

# ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ И СЕТЕЙ В ЭКОНОМИКЕ

*И.В. ШЕВЧЕНКО, доктор экономических  
наук, профессор, профессор кафедры  
мировой экономики и менеджмента,  
Кубанский государственный университет  
e-mail: dean@econ.kubsu.ru*

*Н.В. ХУБУТИЯ, преподаватель кафедры  
мировой экономики и менеджмента,  
Кубанский государственный университет  
e-mail: exclusi@list.ru*

## Аннотация

В статье рассматривается проблема разработки методологического и математического обеспечения для повышения достоверности решения задач поддержки принятия решений в сложных слабо структурированных системах на основе иерархических и сетевых моделей. Усложнение процесса принятия решений, сложность взаимосвязей между факторами, влияющими на выбор того или иного варианта решения, увеличение рисков и цены за неправильно принятое решение, недостаточность детерминированной информации для принятия решений обуславливает актуальность исследуемой проблематики.

**Ключевые слова:** многокритериальный анализ, матрицы парных сравнений, анализ эффективности, моделирование, метод анализа иерархий.

**DOI:** 10.31429/2224042X\_2022\_66\_71

Современные экономические системы, быстро меняющиеся во времени и приобретающие новые особенности, требуют включения качественных составляющих и суждений экспертов в модель принятия решений. В последние годы получили развитие методы поддержки принятия решений (МПР) на основе иерархий и сетей критериев. Они используются во многих прикладных областях для решения многокритериальных и многоцелевых задач выбора, распределения ресурсов, анализа соотношения доходов-расходов, анализа сценариев развития, оценки, планирования и предвидения. В отличие от методов и средств исследования эконометрики, решающей задачи принятия решений с количественными значениями переменных и от-

ношений между ними, методы МПР направлены на решение слабо структурированных задач, характеризующихся уникальностью, отсутствием формализованной цели и оптимальности в классическом понимании, полной неопределенностью, нечеткостью данных, отсутствием количественной информации в объеме, необходимом для принятия решения. Исследование слабо структурированных задач осуществляется, как правило, экспертами-специалистами в данной области. Основным преимуществом метода анализа иерархий (МАИ) перед другими экспертными методами считается структуризация сложной проблемы посредством иерархии, которая включает количественные и качественные критерии решений, и получение экспертных оценок методом парных сравнений.

Задачи выбора заключаются в определении одного, наилучшего по множеству критериев, альтернативы из множества вариантов. При решении этих задач иерархия обычно состоит из трех-четырех уровней и содержит критерии, подкритерии и альтернативы решений. Так, в задаче на примере выбора капитального оборудования предприятий иерархия состояла из трех уровней: критерии (надежность, спецификация, инженерия, расходы), их подкритерии и альтернативные варианты решений. Повышение согласованности осуществлялось посредством традиционной обратной связи, при которой отобранные оценки парных сравнений возвращались эксперту для пересмотра. Выбор методов принятия решения на предприятии осуществлялся по критериям: эффективность управления, количество ошибок, издержки,



Рис. 1. Структура зависимости метода анализа иерархий и методов качественного анализа

приемлемость метода, степень интегрированности метода [5–6].

Рассмотрим входные данные для МАИ при решении задач предвидения (рис. 1). Поскольку МАИ — очень гибкий метод и может использоваться для решения разнообразных задач в процессе построения и оценки сценариев, построение иерархической или сетевой моделей принятия решения зависит от поставленной задачи и предметной области. В связи с этим некоторые из перечисленных ниже элементов модели могут отсутствовать при решении конкретной практической задачи. Модель обычно содержит предварительные сценарии или альтернативы решений и различные критерии, по которым они оцениваются: экономические, социальные, экологические, технологические, информационные, политические и т.д., критерии доходов, расходов, возможностей и рисков.

Лица, заинтересованные в принятии того или иного решения по изучаемой проблеме, и лица, которые могут влиять на выбор альтернативы, учитываются в модели путем формирования отдельных уровней иерархии или кластеров сети и оцениваются методом пар-

ных сравнений. Если задача состоит в нахождении вероятностей появления того или иного сценария, обычно предыдущие или обобщенные сценарии формируют последний уровень иерархии. На ее высших уровнях в этом случае находятся критерии, цели.

Если задача заключается в выборе действий по достижению желаемого сценария, то иерархия строится по-другому, и на ее последнем уровне находятся субъекты, среди которых нужно осуществить выбор. Сценарии и факторы, влияющие на реализацию целей, формируются экспертом по результатам примененных методов сканирования, мозгового штурма, морфологического анализа [1–2], STEEP или являются результатами предварительного использования МАИ при оценке обобщенных сценариев. Взаимосвязи между сценариями и факторами сценариев могут задаваться непосредственно экспертом или косвенно, с использованием метода перекрестного воздействия [4]. Когда эти взаимосвязи установлены, строится иерархическая или сетевая структура проблемы, и применяется теория МАИ или МАМ. Управленческое влияние может включаться в МАИ в виде измененной экспертной

оценки, измененного веса элемента, а также добавления или извлечения элемента иерархической или сетевой моделей, в частности, добавления или извлечения сценария.

В результате управленческого воздействия перечисляются вероятности предыдущих сценариев, вес критериев и факторов, определяются устойчивые и чувствительные элементы модели.

По результатам МАИ отбираются предварительные сценарии с самыми большими вероятностями исполнения, отдельные предварительные сценарии могут объединяться и формировать обобщенные сценарии, на заключительном этапе осуществляется оценка реалистичности разработанных сценариев.

Ключевым классом задач, вводимых для построения иерархической модели, стали задачи оценки, которые предназначены для расчета относительных весов или приоритетов альтернатив и критериев решений. Одной из разновидностей задач оценки является задача выбора оптимального решения. В этих задачах как альтернативы рассматриваются инвестиционные проекты, между которыми вероятность распределяется пропорционально рассчитанным весам. При оценке инвестиционных проектов предприятий морского кластера [3] рассматривались три группы критериев, формировавших иерархию: 1) ожидания привлечения денежных средств, гибкость и фокусировка на основной деятельности; 2) риск; 3) окружающая среда. Оценка организационного капитала как составляющей интеллектуального капитала компании осуществлялась по критериям: введение стратегических ценностей, инвестиции в технологии и гибкость организационной структуры. Каждый из критериев разбивался на подкритерии. Экспертные оценки альтернатив по критериям имели форму треугольных нечетких чисел. Для расчета весов использовался нечеткий МАИ. Приоритеты образовательных инновационных проектов оценивались по следующим критериям [7]: цели (обоснованность, адаптация, длительность, план), потребность (заинтересованность, потребность), экономика (регулирование, ресурсы,

прибыльность), масштаб. К оценке проектов привлекалась группа экспертов. Расчеты производились двумя методами: МАИ и методом комиссий. Сеть задачи оценки вариантов размещения стратегического оборудования включала такие внешние и внутренние факторы, как сегменты рынка, спрос, конкуренты, характеристики размещений, критические процессы на предприятии-производителе и пр. [8]. Для определения взаимозависимостей между этими факторами и самими размещениями использовался метод развертывания функции качества и метод анализа сетей как вспомогательный инструмент. Метод анализа сетей использовался также в задаче оценки доли рынка компании. Сеть включала кластеры альтернатив — конкурентов, а также потребителей, обслуживающий персонал и критерии, связанные с рекламой и качеством товаров. Оценка качества кластеризации методами многокритериальной поддержки принятия решений предполагает эмпирический анализ использования МАИ для оценки значений функции принадлежности нечеткого множества.

Более подробно рассмотрим одну из задач поиска наиболее приоритетного кластера технологий для инвестирования на основе агрегированных весов, в расчётах использовались усредненные оценки важности критериев и оценки технологий по критерию «риск». В качестве критериев выбраны характеристики критических технологий, экономическая эффективность, конкурентоспособность, технологическая сложность, расходы, риски (рис. 2).

Экономическая эффективность включает годовые объемы продаж новой научекомкой продукции в стоимостных показателях (млн дол.). В паспортах приведены интервальные экспертные оценки экономической эффективности каждой критической технологии. Конкурентоспособность критических технологий оценивается по сравнению с отечественными и иностранными аналогами. В паспортах представлены балльные экспертные оценки конкурентоспособности каждой критической технологии.

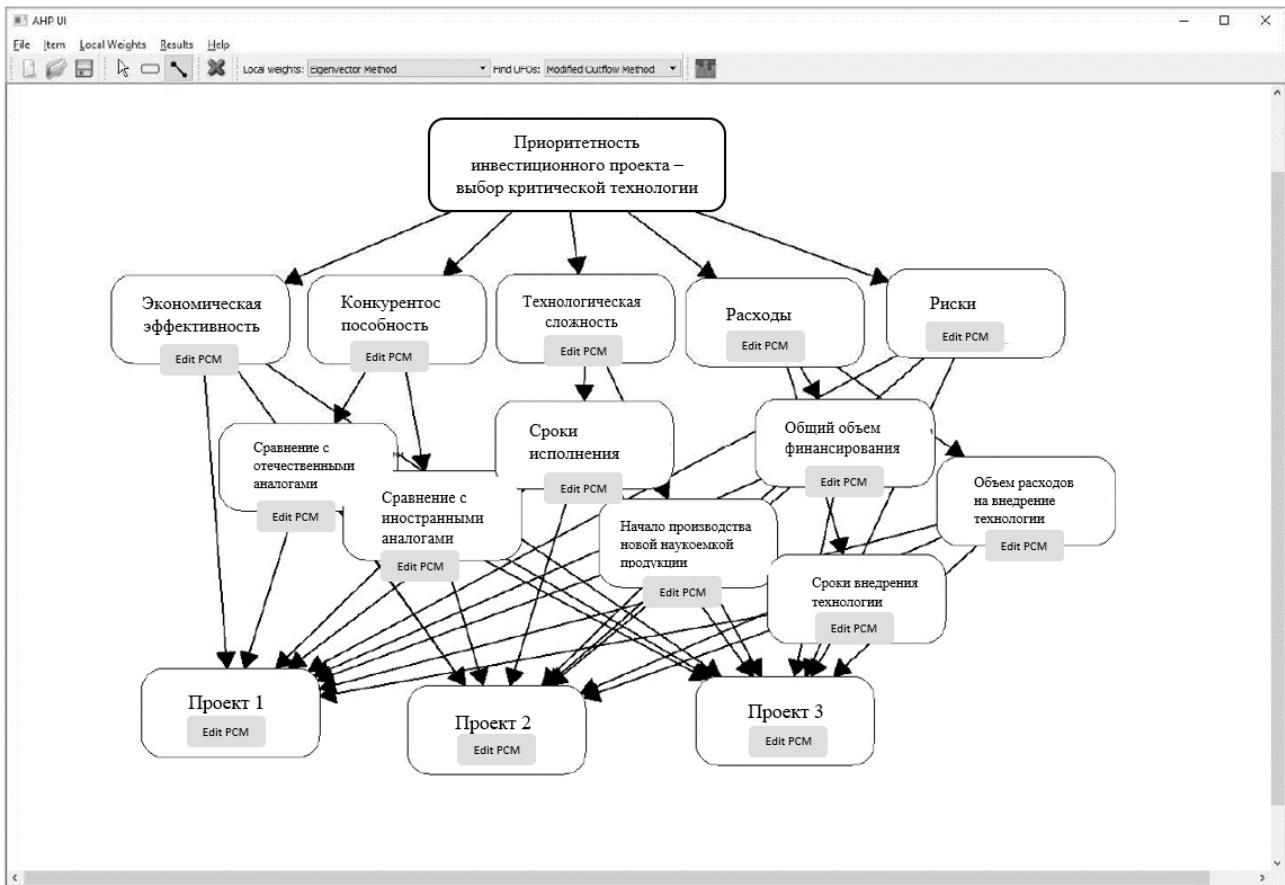


Рис. 2. Иерархическая модель оценки инвестиционной привлекательности приоритетности критических технологий морского кластера

Технологическая сложность критических технологий измеряется двумя параметрами: срок выполнения научного исследования до внедрения технологии (годы) и начало производства новой научноемкой продукции (через 10 лет). Оценки первого параметра взяты справочно, экспертные оценки по второму параметру представлены в виде интервалов. Расходы включают расходы в денежном и временном измерениях, общий объем финансирования научных исследований для внедрения технологии (тыс. дол.), объем затрат на внедрение технологии (тыс. дол.): минимальный, средний, максимальный сроки внедрения (годы).

Оценка экономического и внешнего риска внедрения каждой из технологий была проведена дополнительно. Поскольку этот критерий важен для правильного выбора перспективных сценариев, то экспертная оценка технологий по рискованности рассчитывалась

самостоятельно. Экономические риски относятся к рискам морского кластера, а внешние риски включают в себя нежелательные ситуации непосредственно при осуществлении морской хозяйственной деятельности (операционные риски, аварии/крушения, нежелательные внешние неестественные ситуации).

Результаты применения разработанных методов и инструментария важны для выбора инвестиционного проекта критических технологий морского кластера.

Согласно разработанной методологии первоначально было проведено формирование и анализ (рис. 3) входной экспертной информации в виде обратно симметричных МПП элементов модели. На рис. 3 показан случай недопустимо несогласованной и слабо несогласованной МПС, которая не может использоваться для расчета весов и требует корректировки. Используя предлагаемый метод-транзитив, нашли наиболее несогласо-

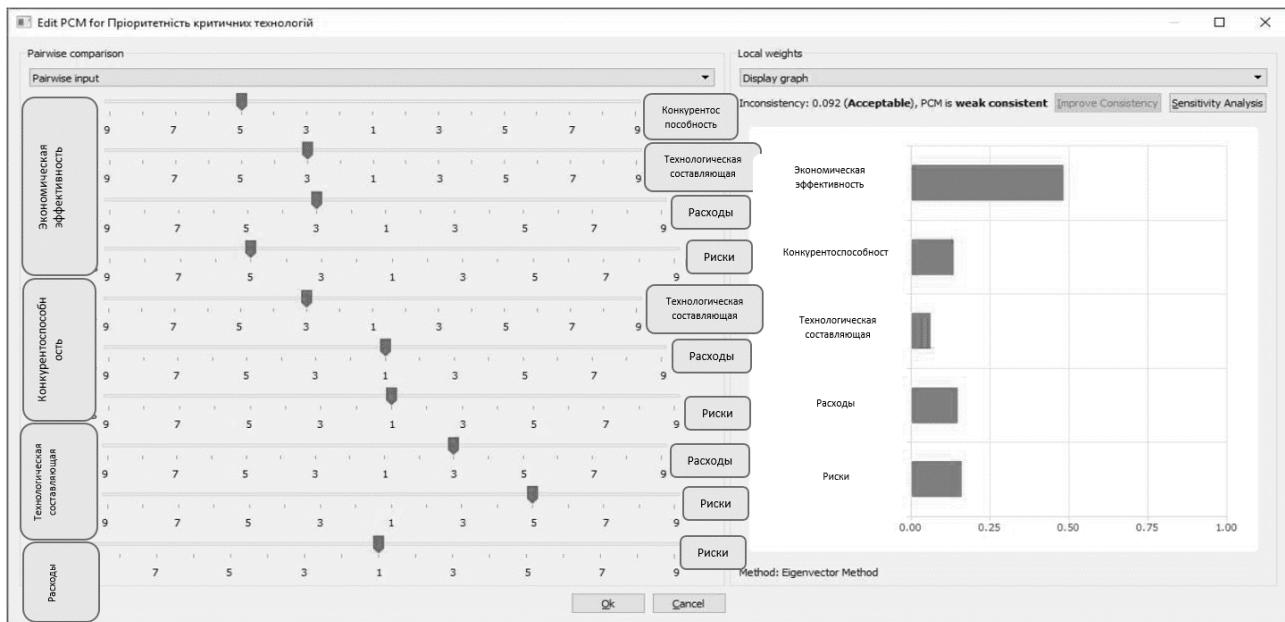


Рис. 3. Экспертные оценки парных сравнений критериев модели

ванный элемент этой МПС. Результаты корректировки наиболее несогласованного элемента без участия эксперта приведены на рис. 4, также на рис. 4 показаны результирующие веса пяти критериев первого уровня модели, рассчитанные известным методом главного собственного вектора, моделью GPM, составляющей предлагаемого метода на основе нечеткой матрицы парных сравнений, и предлагаемым методом расчета доверительных интервалов. Как видно из рис. 3–4, веса критериев, полученные различными методами, совпадают в пределах практической точности и задают одинаковое ранжирование критериев.

На рис. 4 представлены результаты агрегирования локальных весов этих кластеров по построенной модели критериев (рис. 2). Анализируя полученные результаты, можем сделать вывод, что самый большой приоритет имеет «Проект 3» (вес 0,517). На втором и третьем местах в ранжировании находятся, соответственно, кластеры «Проект 1» (0,260) и «Проект 2» (0,223).

Используя разработанный инструментарий, на основе количественной информации, приведенной инвестиционной привлекательности критических технологий морского кластера, а также оценок важности критериев

и оценок критических технологий по критериям риска, предоставленным экспертами и рассчитанным агрегированным группировкам. Установлено, что первый приоритет имеет «Проект 3».

## Выводы

Проведенный анализ применений свидетельствует о том, что МАИ и его модификации нашли широкое использование в экономике, МАИ как дополнение к другим методам используется в деятельности инвестиционных и консалтинговых компаний, а также команд по антикризисному управлению предприятиями при решении задач многокритериального анализа кредитоспособности предприятий, оценки банкротства предприятия, повышения эффективности управления капиталом на предприятии, поиска эффективных путей реструктуризации и инвестирование неплатежеспособных предприятий в условиях неопределенности; оценке инвестиционных проектов; при выборе стратегии фирмы. Традиционные системы рейтинговой оценки банков и управления кредитным риском в последнее время объединяются с МАИ, и считается, что такое объединение дает больше информации для качественного принятия решений. МАИ применяется при проведении бенчмаркинга.

Приоритетность инвестиционного проекта	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Экономическая эффективность	0,495	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Конкурентоспособность	0,137	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Носитель	0,066	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Технический состав.												
Расходы	0,149	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Расходы	0,162	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Сравнение с отечественными	0,000	0,000	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Сравнение с иностранными аналогами	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Сроки исполнения												
Начало	0,000	0,000	0,167	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Производства												
Общий объем инвестирования	0,000	0,000	0,000	0,495	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Общий объем расходов	0,000	0,000	0,000	0,000	0,114	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Сроки завершения												
Проект 1	0,000	0,365	0,000	0,000	0,075	0,234	0,281	0,594	0,584	0,600	0,333	1,000
Проект 2	0,000	0,225	0,000	0,000	0,000	0,133	0,080	0,135	0,132	0,200	0,200	0,333
Проект 3	0,000	0,410	0,000	0,000	0,000	0,592	0,485	0,584	0,174	0,135	0,200	0,333

Рис. 4. Суперматрица оценки инвестиционных проектов критических технологий симметричных МПП Элементов модели

### Библиографический список

1. *Жуков С. В.* Современные формы и методы финансирования инвестиционной деятельности банка: дис. ... канд. экон. наук. Саратов, 2008.
2. *Ларичев О. И.* Объективные модели и субъективные решения. М., 1987.
3. *Лучкина Н. М.* Выбор эффективного вида аккредитива при внешнеторговых расчетах методом анализа иерархий: дис. ... канд. экон. наук. М., 2002.
4. *Мыльник В. В., Титаренко Б. П., Волочинко В. А.* Исследование систем управления: учеб. пособ. для вузов. 4-е изд. М., 2006.
5. *Саати Т. Л.* Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М., 2009.
6. *Симанова Н. В.* Методы многокритериального принятия решений в производственных системах при неточных оценках: дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2008.
7. *Bayazit O.* Use of AHP in decision-making for flexible manufacturing systems // Journal of Manufacturing Technology Management. 2005. Vol. 16, No. 7. P. 808–819.
8. *Bevilacqua M., Braglia M.* The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection // Reliability Engineering & System Safety. 2000. Vol. 70, No. 1. P. 71–83.