается, что степень отклонений зависит от размерности матрицы. Рассчитывается значение органичности (K_oW). Оно характеризует соотношение между *индексом органичности* (KI) и средним показателем (RI) индексов органичности, равных по величине обратно пропорциональным матрицам, которые составляются с помощью случайных чисел на основе девятибалльной шкалы Саати:

$$K_oW = \frac{KI}{RI}.$$

В качестве критического значения для показателя органичности Саати предлагает 0,1. Согласно этому предположению, матрицы сравнения пар с показателем органичности $K_oW \leq 0,1$ рассматриваются в качестве достаточно органичных, в то время как у матриц с $K_oW > 0,1$ следует проводить проверку и пересмотр оценок сравнения пар [10, p. 21].

Пересмотру неорганичной матрицы сравнения пар может служить ее сопоставление с совершенно органичной матрицей, элементы которой в форме $\frac{w_i}{w_k}$ выводятся из рассчитанного вектора взвешивания. Элементы матрицы сравнения пар, у которых наблюдаются значительные отклонения при сопоставлении с совершенно органичной матрицей, следует сразу корректировать [7, p. 393]. При относительно высокой степени неорганичности матриц сравнения пар (значения органичности превышают 0,1) целесообразна проверка органичности всей иерархии целей.

5. Определение приоритетов целей и мероприятий для всей иерархии целей.

Для оценки *глобального приоритета* необходимо обобщить векторы взвешивания в отношении всех элементов вышестоящего уровня и всех последующих уровней. *Глобальный приоритет* определяет значимость отдельных целевых критериев или эффективность определенных альтернатив в отношении главной цели.

Результатом сравнения пар является *вектор взвешивания* для уровня, *непосредственно подчиненного главной цели*. Этот вектор характеризует относительную значимость соответствующих целевых критериев относительно *главной целевой установки*, представляющей собой одновременно глобальный приоритет. Вектор взвешивания является отправной точкой для определения глобальных приоритетов для элементов последующих уровней. Он умножается на матрицу весов. *Матрица весов* составляется из вектора взвешивания последующих уровней.

Результатом этого также выступает вектор взвешивания, представляющий для элементов последующего уровня их глобальный приоритет. Последовательное продолжение этой операции ведет к определению глобального приоритета для самого нижнего уровня иерархии, на котором находятся альтернативы. В принципе и целевые критерии могут быть элементами низшего уровня иерархии целей.

Величина полезности N_{Ai} для каждой альтернативы A_i рассчитывается с помощью формулы

$$N_{Ai} = \sum_{k=1}^{K} w_k \cdot n_{ik}.$$

В этой формуле индекс k обозначает элементы следующего вышестоящего уровня, которые должны представлять собой целевые критерии. Здесь w_k является глобальным приоритетом этих целевых критериев, а n_{ik} представляет собой относительную значимость (выгодность) альтернативы i в отношении критерия k. В данном случае, как и при анализе полезности, используются символы n и w. Эти величины соответственно сопоставимы, но рассчитываются различными методами. Таким образом, глобальный приоритет, подобно показателю интегральной полезности, рассчитывается на основе значений частичных приоритетов [12, p. 157].

Определенные на данном этапе глобальные приоритеты представляют собой веса в отношении целевых критериев. Альтернативы низшего уровня характеризуют то, как они, по оценке ЛПР, способствуют достижению главной цели. Альтернатива *относительно эффективна*, если ее приоритет выше, чем приоритет любой другой альтернативы при допущении, что главная цель заключается в максимизации. Оценка *абсолютной эффективности* альтернатив с помощью МАИ-метода представляется *нецелесообразной*, так как метод основывается на *сравнении пар альтернатив*. Поэтому оценка одной альтернативы зависит от других альтернатив.

Первый этап применения МАИ-метода — *формирование иерархии целей*. Выполняется как и при реализации других многоцелевых моделей, например модели полезности, модифицированного ранжирования. Иерархия, представленная на рисунке 3, содержит, в дополнение к предыдущему примеру, в качестве низшего уровня альтернативы размещения производства A_1, A_2 и A_3.

Второй, третий и четвертый этапы МАИ-метода включают: *определение приоритетов*, *определение локальных векторов приоритетов (факторов взвешивания)*, а также *проверку органичности оценок приоритетов.*

Сначала необходимо рассмотреть уровень альтернатив. Для критерия «величина земельного участка» приведены оценки сравнения пар альтернатив и рассчитаны коэффициенты парных сравнений v_{ik}. К примеру,

$$V = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 1/4 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} .$$

Для точного определения вектора взвешивания далее необходимо рассчитать максимальное собственное значение L_{max} матрицы сравнения пар V. Для всех собственных значений L матрицы действует, что детерминанта нижеприведенной матрицы ($V - L \times E$) равна нулю.

$$(V - L \times E) = \begin{pmatrix} 1 - L & 4 & 5 \\ 1/4 & 1 - L & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 - L \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 - L & 4 \\ 1/4 & 1 - L \\ 1/5 & 1/3 \end{matrix} .$$

Детерминанта 3 × 3-матрицы может быть рассчитана с помощью правила треугольника, или Саррюса. Для этого необходимо первую и вторую колонки матрицы еще раз вывести за третью колонку, а затем сформировать и суммировать производные элементов основных диагоналей первоначальной матрицы, а также проходящих параллельно диагоналей. Детерминанта рассчитывается таким образом, что от этой суммы вычитаются производные элементов побочных диагоналей, а также параллельных им диагоналей.

В результате этих действий получается следующее:

$$\det |V\text{-}L \cdot E| = (1 - L)^3 + 4 \cdot 3 \cdot \frac{1}{5} + 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3} - \frac{1}{5} \cdot (1 - L) \times 5 - \frac{1}{3} \cdot 3 \times$$

$$\times (1 - L)\text{-}(1 - L) \cdot \frac{1}{4} \cdot 4;$$

$$\det |V\text{-}L \cdot E| = (1 - L)^3 - 3 \cdot (1 - L) + 2{,}8167.$$

На основе условия $\det |V\text{-}L \cdot E| \overset{!}{=} 0$ можно рассчитать приводимое ниже максимальное собственное значение (L_{max}) с помощью методов определения нулевых точек (например, с помощью метода Ньютона): $L_{max} = 3{,}0858$.

Соответствующий собственный вектор, или вектор взвешивания, может быть рассчитан таким образом, что из уравнения

$$(V - L_{max} \cdot E) \cdot W = 0 \text{ или } (1 - 3{,}0858) \cdot w_1 + 4 \cdot w_2 + 5 \cdot w_3 = 0;$$

$$\frac{1}{4} \cdot w_1 + (1 - 3{,}0858) \cdot w_2 + 3 \cdot w_3 = 0; \ \frac{1}{5} \cdot w_1 + \frac{1}{3} \cdot w_2 + (1 - 3{,}0858) \cdot w_3 = 0.$$

рассчитываются соотношения между коэффициентами взвешивания. С помощью условия $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ можно затем определить следующие (локальные) коэффициенты взвешивания:

$$w_1 = 0{,}6738; \ w_2 = 0{,}2255; \ w_3 = 0{,}1007.$$

Эти значения характеризуют эффективность (локальный приоритет) альтернатив A_1, A_2 и A_3 относительно критерия «величина земельного участка». Из максимального собственного значения (L_{max}) можно вывести индекс органичности (KI): KI = 0,0429. Значение органичности (K_oW) составляет, таким образом, K_oW = 0,0740. Поскольку показатель K_oW не превышает 0,1, оценки этой матрицы сравнения пар можно рассматривать как достаточно органичные.

В соответствующей форме можно сформулировать и оценить также матрицы сравнения пар для сопоставления альтернатив в отношении других целевых критериев. Ниже приведены матрицы, а также рассчитанные для различных целевых критериев максимальные собственные значения, векторы взвешивания и показатели органичности.

Цена приобретения (Ц)

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	3	1/4
A_2	1/3	1	1/6
A_3	4	6	1

Макс. собственное значение: 3,0536.
Вектор взвешивания: (0,2176; 0,0914; 0,6910).
Значение органичности: 0,0462.

Эксплуатационные расходы (Эр)

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	7	3
A_2	1/7	1	1/4
A_3	1/3	4	1

Макс. собственное значение: 3,0323.
Вектор взвешивания: (0,6586; 0,0786; 0,2628).
Значение органичности: 0,0278.

Уровень квалификации

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	1/4	1/9
A_2	4	1	1/5
A_3	9	5	1

Макс. собственное значение: 3,0713.
Вектор взвешивания: (0,0633; 0,1939; 0,7428).
Значение органичности: 0,0615.

Количество работников

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	1/5	1/7
A_2	5	1	1/3
A_3	7	3	1

Макс. собственное значение: 3,0649.
Вектор взвешивания: (0,0719; 0,2790; 0,6491).
Значение органичности: 0,0559.

Производственная инфраструктура

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	1/2	1/2
A_2	2	1	1
A_3	2	1	1

Макс. собственное значение: 3.
Вектор взвешивания: (0,2000; 0,4000; 0,4000).
Значение органичности: 0.

Транспортная инфраструктура

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	8	4
A_2	1/8	1	1/3
A_3	1/4	3	1

Макс. собственное значение: 3,0183.
Вектор взвешивания (0,7167; 0,0782; 0,2051).
Значение органичности: 0,016.

Логистика (Л)

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	8	4
A_2	1/8	1	1/3
A_3	1/4	3	1

Макс. собственное значение: 3,0093.
Вектор взвешивания: (0,7166; 0,0783; 0,2051).
Значение органичности: 0,008.

Экономическая инфраструктура (Эи)

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	3	3
A_2	1/3	1	1
A_3	1/3	1	1

Макс. собственное значение: 3.
Вектор взвешивания: (0,6000; 0,2000; 0,2000).
Значение органичности: 0.

Особые условия хозяйствования

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	1/7	1/2
A_2	7	1	6

Общие условия

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	6	4
A_2	1/6	1	1/3

A₃	2	1/6	1

A₃	¼	3	1

Макс. собственное значение: 3,0324.
Вектор взвешивания: (0,0905; 0,7583; 0,1512).
Значение органичности: 0,0279.

Макс. собственное значение: 3,0536.
Вектор взвешивания (0,6910; 0,0914; 0,2176).
Значение органичности: 0,0462.

Соответствующие оценки и расчеты необходимо также провести для вышестоящих уровней. Ниже приводятся результаты сравнения для целевых критериев (в отношении подчиненных целей), подчиненных целей (в отношении главной цели), а также рассчитанные на основе этого показатели.

Площади

	Пл	Ц	Эр
Пл	1	1/3	4
Ц	3	1	9
Эр	1/4	1/9	1

Макс. собственное значение: 3,0093.
Вектор взвешивания: (0,2499; 0,6813; 0,0688).
Значение органичности: 0,008.

Персонал

	У	К
У	1	5
К	1/5	1

Макс. собственное значение: 2.
Вектор взвешивания (0,8333; 0,1667).
Значение органичности: 0.

Инфраструктура

	ТИС	ТЕФ	ПП	ПБУ
Пр	1	7	5	9
Тр	1/7	1	1/4	3
Л	1/5	4	1	5
Эи	1/9	1/3	1/5	1

Макс. собственное значение:4,2314.
Вектор взвешивания: (0,6474; 0,0899; 0,2165; 0,0462).
Значение органичности: 0,0857.

Экономические условия

	З	Оу
З	1	3
Оу	1/3	1

Макс. собственное значение: 2.
Вектор взвешивания (0,7500; 0,2500).
Значение органичности: 0.

Главная цель: оптимальный вариант роста потенциала

	ПП	ПС	И	ЭУ
ПП	1	1/8	1/3	2
ПС	8	1	4	6
И	3	¼	1	5
ЭУ	½	1/6	1/5	1

Макс. собств. значение: 4,1670. Вектор взвешивания: (0,0871; 0,6238; 0,2281; 0,0610). Значение органичности: 0,0619.

Поскольку значения органичности у всех матриц сравнения пар элементов общей иерархии целей не превышают 0,1, то можно исходить из достаточной степени органичности.

Таким образом, на *пятом этапе* МАИ-метода происходит определение приоритетов целей и мероприятий для всей иерархии. Этот процесс проводится аналогично анализу полезности, что возможно только в отношении целевых критериев, так как они связаны с одной подчиненной целью. Вклад, вносимый альтернативой А через критерий «величина земельного участка» в достижение главной цели, определяется путем умножения локального приоритета альтернативы (0,6738) на соответствующие локальные приоритеты критерия (0,2499), а также подчиненной цели «земельный участок» (0,0871). Этот вклад составляет в данном случае 0,0147. Рассчитав и просуммировав соответствующие значения альтернативы A для всех критериев, можно определить глобальный приоритет данной альтернативы. Он приводится ниже со значениями глобальных приоритетов N других альтернатив. Альтернатива A имеет самое высокое значение глобального приоритета и является, таким образом, относительно эффективной.

Применение девятибалльной шкалы, у которой, в отличие от шкалы относительных показателей, не существует естественной нулевой отметки, может привести к ошибкам в оценках при сравнении пар альтернатив [5, p. 11; 6, p. 250; 1]. Эксперту порой трудно провести различия между такими оценками девятибалльной шкалы, как «очень большая значимость» (значение по шкале 5) и «очень высокая степень значимости» (значение по шкале 7), и при этом включать еще в модель промежуточные значения [14, S. 91]. Девятибалльная шкала может привести к появлению неорганичности следующего рода: если элементу C_1 по сравнению с элементом C_2 и элементу C_2 по сравнению C_3 присваивается значение 5, то значимость C_1 по отношению к C_3 должна была бы соответствовать значению 25. Это, однако, невозможно, так как значение 9 по шкале Саати представляет максимальную величину.

При применении МАИ-метода учитываются только имеющиеся в наличии альтернативы, для которых на основе сравнения пар определяется их *ранговый порядок*. Последующее включение новых альтернатив может привести к изменению рангового порядка, а следовательно, повторного выполнения всех расчетов. Для рассматриваемых альтернатив при помощи МАИ-метода происходит довольно точный учет приоритетов ЛПР даже при приближенных вычислениях, в том числе благодаря проверке органичности.

Список литературы

1. *Дэвид Г.* Метод парных сравнений / пер. с англ.; под ред. Ю. Адлера. М., 1978.
2. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / пер. с англ. М., 1981.
3. *Месарович М.* и др. Теория иерархических многоуровневых систем / пер. с англ.; под ред. В. Б. Лидского. М., 1973.
4. *Саати Т., Керис К.* Аналитическое планирование / пер. с англ.; под ред. И. А. Ушакова. М., 1991.
5. *Belton W.* Comparison of the Analytic Hierarchy Process and a Simple Multi-Attribute Value Function // EJOR. 1986. Vol. 26. S. 7—21.
6. *Dyer J. S.* Remarks on the Analytic Hierarchy Process // MS. 1990. Vol. 36. S. 249—258.
7. *Gass S. I.* Decision Making, Models and Algorithms. New York, 1985.
8. *Haedrich G., Kuss A.* Kreilkamp E. Der Analytic Hierarchy Process // WiSt. 15. Jg. 1986. S. 120—126.
9. *Lillich L.* Nutzwertverfahren. Heidelberg, 1992.
10. *Saaty T. L.* The Analytic Hierarchy Process. New York; St. Louis, 1980.
11. *Saaty T. L., Vargas L. G.* Prediction, Projection and Forecasting. Boston; Dordrecht; London, 1990.
12. *Schneeweib C.* Planung, Systemanalytische und entscheidungstheoretische Grundlagen. Berlin, 1991.
13. *Wind Y., Saaty T. L.* Marketing applications of the Analytic Hierarchy Process // MS. 1980. Vol. 26. S. 641—658.
14. *Zimmermann H.-J., Gutsche L.* Multi-Criteria-Analyse. Berlin; Heidelberg, 1991.

Об авторе

А. М. Чуйкин — канд. экон. наук, проф., РГУ им. И. Канта.

Author

Dr. A. Chuikin, Professor, IKSUR.