

# Метод анализа иерархий как системный подход к проблеме принятия решений

Семенихина Н.Б.

Необходимость принимать решения является неотъемлемой частью сознательной человеческой жизни, человек принимает решения каждый день, от небольших решений, которые определяют содержание его повседневной жизни, до более важных решений, которые влияют на состояние социальных групп, общественных систем, хозяйствующих субъектов. Актуальность исследования определяется необходимостью принимать решения на количественно обоснованных, объективных методах, минимизирующих неопределённость и субъективность процесса принятия решений. Объектом исследования выступает принятие решений, как сознательное действие человека. Предметом исследования является количественно обоснованный метод принятия решений, представляющий собой математическую процедуру. Цель исследования – рассмотреть метод анализа иерархий, как аналитический иерархический процесс представляющий собой эффективный инструмент принятия решений. В процессе исследования было выявлено, что метод анализа иерархий является альтернативой формально-логическим методам, инструментам векторной алгебры, комбинаторики, теории графов. Представлен пошаговый алгоритм реализации метода анализа иерархий, табличная форма попарных сравнений и таблица приоритетов. Представлены расчётные формулы попарных сравнений. Представлена шкала интенсивности от 1 до 9, которая является важным инструментом в методе анализа иерархий и которая помогает принимать сложные решения, учитывая множество критериев и альтернатив. Представлен пример кода на языке Python для реализации метода анализа иерархий программными средствами, который состоит из четырёх шагов и может быть использован для решения различных задач, таких как выбор поставщика, управление проектами, разработка продуктов и оценка экологического воздействия.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

ГОСТ 7.1–2003

Семенихина Н.Б. Метод анализа иерархий как системный подход к проблеме принятия решений // Дискуссия. – 2023. – Вып. 117. – С. 38–48.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Векторная алгебра, комбинаторика, техническое решение, экономическое решение, согласованность результатов, теория графов, матрица сравнений, матрица приоритетов.*

JEL: C100, C130, C180

DOI 10.46320/2077-7639-2023-2-117-38-48

# Hierarchy analysis method as a systematic approach to the problem of decision-making

**Semenikhina N.B.**

The need to make decisions is an integral part of conscious human life, a person makes decisions every day, from small decisions that determine the content of his daily life to more important decisions that affect the state of social groups, social systems, economic entities. The relevance of the research is determined by the need to make decisions based on quantitatively based, objective methods that minimize uncertainty and subjectivity of the decision-making process. The object of the study is decision-making as a conscious human action. The subject of the study is a quantitatively based decision-making method, which is a mathematical procedure. The purpose of the study is to consider the method of hierarchy analysis as an analytical hierarchical process that is an effective decision-making tool. In the course of the research, it was revealed that the hierarchy analysis method is an alternative to formal logical methods, tools of vector algebra, combinatorics, graph theory. The intensity scale from 1 to 9 is presented, which is an important tool in the method of hierarchy analysis and which helps to make complex decisions, taking into account a variety of criteria and alternatives. An example of Python code for implementing the hierarchy analysis method by software is presented, which consists of four steps and can be used to solve various tasks, such as supplier selection, project management, product development and environmental impact assessment.

#### FOR CITATION

*Semenikhina N.B* Hierarchy analysis method as a systematic approach to the problem of decision-making. *Diskussiya [Discussion]*, 117, 38–48

#### APA

#### KEYWORDS

*Vector algebra, combinatorics, technical solution, economic solution, consistency of results, graph theory, comparison matrix, priority matrix.*

JEL: C100, C130, C180

## ВВЕДЕНИЕ

Принятие решений представляет собой сознательный выбор на объективных или субъективных основаниях определенного варианта действий (решений) из нескольких альтернативных вариантов, который осуществляется на основе определенных критериев и ограничений, данный процесс может быть формальным или неформальным, зависит

от характера проблемы и доступных данных. Принятие решений является важным аспектом человеческой активности в различных областях, включая бизнес, науку, технологии и многое другое [1], [2], [3], [4], [5]. Принятие решений может быть связано с выбором наилучшего варианта продукта, определением наиболее эффективного способа производства, выбором наиболее подхо-

дядшей стратегии развития компании и т.д., формируя активный научный интерес к проблематике, в том числе, со стороны западных исследователей [6], [7], [8], [9], [10]. Процесс принятия решений может быть разделен на несколько этапов, включая определение проблемы, сбор и анализ данных, определение критериев и ограничений, разработку альтернативных вариантов, выбор наиболее эффективного решения и его реализацию. Важным аспектом принятия решений является учет рисков и неопределенности внешней среды: «*Важнейшей составляющей частью любого вида человеческой деятельности является принятие решений в условиях вероятностной неопределенности*» [11, с. 164], необходимо учитывать возможные негативные последствия каждого варианта решения и определить вероятность их возникновения, что поможет минимизировать риски и принять наиболее эффективное решение: «*Принимаемое техническое решение в ситуациях, связанных с риском, кроме желаемого положительного результата, обязательно приводит к каким либо потерям (финансовым, материальным, временным и т.д.)*» [12, с. 56]. Также важно учитывать этические и социальные аспекты принятия решений, решение, которое может быть эффективным с точки зрения бизнеса, может иметь негативные последствия для социальной среды или общества в целом, поэтому необходимо учитывать весь комплекс аспектов при принятии решений.

Принятие решений является важным элементом в различных областях человеческой деятельности и требует системного подхода к процессу выбора альтернатив и использования научных методов. Научный метод в принятии решений предполагает использование объективных данных, логического мышления и анализа, а также учет рисков и неопределенности. Для принятия решений необходимо определить цели и критерии, которые должны быть достигнуты, что может определить наиболее эффективный вариант решения, при этом учитывая доступные ресурсы и ограничения, которые могут повлиять на выбор решения.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существует множество количественно обоснованных методов принятия решений, которые могут помочь принимать решения на основе объективных данных. Перечислим наиболее известные из них [13], [14]:

- Анализ мнений экспертов, это метод, при котором эксперты в определенной области делятся своим мнением о том, какой вариант решения яв-

ляется наиболее эффективным, далее для согласования результатов используется математический алгоритм для объединения мнений экспертов и определения наиболее оптимального решения.

- Анализ данных – метод, при котором используются статистические инструменты для анализа данных и определения наиболее эффективного решения.

- Методы оптимизации, это методы, которые используют математические алгоритмы для определения наиболее оптимального решения, например, можно использовать методы линейного программирования для определения оптимального распределения ресурсов или методы динамического программирования для определения оптимального плана действий.

- Методы принятия решений на основе риск-моделей, которые учитывают возможные риски и вероятности их возникновения при принятии решения.

- Методы принятия решений на основе экономических показателей при которых учитываются основные экономические показатели, такие как стоимость, доходность, прибыль и т.д., данные методы можно использовать для определения наиболее эффективного решения на основе экономического эффекта.

- Методы принятия решений на основе приоритетов в которых используется система приоритетов для определения наиболее важных критериев и выбора наиболее эффективного решения на основе этих критериев.

При принятии решений необходимо использовать научные методы, так как только они позволяют избежать субъективности решений, к научным методам относятся такие как анализ данных, математическое моделирование, статистический анализ и т.д., эти данные методы помогут определить наиболее эффективный вариант решения на основе объективных данных опыта и статистики: «*Все задачи математической статистики касаются вопросов обработки наблюдений над массовыми случайными явлениями, но в зависимости от характера решаемого практического вопроса и от объема имеющегося экспериментального материала эти задачи могут принимать ту или иную форму*» [15, с. 79].

Важнейшим и очевидным методом и способом принятия решений выглядит использование формальной логики или логического аппарата исследования, в том числе непрерывной логики (НЛ): «*На сегодня НЛ сложилась как самостоятельная научная дисциплина, характер которой опреде-*

ляется потребностями ее гармоничного развития, как математической дисциплины, и потребностями ее многочисленных приложений, охватывающих чуть ли не все области человеческой деятельности» [16, с. 213]. Формальная логика представляет из себя систему правил и принципов, которые используются для определения правильности логических утверждений при выборе альтернатив, таким образом, использование формальной логики помогает обеспечить правильность логических выводов и убедить лицо принимающее решение (ЛПР) в правильности выбранного решения. Они позволяют использовать объективные данные, логическое мышление и аргументацию для подтверждения правильности выбранного решения. Если в общем характеризовать основные принципы и законы формально логической аргументации то они будут выглядеть следующим образом [17], [18], [19], [20]:

1. Если "А" и "В", то "С".

(Если выполняется условие "А" и условие "В", то решение будет "С")

2. Если не "А", то "В", в противном случае "В".

(Если исполнено "А", решение будет "В", иначе – "В")

3. Если "А" или "В", то "С".

(Если выполняется хотя бы одно из условий "А" и "В", то решение будет "С")

4. Если "А" не равно "В", то "С", в противном случае "В".

(Если "А" и "В" не равны между собой, то решение будет "С", иначе – "В")

5. Если "А" и "В" не выполняются, то "С", в противном случае "В".

(Если не выполняются оба условия "А" и "В", решение будет "С", иначе – "В")

6. Если "А" больше "В", то "С", иначе "В".

(Если "А" больше "В", решение будет "С", иначе – "В")

7. Если "А" меньше или равно "В", то "С", в противном случае "В".

(Если "А" меньше или равно "В", решение будет "С", иначе – "В")

8. Если "А" равно "В", то "С", иначе "В".

(Если "А" и "В" равны между собой, решение будет "С", иначе – "В")

Важным элементом логических оснований при принятии решений является использование доказательств, которые представляют собой факты, которые подтверждают правильность выбранного решения. Доказательства могут быть получены из различных источников, таких как научные исследования, статистические данные,

опыт и т.д., что подразумевает использование методов научного познания, таких как синтез и анализ. Анализ представляет собой процесс разбора проблемы на составляющие части и определения логических связей между ними и помогает определить наиболее эффективный вариант решения на основе объективных данных. Тем не менее, необходимо учитывать, что логические основания принятия решений могут быть ограничены доступностью данных и не учитывать эмоциональные и социальные аспекты вариантов решений, также важно учитывать, что логические основания могут быть подвержены ошибкам и искажениям, например, использование неполных или неверных данных может привести к неправильному выбору решения. Поэтому необходимо использовать проверенные и достоверные источники данных и проводить тщательный анализ проблемы, отсюда важно понимать необходимость использования логических оснований в сочетании с другими методами принятия решений.

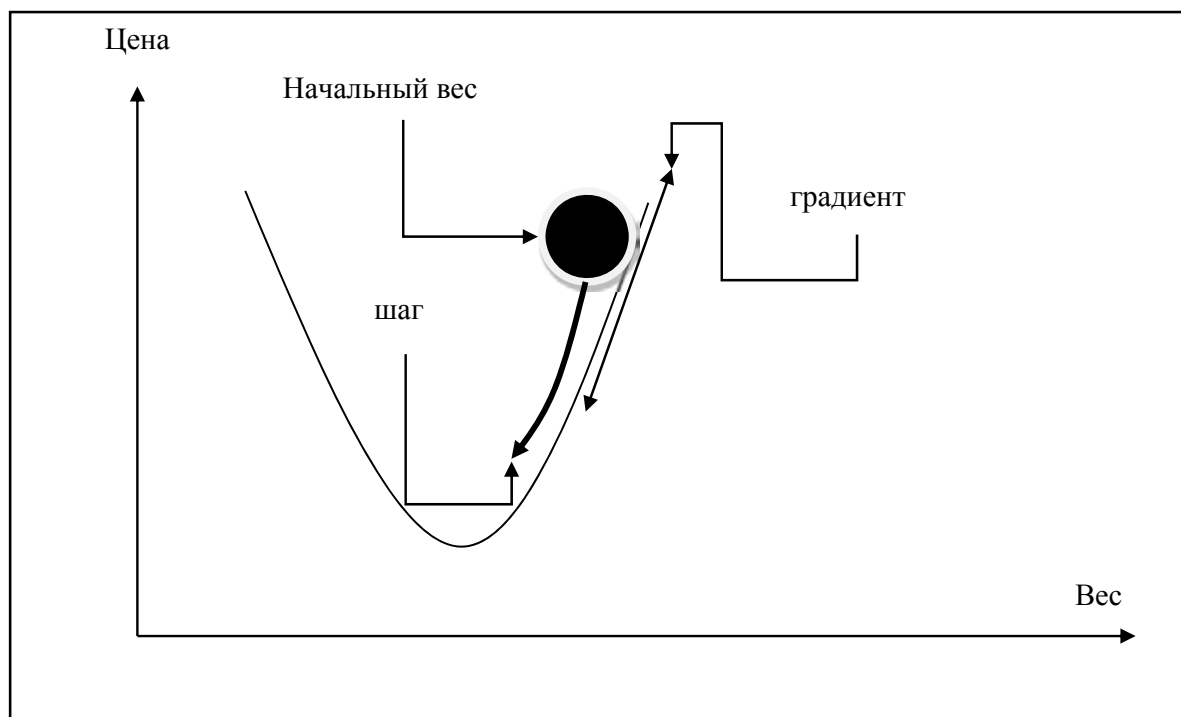
Другим математическим инструментом принятия решений выступает аппарат векторной алгебры, механизм принятия решений, использующий векторную алгебру, основан на представлении объектов и действий в виде векторов и матриц: «В целом матрично-векторный метод позволяет сформировать более надежный интегральный, комплексный критерий количественной оценки на базе существующих критериев оценки эффективности инвестиционных решений» [21, с. 39]. Вектор, это математический объект, который характеризуется направлением и длиной и могут быть использованы для представления различных характеристик объектов, например, вектор признаков. Матрица – таблица чисел, которая может быть использована для представления набора векторов, которые могут быть использованы для представления набора объектов или действий. Векторная алгебра позволяет выполнять различные операции над векторами и матрицами, такие как сложение, вычитание, умножение на число, умножение матрицы на вектор и т.д. Эти операции могут быть использованы для принятия решений в различных областях, например, в машинном обучении, например, в задаче классификации объектов вектор признаков каждого объекта может быть представлен в виде вектора. Матрица признаков может быть использована для представления набора объектов. Для классификации нового объекта его вектор признаков умножается на матрицу весов, которая была получена в результате обучения модели, а результат умножения

является вектором, который содержит вероятности принадлежности объекта к каждому классу. Класс, для которого вероятность максимальна, и будет выбран в качестве ответа модели выбора альтернативы (принятия решений). Векторная алгебра может быть использована для решения задач оптимизации, например, в задаче линейной регрессии, где необходимо найти оптимальные значения параметров модели, вектор параметров может быть представлен в виде вектора. Матрица признаков и вектор целевых значений могут быть использованы для определения функции потерь, которая оценивает качество модели для минимизации функции потерь можно использовать методы оптимизации, такие как градиентный спуск, который основан на вычислении градиента функции потерь по вектору параметров.

Векторная алгебра также может быть использована для решения задач обработки естественного языка, в задаче классификации текстов, где необходимо определить, к какой категории относится текст, каждый текст может быть представлен в виде вектора признаков, таких как количество слов, частота использования определенных слов и т.д. Матрица признаков может быть использована для представления набора текстов. Для классификации нового текста его вектор признаков умножается на матрицу весов, которая

была получена в результате обучения модели. Результат умножения является вектором, который содержит вероятности принадлежности текста к каждой категории.

Принятие решений при различных вариантах и исходах событий возможно осуществлять с помощью комбинаторики, раздела математики, который занимается изучением подсчета и систематического расположения объектов: «Применение оптимизационных эколого-экономико-математических моделей дает научную основу для принятия обоснованных решений. Однако задача разработки научно обоснованных инструментальных и математических моделей и методов этой сложной и многоаспектной проблемы рассматривается в крайне немногочисленных отечественных исследованиях» [22, с. 107]. При принятии решений комбинаторика может использоваться для определения количества возможных исходов или комбинаций исходов для заданного набора вариантов или переменных. Одно из применений комбинаторики в процессе принятия решений находится в области теории вероятностей, которая занимается изучением случайных событий и вероятности их наступления, что может быть использовано для определения количества возможных исходов для конкретного события или набора событий, которые затем могут быть использованы для вы-



Источник: составлено автором

Рисунок 1. Градиентный спуск

числения вероятности каждого исхода. Другое применение комбинаторики в процессе принятия решений находится в области оптимизации. Оптимизация связана с поиском наилучшего возможного решения данной проблемы с учетом определенных ограничений для цели определения количества возможных решений или комбинаций решений для данной задачи, которые затем могут быть использованы для определения оптимального решения. Комбинаторика также может быть использована при принятии решений для определения количества возможных сценариев или исходов для заданного набора переменных или вариантов. Комбинаторика представляет собой мощный инструмент принятия решений, который может быть использован для определения количества возможных исходов или комбинаций исходов для заданного набора вариантов или переменных.

Принятие решений на количественных и объективных предпосылках может быть реализовано через теорию графов – математическую дисциплину, в которой изучаются свойства и структура графов: «Практическая роль теории графов особенно возросла за последние годы, в связи с интенсивным развитием таких направлений, как автоматизированные системы планирования, проектирования и управления...» [23, с. 70]. Графы могут

быть использованы для моделирования различных систем и процессов, включая социальные сети, транспортные сети, информационные системы и многое другое. Принятие решений с помощью теории графов может быть осуществлено путем построения графа, который представляет собой модель проблемы, которую необходимо решить, далее используются различные алгоритмы для анализа графа и определения оптимального решения. Одним из применений теории графов в принятии решений является анализ сетей, сеть – это граф, который представляет собой совокупность узлов и связей между ними. Анализ сетей может быть использован для определения взаимосвязей между различными элементами проблемы и определения наиболее эффективного варианта решения. Другим применением теории графов в принятии решений является моделирование процессов принятия решений. Моделирование процессов принятия решений может быть использовано для определения наиболее эффективного варианта решения на основе различных критериев и ограничений, также теория графов также может быть использована для определения наиболее эффективного пути или маршрута для достижения определенной цели. Например, в логистике теория графов может быть использована для определения наиболее эффективного

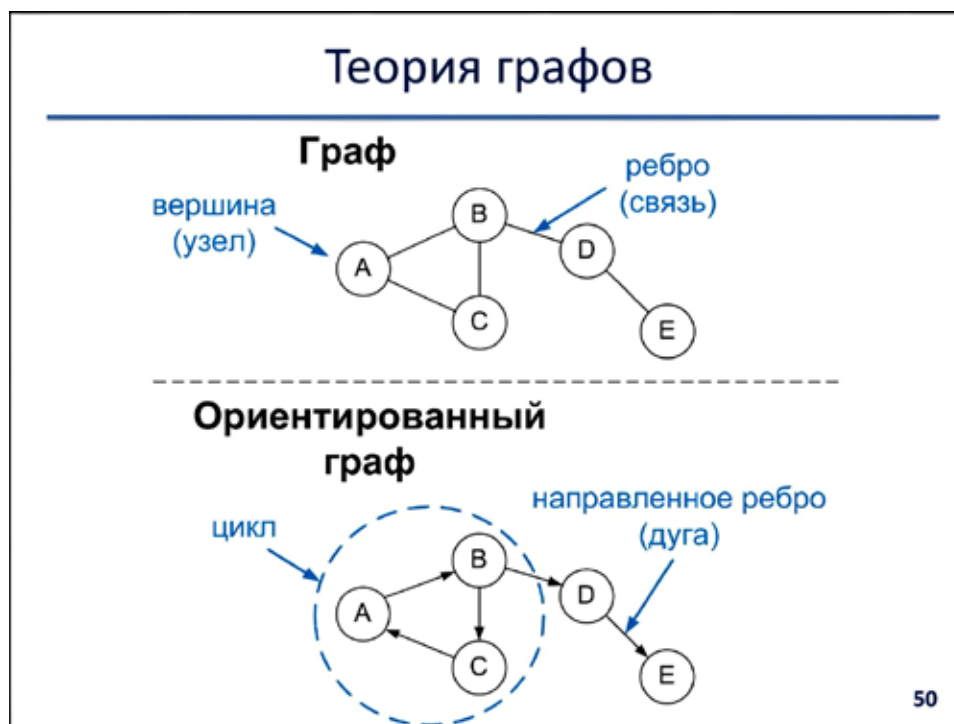


Рисунок 2. Структура графов<sup>1</sup>

1 Источник. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://multiurok.ru/files/matiematika-tieoriia-ghrafov.html?login=ok>

маршрута доставки товаров. Также теория графов может быть использована для принятия решений в условиях неопределенности, например, можно использовать алгоритм Монте-Карло для моделирования случайных событий и определения вероятности определенного исхода.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Метод анализа иерархий (МАИ) представляет собой системный подход к принятию решений, основанный на принципах иерархической декомпозиции и попарного сравнения. Он был разработан Томасом Саати [24], [25], [26], [27] в 1970-х годах и с тех пор стал широко используемым инструментом в таких областях, как экономический анализ, менеджмент, исследование операций и инженерия. Основная идея МАИ заключается в том, чтобы разбить сложную проблему принятия решения на иерархию более мелких, более управляемых подзадач, иерархия обычно представлена в виде древовидной структуры, с главной целью принятия решения наверху и подкритериями и альтернативами на нижних уровнях. Чтобы использовать МАИ, лицо, принимающее решение, сначала определяет проблему принятия решения и строит иерархию, далее для каждого уровня иерархии лицо, принимающее решение, выполняет попарные сравнения между элементами, чтобы определить их относительную важность или предпочтение: обычно это делается по шкале от 1 до 9, где 1 означает равную важность, а 9 – чрезвычайную важность.

Процесс МАИ можно представить следующим алгоритмом:

1. Определение проблемы, требующей принятия решения и определение критериев, которые будут использоваться для оценки альтернативных вариантов решений.

2. Разработка иерархии проблемы принятия решения, путём разбивки ее на более мелкие, более «понятные» части, иерархия должна состоять из цели, критериев и альтернативных вариантов.

3. Проведение попарных сравнений между критериями и альтернативными вариантами для определения их относительной важности, это делается путем сравнения каждого критерия или альтернативы с любым другим критерием или альтернативой и присвоения оценки на основе их относительной важности.

4. Вычисление веса критериев и альтернативных вариантов на основе попарных сравнений, веса рассчитываются с использованием математической формулы, которая учитывает баллы, присвоенные в ходе попарных сравнений.

5. Оценка альтернативных вариантов на основе критериев и их весовых коэффициентов, это предполагает умножение оценки каждого альтернативного решения по каждому критерию на вес этого критерия и суммирование результатов.

6. Принятие решения, основанного на оценке альтернативных вариантов. Альтернативный вариант решения, который набрал наибольшее количество баллов, обычно является лучшим выбором.

Шкала интенсивности от 1 до 9 является ключевым элементом метода анализа иерархий, данная шкала используется для оценки относительной важности критериев и альтернативных вариантов решений в принятии решений.

В методе анализа иерархий используется шкала интенсивности от 1 до 9 для оценки относительной важности критериев и альтернатив в принятии решений. Значения на шкале от 1 до 9 имеют следующее значение:

1 – равная важность двух элементов

3 – легкое превосходство одного элемента над другим

5 – существенное превосходство одного элемента над другим

7 – очень сильное превосходство одного элемента над другим

9 – абсолютное превосходство одного элемента над другим

Значения между 1 и 3, 3 и 5, 5 и 7, 7 и 9 используются для определения относительной важности элементов. Например, если оценивается два критерия – цену и качество, то можно дать цене оценку 3, а качеству – оценку 7. Это означает, что качество важнее, чем цена, в соотношении 7 к 3. Шкала интенсивности от 1 до 9 позволяет учитывать не только важность каждого критерия и альтернативы, но и их взаимосвязь. Она также позволяет проводить сравнения между различными критериями и альтернативами, которые могут иметь различные единицы измерения. Оценки на шкале от 1 до 9 могут быть субъективными, поэтому важно, чтобы они были сделаны на основе общего согласия и экспертных знаний, кроме того, важно проводить сравнения попарно, чтобы избежать несогласованности в оценках. Крайне важно проводить сравнения попарно, чтобы избежать несогласованности в оценках, сравнение элементов а и b в основном проводится по следующим критериям:

— какой из них важнее или имеет большее воздействие;

— какой из них более вероятен.

Таблица 2

Оценка приоритетов

	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$
1	1	$W_1/W_2$	...	$W_1/W_n$
2	$W_2/W_1$	1	...	...
...	...	...	...	...
$n$	$W_n/W_1$	...	...	1

Источник: составлено автором

$$X_1 = (1 * (W_1/W_2) * (W_1/W_n))^{1/n} \quad (1)$$

$$X_n = ((W_n/W_1) * (W_n/W_{n-1}) * 1)^{1/n} \quad (2)$$

$$WEIGHT(X_1) = X_1 / \sum X_i \quad (3)$$

$$WEIGHT(X_n) = X_n / \sum X_i \quad (4)$$

Шкала интенсивности от 1 до 9 является важным инструментом в методе анализа иерархий, который помогает принимать сложные решения, учитывая множество критериев и альтернатив. Она позволяет учитывать не только важность каждого критерия и альтернативы, но и их взаимосвязь и различные единицы измерения. Шкала интенсивности от 1 до 9 также позволяет проводить анализ чувствительности, чтобы определить, как изменение оценок на шкале может повлиять на итоговое решение, используя предыдущий пример: если мы изменим оценку качества с 7 до 8, то это может привести к изменению итогового решения. Шкала интенсивности от 1 до 9 также может быть использована для определения приоритетов в различных областях, таких как бизнес, инженерия, экология и другие. Например, в бизнесе она может быть использована для определения наиболее важных критериев при выборе поставщиков или при принятии решений о распределении ресурсов.

Представим алгоритм попарных сравнений, пусть:

$X_1...X_n$  – множество из  $n$  элементов;

$W_1...W_n$  – соотношение элементов.

На основании данных предположений построим матрицу сравнения элементов в таблице 1:

Таблица 1

Таблица попарных сравнений

	$X_1$	...	$X_n$
$X_1$	1	...	$W_1/W_n$
...	...	1	...
$X_n$	$W_n/W_1$	...	1

Источник: составлено автором

Как только попарные сравнения завершены, с помощью МАИ вычисляем относительные веса каждого критерия и подкритерия, а затем используем эти веса для оценки альтернатив формула 1 и формула 2. Альтернативы оцениваются на основе того, насколько хорошо они удовлетворяют каждому критерию и подкритерию, и МАИ вычисляет балл для каждой альтернативы на основе этих оценок формула 3 и формула 4.

После построения таблицы попарных сравнений, производим нормированную оценку приоритетов по таблице 2:

Процесс МАИ может быть выполнен вручную или с помощью программного обеспечения, представим пример кода на языке Python для реализации метода анализа иерархий программными средствами:

```
import numpy as np
def ahp(criterion_matrix, alternative_matrix):
    # Step 1: Normalize the criterion matrix
    criterion_sum = np.sum(criterion_matrix, axis=0)
    normalized_criterion_matrix = criterion_matrix / criterion_sum

    # Step 2: Calculate the weighted sum of the alternative matrix
    weighted_alternative_matrix = np.dot(alternative_matrix, normalized_criterion_matrix)

    # Step 3: Calculate the consistency ratio
    eigenvalues, eigenvectors = np.linalg.eig(criterion_matrix)
    max_eigenvalue = np.max(eigenvalues)
    consistency_index = (max_eigenvalue - len(criterion_matrix)) / (len(criterion_matrix) - 1)
    random_index = {1: 0, 2: 0, 3: 0.58, 4: 0.9, 5: 1.12, 6: 1.24, 7: 1.32, 8: 1.41, 9: 1.45, 10: 1.49}
    random_consistency_index = random_index[ len(criterion_matrix) ]
    consistency_ratio = consistency_index / random_consistency_index
```



```
# Step 4: Return the results
```

```
return weighted_alternative_matrix,  
consistency_ratio
```

Этот программный код реализует основные шаги метода анализа иерархий: нормализацию матрицы критериев, вычисление взвешенной суммы матрицы альтернатив, расчет соотношения согласованности. Входными параметрами являются матрица критериев и матрица альтернатив, а результатом является взвешенная матрица альтернатив и соотношение согласованности. В общем виде он состоит из следующих четырех шагов:

1. Нормализация матрицы критериев на этом шаге мы вычисляем сумму каждого столбца матрицы критериев и делим каждый элемент матрицы на соответствующую сумму, что позволяет привести все критерии к одному масштабу и сравнить их между собой.

2. Вычисление взвешенной суммы матрицы альтернатив, на этом шаге мы умножаем матрицу альтернатив на нормализованную матрицу критериев, чтобы получить взвешенную матрицу альтернатив, что позволяет оценить каждую альтернативу на основе ее соответствия каждому критерию.

3. Расчет соотношения согласованности на этом шаге мы вычисляем соотношение согласованности критериев, чтобы оценить, насколько правильно мы провели сравнение критериев. Для этого мы вычисляем максимальное собственное значение матрицы критериев, затем вычисляем индекс согласованности и сравниваем его с случайным индексом согласованности, если соотношение согласованности меньше 0,1, то сравнение критериев считается достаточно согласованным.

4. Возврат результатов на этом шаге мы возвращаем взвешенную матрицу альтернатив и соотношение согласованности в качестве результатов метода.

Этот код можно использовать для решения различных задач, таких как выбор поставщика, управление проектами, разработка продуктов и оценка экологического воздействия. Однако, как и при использовании любого метода, важно учитывать его ограничения и контекст, в котором он используется.

## ОБСУЖДЕНИЕ

МАИ представляет собой гибкую методологию, которая может быть применена к широкому спектру проблем принятия решений, включая деловые, инженерные, экологические и социальные вопросы. Это особенно полезно, когда необходимо рассмотреть множество критериев и альтернатив,

а также когда решение предполагает компромисс между различными критериями, тем не менее необходимо отметить ряд недостатков присущих МАИ как методу принятия решений:

- Субъективность МАИ, так как сам процесс анализа иерархий полагается на субъективные суждения и попарные сравнения, на которые, в свою очередь, могут влиять личные предубеждения и предпочтения, что может привести к несогласованностям и неточностям в процессе принятия решений.

- Сложность применения МАИ выражается в сложной методологии построения иерархии, особенно когда необходимо рассмотреть множество критериев и альтернатив, в большинстве случаев это затрудняет процесс оценки, а также увеличивает риск ошибок.

- Трудоемкость МАИ, особенно, когда необходимо провести множество попарных сравнений, что делает МАИ непрактичным в некоторых ситуациях принятия решений, особенно в тех, которые требуют быстрых решений.

- Ограниченная применимость МАИ, так как метод лучше всего подходит для задач принятия решений, которые включают множество критериев и альтернатив, что может быть не столь эффективно для задач, имеющих небольшое число критериев или альтернатив, или для задач, которые являются очень сложными и неопределенными в смысле .

- Отсутствие прозрачности процесса анализа, что затрудняет объяснение заинтересованным сторонам, которые не знакомы с самой методологией, в свою очередь, это может затруднить получение согласия и поддержки со стороны других лиц, не участвующих в процессе анализа в принятии того или иного варианта.

В целом, хотя МАИ является полезным методом принятия решений, важно учитывать его ограничения и потенциальные недостатки, совершенствуя процесс анализа практическим опытом, прежде чем полноценно использовать его на практике.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, метод МАИ, это мощный инструмент принятия решений, который может помочь исследовать сложные решения, разбивая их на более мелкие, более управляемые части. Используя попарные сравнения и весовые коэффициенты, процесс МАИ обеспечивает структурированный и систематический подход к принятию решений, который может помочь уменьшить предвзятость и повысить качество принимаемых

решений. Чтобы снизить субъективность решений важно понимать, что в процессе требуется тщательное рассмотрение и учёт вклада всех заинтересованных сторон, вовлеченных в процесс принятия решений. Также важно осознавать потенциальные субъективные оценки, которые могут повлиять на попарные сравнения, такие как личные предпочтения или групповое мышление. Одним

из ключевых преимуществ МАИ является то, что он обеспечивает структурированный и систематический подход к принятию решений, который может помочь управленцам и заинтересованным лицам принимать сложные решения, что также обеспечивает прозрачное и количественно обоснованное решение, которое может быть полезно при доведении решения третьих лиц.

## Список литературы

1. Орлов А.И. Теория принятия решений: учебник / А.И. Орлов. Москва: Издательство "Экзамен", 2006. 573 с. ISBN 5-472-01393-3. EDN QRGWFN.
2. Сорина Г.В. Основы принятия решений / Г.В. Сорина. – Москва: Издательство "Экономист", 2004. 188 с. ISBN 5-98118-058-7. EDN WBQSVL.
3. Антонова А.С. Многокритериальное принятие решений в условиях риска на основе интеграции мультиагентного, имитационного, эволюционного моделирования и численных методов / А.С. Антонова, К.А. Аксенов // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-2 (23). С. 99. EDN PVJDHJ.
4. Дегтярева Н.А. Принятие эффективных управленческих решений на основе эконометрического прогнозирования / Н.А. Дегтярева, Н.А. Берг // Вестник Челябинского государственного университета. 2018. № 7 (417). С. 176-183. DOI 10.24411/1994-2796-2018-10721. EDN XZLBBZ.
5. Гришина Т.Г. Вероятностное обоснование и принятие решений при управлении автоматизированным производством / Т.Г. Гришина // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 1. С. 48-52. EDN OOGPCD.
6. Edwards W. Behavioral decision theory // Annual review of psychology. 1961. Т. 12. № 1. С. 473-498.
7. Pratt J.W. et al. Introduction to statistical decision theory. MIT press, 1995.
8. Kaplan J. Decision theory and the factfinding process // Stan L. Rev. 1967. Т. 20. С. 1065.
9. Berger J. Statistical decision theory: foundations, concepts, and methods. – Springer Science & Business Media, 2013.
10. Blume L., Easley D., Halpern J.Y. Constructive decision theory // Journal of Economic Theory. 2021. Т. 196. С. 105306.
11. Блягоз З.У. Принятие решений в условиях риска и неопределенности / З.У. Блягоз, А.Ю. Попова // Вестник Адыгейского государственного университета. 2006. № 4. С. 164-168. EDN KAOVEZ.
12. Принятие технических решений в условиях неопределенности при наличии риска / В.В. Дерюшев, Е.Е. Косенко, В.В. Косенко, М. М. Зайцева // Безопасность техногенных и природных систем. 2019. № 2. С. 56-61. DOI 10.23947/2541-9129-2019-2-56-61. EDN SUGQZR.
13. Matecka M. The normative decision theory in economics: A philosophy of science perspective. The case of the expected utility theory // Journal of Economic Methodology. 2020. Т. 27. № 1. С. 36-50. DOI 10.1080/1350178X.2019.1640891.
14. Sozzo S. Explaining versus describing human decisions: Hilbert space structures in decision theory // Soft Computing. 2020. Т. 24. № 14. С. 10219-10229. - DOI 10.1007/s00500-019-04140-x.
15. Принятие решений по статистическим моделям в управлении качеством продукции / Г.М. Журавлев, А.Е. Гвоздев, С.В. Сапожников [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. № 5 (74). С. 78-92. DOI 10.21869/2223-1560-2017-21-5-78-92. EDN YMOZXF.
16. Левин В.И. Логико-математические методы и их применения / В.И. Левин // Системы управления, связи и безопасности. 2018 № 2. С. 213-244. EDN XQDBYL.
17. Аликаев Р.С. "Схемы действия" как маркер дискурсивности научного текста: формальная логика vs. герменевтика / Р.С. Аликаев, С.Н. Бредихин // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 2: Языкознание. 2015. № 2 (26). С. 121-127. DOI 10.15688/jvolsu2.2015.2.17. EDN UGJCWP.
18. Чагров А.В. Формальная пропозициональная логика А. Виссера и ее расширения / А.В. Чагров // Логические исследования: ежегодник. 2003. № 10. С. 204-211. EDN SEDSGF.
19. Дорфман Я. Формальная логика как знаковая система / Я. Дорфман, В.М. Сергеев // Метод. 2014. № 4. С. 44-61. EDN TVHMIR.
20. Карпович В.Н. Формальная логика, риторика и рациональная аргументация / В.Н. Карпович // Сибирский философский журнал. 2019. Т. 17. № 1. С. 5-16. DOI 10.25205/2541-7517-2019-17-1-5-16. EDN WWLIQM.
21. Горюнов Е.В. Матрично-векторный метод оценки эффективности инвестиционных решений / Е.В. Горюнов // Экономический анализ: теория и практика. 2015. № 30 (429). С. 34-42. EDN UDZDWV.
22. Птускин А.С. Многокритериальная модель определения наилучшей доступной технологии при нечетких исходных данных / А.С. Птускин, Е.Левнер, Ю.М. Жукова // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2016. № 6 (111). С. 105-127. EDN UYYOXB.
23. Карелин В.П. Модели и методы теории графов в системах поддержки принятия решений / В.П. Карелин // Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2014. № 2 (20). С. 69-73. EDN UCGQRX.
24. Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures // Journal of mathematical psychology. 1977. Т. 15. № 3. С. 234-281.
25. Saaty T.L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process // Management science. 1986. Т. 32. № 7. С. 841-855. DOI 10.1287/mnsc.32.7.841.
26. Saaty T.L. How to make a decision: the analytic hierarchy process // Interfaces. 1994. Т. 24. № 6. С. 19-43.
27. Saaty T.L., Vargas L.G. Decision Making in Economic, Social and Technological Environments. 2006..

## References

1. Orlov A.I. The theory of decision-making: textbook / A.I. Orlov. Moscow: Publishing House "Exam", 2006. 573 p. ISBN 5-472-01393-3. EDN QRGWFN.
2. Sorina G.V. Fundamentals of decision-making / G.V. Sorina. Moscow: Publishing house "Economist", 2004. 188 p. ISBN 5-98118-058-7. EDN WBQSVL.

3. Antonova A. S. Multicriteria decision-making in risk conditions based on the integration of multi-agent, simulation, evolutionary modeling and numerical methods / A.S. Antonova, K.A. Aksenov // *Engineering Bulletin of the Don*. 2012. № 4-2 (23). P. 99. EDN PVJDHJ.
4. Degtyareva N.A. Making effective management decisions based on econometric forecasting / N.A. Degtyareva, N.A. Berg // *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2018. № 7 (417). P. 176-183. DOI 10.24411/1994-2796-2018-10721. EDN XZLBBZ.
5. Grishina T.G. Probabilistic justification and decision-making in the management of automated production / T.G. Grishina // *Mechatronics, automation, control*. 2012. № 1. P. 48-52. EDN OOGPCD.
6. Edwards W. Behavioral decision theory // *Annual review of psychology*. 1961. T. 12. № 1. P. 473-498.
7. Pratt J.W. et al. Introduction to statistical decision theory. MIT press, 1995.
8. Kaplan J. Decision theory and the factfinding process // *Stan L. Rev*. 1967. T. 20. P. 1065.
9. Berger J. Statistical decision theory: foundations, concepts, and methods. – Springer Science & Business Media, 2013.
10. Blume L., Easley D., Halpern J.Y. Constructive decision theory // *Journal of Economic Theory*. 2021. T. 196. P. 105306.
11. Blyagoz Z.U. Decision-making in conditions of risk and uncertainty / Z.U. Blyagoz, A.Y. Popova // *Bulletin of the Adygea State University*. 2006. – № 4. P. 164-168. EDN KAOVEZ.
12. Making technical decisions in conditions of uncertainty in the presence of risk / V.V. Deryushev, E.E. Kosenko, V.V. Kosenko, M.M. Zaitseva // *Safety of technogenic and natural systems*. 2019. № 2. P. 56-61. DOI 10.23947/2541-9129-2019-2-56-61. EDN SUGQZR.
13. Matecka M. The normative decision theory in economics: A philosophy of science perspective. The case of the expected utility theory // *Journal of Economic Methodology*. 2020. T. 27. № 1. P. 36-50. DOI 10.1080/1350178X.2019.1640891.
14. Sozzo S. Explaining versus describing human decisions: Hilbert space structures in decision theory // *Soft Computing*. 2020. T. 24. № 14. P. 10219-10229. - DOI 10.1007/s00500-019-04140-x.
15. Decision-making on statistical models in product quality management / G.M. Zhuravlev, A.E. Gvozdev, S.V. Sapozhnikov [et al.] // *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017. № 5 (74). P. 78-92. DOI 10.21869/2223-1560-2017-21-5-78-92. EDN YMOZXF.
16. Levin V.I. Logico-mathematical methods and their applications / V.I. Levin // *Control systems, communications and security*. 2018. № 2. P. 213-244. EDN XQDBYL.
17. Alikeev R.S. "Action schemes" as a marker of the discursivity of a scientific text: formal logic vs. Hermeneutics / R.S. Alikeev, S.N. Bredikhin // *Bulletin of Volgograd State University. Series 2: Linguistics*. 2015. № 2 (26). P. 121-127. DOI 10.15688/jvolsu2.2015.2.17. EDN UGJCWP.
18. Chagrov A.V. A. Visser's formal propositional logic and its extensions / A.V. Chagrov // *Logical Research: Yearbook*. 2003. № 10. P. 204-211. EDN SEDSGF.
19. Dorfman Ya. Formal logic as a sign system / Ya. Dorfman, V.M. Sergeev // *Method*. 2014. № 4. P. 44-61. EDN TBHMIR.
20. Karpovich V.N. Formal logic, rhetoric and rational argumentation / V.N. Karpovich // *Siberian Philosophical Journal*. 2019. Vol. 17. № 1. P. 5-16. DOI 10.25205/2541-7517-2019-17-1-5-16. EDN WWLIQM.
21. Goryunov E.V. Matrix-vector method for evaluating the effectiveness of investment decisions / E.V. Goryunov // *Economic analysis: theory and practice*. 2015. № 30 (429). P. 34-42. EDN UDZDWV.
22. Ptuskin A.S. Multicriteria model for determining the best available technology with fuzzy source data / A.S. Ptuskin, E. Levner, Yu.M. Zhukova // *Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Mechanical Engineering series*. 2016. № 6 (111). P. 105-127. EDN UYYOXB.
23. Karelin V.P. Models and methods of graph theory in decision support systems / V.P. Karelin // *Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics*. 2014. № 2 (20). P. 69-73. EDN UCGQRX.
24. Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures // *Journal of mathematical psychology*. 1977. T. 15. № 3. P. 234-281.
25. Saaty T.L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process // *Management science*. 1986. T. 32. № 7. P. 841-855. DOI 10.1287/mnsc.32.7.841.
26. Saaty T.L. How to make a decision: the analytic hierarchy process // *Interfaces*. 1994. T. 24. № 6. P. 19-43.
27. Saaty T.L., Vargas L.G. Decision Making in Economic, Social and Technological Environments. 2006.-340. DOI 10.1080/09538259.2015.1067367.

## Информация об авторах

Семенихина Н.Б., кандидат экономических наук, доцент кафедры учета, анализа и аудита Казанского федерального университета. Почта для связи с автором: nt.sem@mail.ru

## Information about the authors

Semenikhina N.B., PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit of Kazan Federal University. Corresponding author: nt.sem@mail.ru

## Информация о статье

Дата получения статьи: 03.03.2023  
Дата принятия к публикации: 11.04.2023

## Article Info

Received for publication: 03.03.2023  
Accepted for publication: 11.04.2023

© Семенихина Н.Б., 2023.

© Semenikhina N.B., 2023.