

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 17.12.2021 13:17:01
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»

Кафедра управления качеством, метрологии и сертификации



ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ И АНАЛИТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Методические указания по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Методы оптимизации и принятия решений»
для обучающихся по направлению подготовки магистров
221400.68 «Управление качеством»

УДК 007.5

Составитель: А.Г. Ивахненко

Рецензент

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Нанотехнологии и инженерная физика» А.П. Кузьменко

Принятие решений с помощью методов анализа иерархий и аналитических сетей: методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Методы оптимизации и принятия решений» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.Г. Ивахненко. Курск, 2013. 41 с. Библиогр.: с. 41.

Излагаются краткие теоретические сведения о методах поддержки принятия решений: методе анализ иерархий и методе аналитических сетей. Приводятся цель, задачи, обоснование выбора темы, методические указания по выполнению разделов курсовой работы, а также организационные вопросы ее выполнения и защиты.

Методические указания соответствуют учебному плану подготовки магистров по направлению 221400.68 «Управление качеством», утвержденному Ученым советом университета 27 мая 2011 г., а также рабочей программе дисциплины «Методы оптимизации и принятия решений».

Предназначены для обучающихся по направлению магистерской программы 221400.68 «Управление качеством» очной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. . Уч. - изд. л. . Тираж 20 экз. Заказ .
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание

1. Цель и задачи курсовой работы.....	стр. 4
2. Выбор темы курсовой работы.....	стр. 4
3. Объем, содержание и общие требования к оформлению курсовой работы.....	стр. 5
4. Методические указания по выполнению разделов курсовой работы.....	стр. 6
5. Организационные вопросы выполнения курсовой работы. Защита курсовой работы.....	стр. 39
Список литературы.....	стр. 41

1. Цель и задачи курсовой работы

Цель курсовой работы – приобретение обучающимися навыков в применении знаний по дисциплине «Методы оптимизации и принятия решений» и других специальных и общетехнических дисциплин путем самостоятельного решения конкретных технологических задач по принятию решений.

Компетенции, формируемые в результате выполнения курсовой работы: ПК-5, ПК-7, ПК-10, ПК-12.

В задачи курсовой работы входят:

- изучение различных методов принятия решений;
- приобретение практических навыков в теории принятия решений с помощью методов анализа иерархий и аналитических сетей;
- усвоение методов принятия решений;
- закрепление знаний по дисциплине «Методы оптимизации и принятия решений», а также по другим специальным и общетехническим дисциплинам;
- закрепление навыков в оформлении пояснительной записки курсовой работы согласно ГОСТ, подборе научной и справочной литературы.

2. Выбор темы курсовой работы

Выбор темы курсовой работы осуществляется обучающимся, исходя из анализа предметной области и обоснования актуальности выбранной проблемы. Предметной областью поднятой проблемы может являться любая из следующих отраслей: промышленность, экономика, сельское хозяйство, образование, здравоохранение. Также возможен выбор любой проблемы науки. Источниками информации для выбора и обоснования проблемы могут являться периодические журналы, Интернет-ресурсы, средства массовой информации, личный опыт обучающихся.

Поднятая проблема должна иметь несколько альтернативных вариантов ее решения.

Тема курсовой работы должна быть согласована с руководителем курсовой работы.

3. Объем, содержание и общие требования к оформлению курсовой работы

Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки объемом 40...50 страниц в соответствии с требованиями СТУ 04.02.030-2008 [1].

Пояснительная записка содержит следующую структуру:

Титульный лист

Задание

Реферат

Содержание

Введение

1. Принятие решений с помощью метода анализа иерархий

1.1 Структурирование проблемы

1.2 Относительные измерения

1.2.1 Парные сравнения факторов относительно цели

1.2.2 Парные сравнения альтернатив

1.2.3 Синтез обобщенных приоритетов

1.3 Абсолютные измерения

2. Анализ выгод и издержек

2.1 Анализ достоинств и недостатков

2.2. Исследование устойчивости решений

3. Построение суперматрицы

4. Применение метода аналитических сетей в принятии решений. Синтез мультипликативного и аддитивного методов

Заключение

Список использованных источников

Приложения

Графическая часть в данной курсовой работе не предусмотрена, но может быть включена в состав пояснительной записки по желанию обучающегося в качестве дополнения.

4. Методические указания по выполнению разделов курсовой работы

Титульный лист, Задание, Реферат и Содержание должны быть оформлены в соответствии с СТУ 04.02.030-2008.

Введение должно содержать:

- *Актуальность темы*, в которой кратко излагается современное состояние рассматриваемой проблемы, необходимость ее изучения и исследования.

- *Объект исследования* – предприятие, организация, область и т.д., данные которой исследуются в работе.

- *Предмет исследования* – проблема (круг вопросов), которая исследуется в работе.

- *Цель работы* – изучение, анализ состояния и принятие решения по предмету исследования.

- *Задачи*, вытекающие из цели работы, являющиеся этапами ее достижения (число задач – 3-5).

- *Используемые теоретические и законодательно-нормативные источники*. Кратко указываются фамилии авторов, внесших наиболее ощутимый вклад в разработку проблемы, основные законы и нормативные акты, которые упоминаются в работе.

- *Область применения результатов работы*. Кратко характеризуется круг объектов, влияние результатов работы на исследуемую проблему.

Изложенные требования к введению затрагивают различные аспекты курсовой работы, которые решаются на различных стадиях, поэтому введение, как правило, пишется после завершения всей курсовой работы.

Общий объем введения должен составлять 2 – 3 стр.

1. Принятие решений с помощью метода анализа иерархий

Существует два известных способа анализа причин и следствий: первый основан на применении традиционной дедуктивной логики, где вывод результата осуществляется на

основе предположений (последовательный линейный подход, позволяющий получить множество отдельных заключений, после чего возникает проблема их непротиворечивого обобщения), второй – холистический подход, в котором все рассматриваемые факторы и критерии объединяются в иерархию или в сетевую структуру, допускающую наличие зависимостей между элементами. Все возможные результаты, которые можно вообразить, соединяются в таких структурах, а затем используются суждения и логика для оценки степеней относительного влияния элементов, на основе которых выводится обобщенный результат. Этот подход требует хорошего знания предметной области, так как может оказаться так, что некоторый фактор с невысокой степенью влияния, определенной логическим путем, будет обладать существенным кумулятивным влиянием из-за его косвенных взаимодействий с другими важными факторами [2].

Этот подход, как правило, приводит к результатам, которые хорошо согласуются с действительностью.

Именно многокритериальная логика является тем инструментом, который позволяет рассмотреть проблему в целом (холистическим способом). Это — полезный и незаменимый инструмент анализа влияний в сложных системах.

Метод анализа иерархий (МАИ) и метод аналитических сетей (МАС), являющийся обобщением МАИ, позволяют применять объективные математические методы для обработки неизбежно субъективных предпочтений индивидуумов или групп в задачах принятия решений. Методология МАИ/МАС заключается в построении иерархии или сети с обратными связями с последующим формированием суждений на основе парных сравнений элементов по общим для них критериям или свойствам, в результате чего получают шкалы отношений, из которых затем синтезируется обобщенная по всей структуре шкала для выбора лучшей альтернативы.

Традиционно МАИ/МАС используются для задач ранжирования или выбора лучших альтернатив путем вычисления приоритетов альтернатив и критериев. Кроме того, в задачах принятия решений могут встречаться неосязаемые критерии, для которых отсутствуют шкалы измерений. Измерения в различных

шкалах нельзя просто объединить или сложить. Поэтому в МАИ сначала вычисляются приоритеты критериев в терминах важности, которая характеризует их вклад в главную цель, затем приоритеты альтернатив, показывающие степень соответствия альтернатив требованиям критериев. Эти приоритеты получаются из матриц парных сравнений, заполненных суждениями или отношениями реальных измерений, если таковые имеются. Процесс упорядочивания объектов в соответствии с приоритетами позволяет решить проблему, связанную с применением различных типов шкал, путем определения значимости объектов в системе ценностей лица, принимающего решения (ЛПР).

Завершающей стадией МАИ является синтез обобщенных (глобальных) приоритетов альтернатив, характеризующих их вклад в главную цель, расположенную на вершине иерархии. Синтез включает операции умножения и сложения, которые можно применять не только к приоритетам, но и к реальным измерениям свойств альтернатив, если они принадлежат одной шкале. Таким образом, МАИ предоставляет возможность свести проблему многомерного шкалирования к одномерной задаче.

МАИ является общей теорией измерения. Он применяется для вывода шкал отношений как из дискретных, так и из непрерывных парных сравнений в многоуровневых иерархических структурах. Сравнения можно провести на основе реальных измерений или с помощью фундаментальной шкалы, которая отражает относительную силу предпочтений и ощущений. МАИ имеет специфические аспекты, связанные с отклонением суждений от согласованности и с измерением этого отклонения, а также с зависимостью внутри групп (уровней) и между группами элементов иерархической структуры. Этот метод нашел широкое применение в задачах многокритериального принятия решений, стратегического планирования и распределения ресурсов [3], а также в задачах разрешения конфликтов [3, 4]. Кроме того, он весьма успешно применялся для прогнозирования [5]. В общем случае МАИ предназначен для анализа нелинейных структур, которые применяются для выполнения как дедуктивного, так и индуктивного вывода, а также для одновременного рассмотрения множества факторов с учетом зависимостей и обратных связей

между ними и для нахождения компромисса в процессе вывода заключения.

Многие проблемы принятия решений включают как физические, так и психологические признаки. Под физическими мы подразумеваем те признаки, которые стало модно называть осязаемыми, поскольку они представляют определенный тип объективной реальности, существующей независимо от индивидуума, проводящего измерение. Напротив, психологические признаки, называемые неосязаемыми, представляют собой субъективные идеи, чувства и убеждения индивидуумов или общества в целом. Возникает вопрос: существует ли последовательная теория, которая способна учесть обе эти стороны реального мира? МАИ — это метод, который может использоваться для того, чтобы определить соответствующие измерения как в физическом мире, так и в социальной сфере.

Применяя МАИ для моделирования проблем, необходимо построить иерархическую или сетевую структуру для представления конкретной задачи, затем, попарно сравнивая элементы этой структуры, получить матрицы доминирования, а в непрерывном случае — ядра операторов Фредгольма, из которых выводятся шкалы отношений путем вычисления главных собственных векторов или собственных функций [6]. Эти матрицы, или ядра, являются положительными и обратно симметричными, т.е. $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

1.1 Структурирование проблемы

В данном разделе обучающийся должен описать выдвигаемую проблему, ее влияние на предмет исследования, а также построить иерархическую модель проблемы с тремя уровнями иерархии.

Для выбранной проблемы должны быть разработаны и описаны критерии (факторы) (не менее 8-ми) и определены возможные альтернативы принятия решения (не менее 3-х).

Пример. Проблема «Покупка дома».

Описание проблемы. Семья со средними доходами хочет купить дом. Члены семьи определили восемь важных для них факторов, или критериев выбора лучшего дома. Семейство

предпочитает установить относительную важность всех факторов. Проблема заключается в выборе одного дома из трех имеющихся альтернатив.

Применяя МАИ, на первом шаге структурируем проблему в виде иерархии (рис. 4.1). На первом уровне иерархии расположена главная цель — Выбор лучшего дома. На втором уровне находятся восемь факторов или критериев, каждый из которых вносит определенный вклад в цель, и на третьем уровне – три дома-кандидата, которые оцениваются в терминах критериев, расположенных на втором уровне.

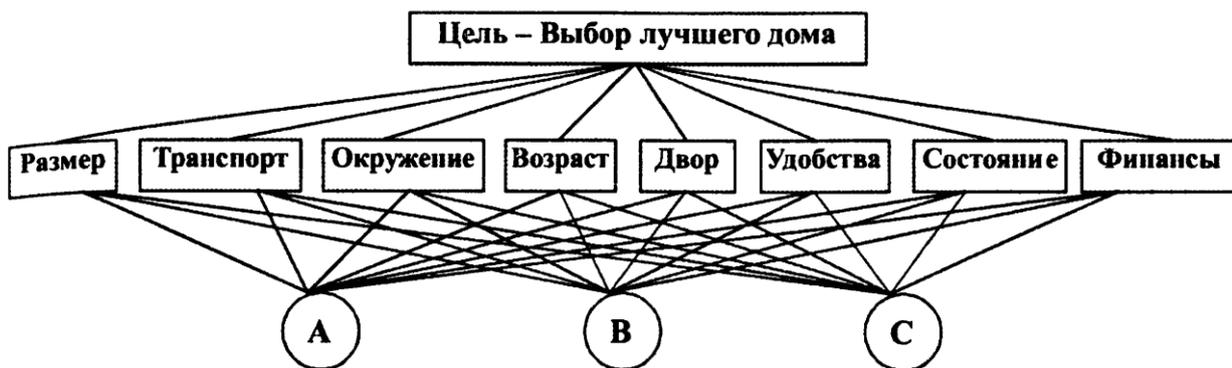


Рис. 4.1 – Иерархия задачи о покупке дома

Для конкретной семьи важны следующие факторы:

1. РАЗМЕР (Р) – размер дома: число и размер комнат, площадь подсобных помещений, общая площадь дома.
2. ТРАНСПОРТ (Т) – транспортное сообщение: удобство и близость метро и автобуса.
3. ОКРУЖЕНИЕ (О) – ближайшие окрестности дома: интенсивность движения транспорта, безопасность, вид местности, налоги, состояние окружающих зданий.
4. ВОЗРАСТ (В) – возраст дома: как давно он построен.
5. ДВОР (Д) – пространство двора со всех сторон дома, а также пространство, разделяемое с соседями.
6. УДОБСТВА (У) – современные средства обслуживания: посудомоечные машины, мусоропроводы, кондиционирование воздуха, системы сигнализации и т. д.
7. СОСТОЯНИЕ (С) – общее состояние дома: необходимость ремонта, состояние стен, пола, проводки, обоев, чистота.
8. ФИНАНСЫ (Ф) – финансовые условия: цена, предполагаемая ликвидность, условия оплаты, возможности кредитования.

1.2 Относительные измерения

1.2.1 Парные сравнения факторов относительно цели

Второй шаг применения МАИ при принятии решения заключается в выполнении парных сравнений факторов относительно цели.

Элементы второго уровня иерархии записываются в матрицу, которая заполняется суждениями людей, покупающих дом, об относительной важности элементов в свете главной цели.

При сравнении двух критериев следует задавать вопросы следующего характера: какой из двух сравниваемых критериев или факторов является более важным для семьи, покупающей дом, и насколько он важнее с точки зрения цели, отражающей меру удовлетворения домом?

Матрица парных сравнений факторов, сформированная покупателями дома, и вычисленные для нее приоритеты приведены в табл. 4.1. Элементами матрицы являются суждения, отражающие предпочтения покупателей дома: оценивается предпочтительность фактора, указанного в строке, по сравнению с фактором, который приведен в столбце. При этом для измерения степени предпочтения используются суждения из фундаментальной шкалы (табл.4.2).

Если указанный в строке фактор не является доминирующим по предпочтению, используется обратное значение. Например, значение 5 в первой строке и втором столбце соответствует суждению о том, что размер дома является более важным фактором, чем транспортное сообщение.

Таблица 4.1 – Матрица парных сравнений факторов относительно цели

Фактор	Р	Т	О	В	Д	У	С	Ф	Вектор приоритетов
Р	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	0,184
Т	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	0,062
О	1/3	3	1	6	3	4	1/2	1/5	0,105
В	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0,017
Д	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	0,031
У	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	0,038
С	3	5	2	7	5	5	1	1/2	0,222
Ф	4	7	5	8	6	6	2	1	0,341

Таблица 4.2 – Фундаментальная шкала

Степень предпочтения	Определение	Комментарии
1	Равная предпочтительность	Две альтернативы одинаково предпочтительны с точки зрения цели
2	Слабая степень предпочтения	Промежуточная градация между равным и средним предпочтением
3	Средняя степень предпочтения	Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив немного предпочтительнее другой
4	Предпочтение выше среднего	Промежуточная градация между средним и умеренно сильным предпочтением
5	Умеренно сильное предпочтение	Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив явно предпочтительнее другой
6	Сильное предпочтение	Промежуточная градация между умеренно сильным и очень сильным предпочтением
7	Очень сильное (очевидное) предпочтение	Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив гораздо предпочтительнее другой: доминирование альтернативы подтверждено практикой
8	Очень, очень сильное предпочтение	Промежуточная градация между очень сильным и абсолютным предпочтением
9	Абсолютное предпочтение	Очевидность подавляющей предпочтительности одной альтернативы над другой имеет неоспоримое подтверждение
Обратные значения оценок предпочтения: если x предпочтительнее y в пять раз, т. е. $x = 5y$, тогда $y = x/5$ или $y = 1/5x$		

Обратная величина $1/5$ автоматически записывается на пересечении второй строки и первого столбца.

Приоритеты, выведенные на основе суждений, измеряются в относительной шкале и показывают относительную важность факторов. Вычисление вектора приоритетов показано в табл. 4.3.

В данном случае фактор ФИНАНСЫ имеет наибольший приоритет 0,341.

Таблица 4.3 – Вычисление вектора приоритетов

Фактор	Р	Т	О	В	Д	У	С	Ф	Σ	$P_{абс}$	$\Sigma P_{абс}$	$P_{отн}$ (Вектор приоритетов)
Р	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	28,583	265,739	1442,796	0,184
Т	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	12,876	89,129		0,062
О	1/3	3	1	6	3	4	1/2	1/5	18,033	151,971		0,105
В	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	2,361	24,9004		0,017
Д	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	5,7	44,1075		0,031
У	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	8,117	54,7238		0,038
С	3	5	2	7	5	5	1	1/2	28,5	319,806		0,222
Ф	4	7	5	8	6	6	2	1	39	492,419		0,341
$P_{абс}[i,8]=\sum a[i,j] \cdot \Sigma[i,8]$ ($i=1..8, j=1..8$). Пример: $265,739=1 \cdot 28,583+5 \cdot 12,876+3 \cdot 18,033+ \dots +1/4 \cdot 39$. $P_{отн}=P_{абс}/\Sigma P_{абс}$. Пример: $0,184=265,739/1442,796$.												

В этом разделе должно быть выполнены парные сравнения факторов – построена матрица указанных сравнений.

1.2.2 Парные сравнения альтернатив

Следующий шаг – выполнение парных сравнений вариантов дома, сравнивая их попарно относительно каждого критерия второго уровня иерархии. Так мы получим восемь матриц с размерностью 3x3.

Для лучшего понимания суждений семьи, приведем краткое описание альтернатив.

Дом А: этот дом — самый большой из всех. Он расположен в хорошем районе (окружении) с небольшим движением транспорта и низкими налогами. Площадь двора этого дома больше по сравнению площадью двора домов В и С. Однако общее состояние дома не очень хорошее, поэтому при переезде потребуется косметический ремонт. Кроме того, в данном случае непривлекательны условия финансирования, потому что кредитование осуществляется банком с высокой процентной ставкой.

Дом В: этот дом немного меньше, чем А, и расположен не очень близко к нужному автобусному маршруту. Окружение дома кажется небезопасным из-за интенсивного движения транспорта. Двор довольно маленький, и дом не оснащен современными бытовыми средствами. Однако общее состояние дома очень хорошее. Предполагаемые финансовые условия являются вполне доступными, что означает возможность получения кредита с

невысокой процентной ставкой. В окрестностях имеется несколько таких же домов, как В.

Дом С: Дом С очень маленький и частично оснащен современной бытовой техникой. Район благоустроенный и кажется безопасным, но в нем высокие налоги. Двор больше, чем у дома В, но гораздо меньше, чем у дома А. Общее состояние хорошее, в доме красивые ковровые покрытия и обои. Финансовые условия лучше, чем в случае А, но хуже, чем для альтернативы В.

Матрицы, приведенные в табл.4.4, содержат суждения семьи, покупающей дом (НП – нормированный приоритет, ИП – идеализированный приоритет. ИП вычисляется следующим образом: за единицу ИП принимается наилучший вариант НП, остальные ИП вычисляются пропорционально НП).

Таблица 4.4 – Матрицы парных сравнений альтернатив

Размер дома	А	В	С	НП	ИП
А	1	5	9	0,748	1,000
В	1/5	1	4	0,192	0,256
С	1/9	1/4	1	0,061	0,081

Двор	А	В	С	НП	ИП
А	1	6	4	0,695	1,000
В	1/6	1	1/3	0,089	0,128
С	1/4	3	1	0,216	0,311

Транспорт	А	В	С	НП	ИП
А	1	4	1/5	0,192	0,256
В	1/4	1	1/9	0,061	0,081
С	5	9	1	0,748	1,000

Удобства	А	В	С	НП	ИП
А	1	9	6	0,774	1,000
В	1/9	1	1/3	0,066	0,085
С	1/6	3	1	0,160	0,207

Окружение	А	В	С	НП	ИП
А	1	9	4	0,719	1,000
В	1/9	1	1/4	0,064	0,090
С	1/4	4	1	0,216	0,300

Состояние	А	В	С	НП	ИП
А	1	1/2	1/2	0,200	0,500
В	2	1	1	0,400	1,000
С	2	1	1	0,400	1,000

Возраст	А	В	С	НП	ИП
А	1	1	1	0,333	1,000
В	1	1	1	0,333	1,000
С	1	1	1	0,333	1,000

Финансы	А	В	С	НП	ИП
А	1	1/7	1/5	0,096	0,129
В	7	1	3	0,743	1,000
С	1/6	1/3	1	0,161	0,217

В табл. 4.4 приведены матрицы парных сравнений домов, являющихся альтернативами данного решения, и их локальные приоритеты относительно критериев второго уровня иерархии, показанной на рис. 4.1.

В этом разделе должны быть подробно описаны альтернативы и построены матрицы парных сравнений альтернатив выбранной проблемы.

1.2.3 Синтез обобщенных приоритетов

Следующим шагом является синтез обобщенных приоритетов. Для того чтобы определить глобальные приоритеты альтернатив, мы записываем в матрицу (табл. 4.5) локальные приоритеты рассматриваемых вариантов по каждому критерию. Затем каждый столбец этой матрицы умножается на приоритет соответствующего критерия. Последующее суммирование по строкам дает компоненты вектора глобальных приоритетов альтернативных домов.

Из табл. 4.5 видно, что в случае вычисления приоритетов распределенным способом самым предпочтительным является дом В (0,399); при этом число и качество других альтернатив может оказывать влияние на результат.

Если мы будем выбирать дом, ориентируясь на некий идеальный эталон без учета количества и качества других альтернатив и степени их соответствия этому эталону (идеальный способ), то дом В (0,649) по-прежнему остается самым предпочтительным.

Таблица 4.5 – Распределенный и идеальный синтез глобальных приоритетов альтернатив

Веса критериев	Р (0,184)	Т (0,062)	О (0,105)	В (0,017)	Д (0,031)	У (0,038)	С (0,222)	Ф (0,341)	Глобальные
(Распределенный способ)									
А	0,748	0,192	0,719	0,333	0,695	0,774	0,200	0,096	0,359
В	0,192	0,061	0,064	0,333	0,089	0,066	0,400	0,743	0,399
С	0,061	0,748	0,216	0,333	0,216	0,160	0,400	0,161	0,242
(Идеальный способ)									
А	1,000	0,256	1,000	1,000	1,000	1,000	0,500	0,129	0,546
В	0,256	0,081	0,090	1,000	0,128	0,085	1,000	1,000	0,649
С	0,081	1,000	0,300	1,000	0,311	0,207	1,000	0,217	0,439

В идеальном способе каждый столбец в табл. 4.5 был получен делением элементов выше расположенного столбца на максимальное значение в этом столбце. Иногда в качестве

идеальной альтернативы рассматривается некоторый фиктивный вариант, который имеет самые высокие оценки по всем критериям. В статистических испытаниях с 10 критериями и 3 вариантами оба способа давали одинаковые результаты выбора в 92% случаев [7].

В данном разделе курсовой работы обучающиеся должны синтезировать обобщенные приоритеты, построив при этом таблицу распределенного и идеального синтеза глобальных приоритетов альтернатив, анализировать полученные результаты, а также принять решение по выбранной проблеме.

1.3 Абсолютные измерения

МАИ является одновременно и дескриптивной, и нормативной теорией измерений. Проведение парных сравнений соответствует дескриптивному подходу. Нормативный подход проявляется в использовании экспертных суждений для создания шкалы интенсивностей (лингвистических стандартов), которую можно применять для отдельной оценки вариантов по одному. Последний подход известен как абсолютное измерение.

Пусть в рассмотренном выше примере каждый критерий подразделяется на категории, стандарты, или подкритерии следующим образом:

1. РАЗМЕР (Р; 0,184): большой (1,000), средний (0,550), маленький (0,302);

2. ТРАНСПОРТ (Т; 0,062): транспортное сообщение отличное (1,000), хорошее (0,594), удовлетворительное (0,340), неудовлетворительное (0,203).

3. ОКРУЖЕНИЕ (О; 0,105): высокий уровень (1,000), уровень выше среднего (0,630), средний (0,382), ниже среднего (0,229), низкий (0,146).

4. ВОЗРАСТ (В; 0,017): новый (1,000), среднего возраста (0,550), старый (0,302).

5. ДВОР (Д; 0,031): большой (1,000), средний (0,550), маленький (0,302).

6. УДОБСТВА (У; 0,038): высокий уровень (1,000), средний уровень (0,550), низкий уровень (0,302).

7. СОСТОЯНИЕ (С; 0,222): отличное (1,000), хорошее (0,594), удовлетворительное (0,340), неудовлетворительное (0,203).

8. ФИНАНСЫ (Ф; 0,341): низкая цена (1,000), средняя цена (0,550), высокая цена (0,302).

Приоритеты критериев, указанные в скобках после сокращений названий, установлены путем парного сравнения в разделе 1.2.1 курсовой работы.

Затем проводятся парные сравнения стандартов (интенсивностей), соответствующих каждому критерию, относительно их родительского критерия (как показано в табл. 4.6-4.8).

Таблица 4.6 – Парные сравнения интенсивностей по критериям Р,В,Д,У,Ф

Р,В,Д,У,Ф	Большой (новый, высокий, низкая)	Средний/ая	Маленький (старый, низкий, высокая)	Приоритеты
Большой	1	2	3	0,540
Средний	1/2	1	2	0,297
Маленький	1/3	1/2	1	0,163

Таблица 4.7 – Парные сравнения интенсивностей по критериям Транспорт и Состояние

Транспорт и Состояние	Отличное	Хорошее	Удовлетв.	Неудовлетв.	Приоритеты
Отличное	1	2	3	4	0,468
Хорошее	1/2	1	2	3	0,278
Удовлетв.	1/3	1/2	1	2	0,159
Неудовлетв.	1/4	1/3	1/2	1	0,095

Таблица 4.8 – Парные сравнения интенсивностей по критерию Окружение

Окружение	Высокий	Выше среднего	Средний	Ниже среднего	Низкий	Приоритеты
Высокий	1	2	3	4	5	0,419
Выше среднего	1/2	1	2	3	4	0,264
Средний	1/3	1/2	1	2	3	0,160
Ниже среднего	1/4	1/3	1/2	1	2	0,096
Низкий	1/5	1/4	1/3	1/2	1	0,061

Полученные приоритеты делятся на максимальное значение интенсивности по каждому критерию (цифра в скобках после каждой категории). Далее каждому лингвистическому стандарту (по описанию альтернатив) ставится в соответствие численное значение интенсивности, которым можно пользоваться для оценки объектов по данному критерию (табл. 4.9).

Таблица 4.9 – Оценки альтернатив с использованием интенсивностей

Веса критериев	Р (0,184)	Т (0,062)	О (0,105)	В (0,017)	Д (0,031)	У (0,038)	С (0,222)	Ф (0,341)	Общая оценка
А	Больш.	Хорош.	Выше средн.	Средн.	Больш.	Средн.	Удовл.	Высок.	0,5267
В	Средн.	Удовл.	Выс.	Нов.	Мал.	Низк.	Отл.	Низк.	0,8281
С	Мал.	Хор.	Ниже средн.	Средн.	Средн.	Средн.	Хор.	Средн.	0,4832

Назначенные альтернативам значения интенсивностей умножаются на веса соответствующих критериев и суммируются для получения градаций обобщенной шкалы, которая будет использоваться для упорядочивания альтернатив относительно цели выбора.

Этот подход можно применять всегда, когда можно установить приоритеты для интенсивностей критериев, что, в свою очередь, возможно, когда накоплен достаточный опыт проведения подобных операций.

Исходя из таблицы 4.9, наибольшая общая оценка принадлежит дому В, из чего следует, что выбрать для покупки следует именно его.

Данный раздел курсовой работы должен включать в себя категории каждого критерия (не менее 3-х), таблицы парных сравнений интенсивностей по критериям, оценку альтернатив с использованием интенсивностей, анализ полученных результатов, решение по выбранной проблеме.

2. Анализ выгод и издержек

В реальной жизни анализируемые варианты решений всегда имеют достоинства и недостатки. Принимая ответственные решения, как правило, требуется оценить выгоды и издержки для всех рассматриваемых альтернатив. В таких случаях полезно построить отдельные иерархии для издержек и выгод, с одинаковыми наборами альтернатив на нижнем уровне. Так можно получить векторы приоритетов альтернатив по выгодам и издержкам. Обобщенный вектор приоритетов, учитывающий и выгоды, и издержки, получается делением приоритета выгод на приоритет издержек для каждой альтернативы. Наиболее предпочтительный вариант характеризуется максимальным значением этого отношения. Отношение *Выгоды/Издержки* оказывается весьма полезным в задачах распределения ресурсов. При анализе простых решений критерии выгод и издержек можно объединить в одной иерархической структуре.

Критерии в иерархии выгод и критерии в структуре издержек не должны быть прямо противоположными друг другу, они могут быть совершенно разными. Заметим также, что каждый критерий может характеризоваться различными категориями интенсивности (стандартами), и что эти категории, в свою очередь, могут быть упорядочены по приоритетам согласно желательности, при этом альтернативы оцениваются в терминах стандарта с максимальным приоритетом. Точно так же можно применять четыре иерархии для вычисления обобщенного отношения

$$BOCR = \frac{Benefits \times Opportunities}{Costs \times Risks} = \frac{\text{Выгоды} \times \text{Возможности}}{\text{Издержки} \times \text{Риски}} \quad (1).$$

При анализе выгод и издержек необходимо убедиться, что они являются соразмерными для того, чтобы их отношение было значимым.

Если иерархии *Выгод* и *Издержек* включают однородные критерии, то обобщенный результат можно получить последовательным объединением экономических выгод с экономическими издержками. Если один из этих компонентов незначителен по сравнению с другим, то соответствующая иерархия и вычисленные по ней приоритеты не учитываются, и в

дальнейшем рассматриваются только *Издержки* или *Выгоды*, которые могут быть объединены с *Рисками*. Может оказаться, что *Выгоды* выражены в миллиардах долларов, а *Издержки* в миллионах, которые мы все же не можем себе позволить, и тогда следует учитывать как *Выгоды*, так и *Издержки*. С другой стороны, если издержки незначительны, например, измеряются в десятках долларов или центах, то нам следует рассматривать только выгоды.

В общем случае можно установить приоритеты *Выгод*, *Издержек*, *Возможностей* и *Рисков* по критериям более высокого уровня иерархии, которые отвечают за интегральное качество рассматриваемого решения.

Затем нужно построить и оценить четыре соответствующие иерархии и сравнить приоритеты, полученные для альтернатив. При этом можно использовать нормированные векторы обратных значений приоритетов по *Издержкам* и *Рискам* или учитывать их вклад в качество решения с обратным знаком. Вектор приоритетов *Выгод*, *Издержек*, *Возможностей* и *Рисков* применяется для взвешивания соответствующих векторов приоритетов альтернатив, которые после этого суммируются для получения окончательного ранжирования вариантов. Одним из способов учета неопределенности является включение возможных рисков в иерархии *Выгод* и *Издержек*. В этом случае отпадает необходимость построения отдельной иерархии *Рисков*. Новый подход к учету неопределенности, связанный с построением четырех иерархий, является эффективным средством поддержки процессов принятия сложных решений.

2.1 Анализ достоинств и недостатков

Рассмотрим проблему оценки проектов с учетом возможных выгод.

В таких задачах одним из важнейших критериев является финансовая прибыль, которая может иметь как положительные, так и отрицательные значения. Возникает вопрос, следует ли включать отрицательную прибыль в иерархию выгод. Если возможно выполнить парные сравнения интенсивностей без особых затруднений и получить приоритеты с приемлемой степенью

согласованности, то нет причин говорить о том, что отрицательные категории интенсивности не должны рассматриваться в иерархии выгод. Если же оцениваются все остальные положительные выгоды как чрезвычайно более важные по сравнению с отрицательными, то последние не нужно включать в эту иерархию. В таких случаях отрицательная финансовая прибыль рассматривается как критерий в иерархии издержек. Так как конкретный проект может иметь либо положительную финансовую прибыль, либо отрицательную, то хороший проект должен иметь нулевую оценку под критерием «финансовая прибыль» в иерархии издержек. Для убыточного проекта характерно обратное (близкое к нулю значение по критерию «прибыль» в иерархии выгод).

В общем случае необязательно, чтобы все критерии, используемые в модели принятия решений, применялись для оценки всех альтернатив.

Такой же метод рассуждений применяется для анализа вербальных оценок интенсивностей. Проведя парные сравнения таких оценок, можно вычислить их приоритеты, включить уровень интенсивностей в иерархии выгод и издержек и использовать приоритеты оценок для измерения качества альтернатив по критериям.

Для анализа достоинств и недостатков для задачи о покупке дома построим две иерархии: Выгод, Издержек (рис. 4.2, 4.3).

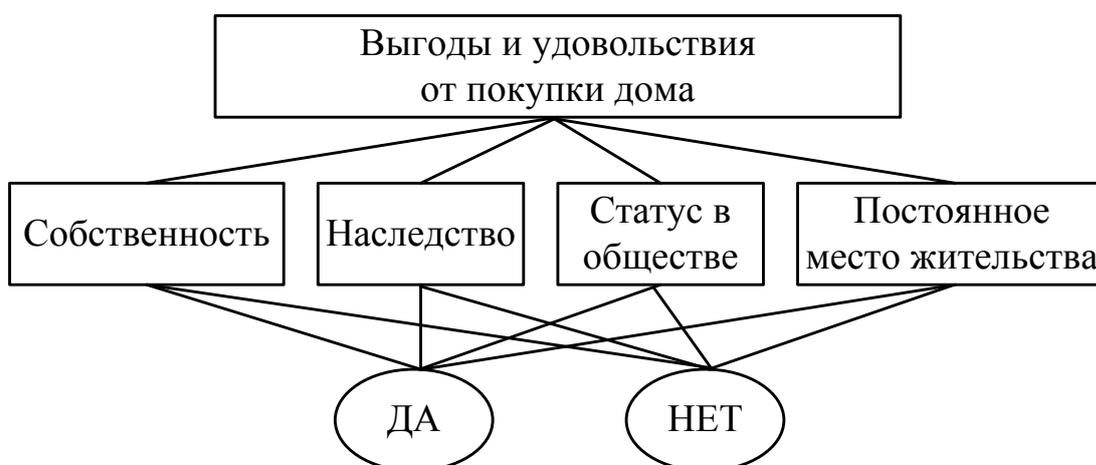


Рис. 4.2 – Иерархия Выгод для задачи о покупке дома

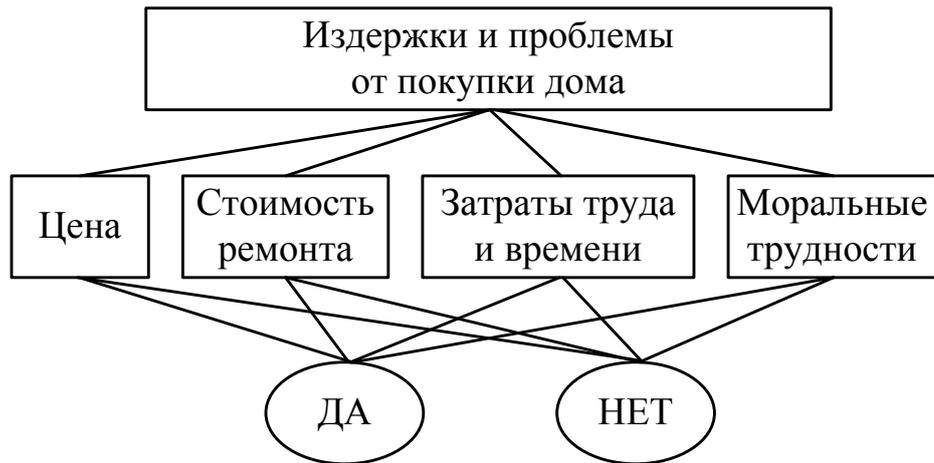


Рис. 4.3 – Иерархия Издержек для задачи о покупке дома

Проведем парные сравнения критериев иерархий Выгод и Издержек (табл. 4.10, 4.11) и определим приоритеты критериев.

Таблица 4.10 – Парные сравнения критериев иерархии Выгод

	Собственность	Наследство	Статус в обществе	ПМЖ	Приоритеты
Собственность	1	2	3	1/5	0,215
Наследство	1/2	1	1/3	1/4	0,082
Статус в обществе	1/3	3	1	1/4	0,131
ПМЖ	5	4	4	1	0,572

Таблица 4.11 – Парные сравнения критериев иерархии Издержек

	Цена	Стоимость ремонта	Затраты труда и времени	Моральные трудности	Приоритеты
Цена	1	1	3	5	0,497
Стоимость ремонта	1	1	2	1/3	0,171
Затраты труда и времени	1/3	1/2	1	1/4	0,078
Моральные трудности	1/5	3	4	1	0,254

Затем проведем парные сравнения альтернатив по критериям иерархий Выгод и Издержек (табл. 4.12, 4.13) и определим приоритеты альтернатив.

Таблица 4.12 – Парные сравнения альтернатив по критериям иерархии *Выгод*

Собственность	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	8	0,889
НЕТ	1/8	1	0,111

Наследство	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	6	0,857
НЕТ	1/6	1	0,143

Статус в обществе	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	7	0,875
НЕТ	1/7	1	0,125

ПМЖ	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	9	0,900
НЕТ	1/9	1	0,100

Таблица 4.13 – Парные сравнения альтернатив по критериям иерархии *Издержек*

Цена	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	9	0,900
НЕТ	1/9	1	0,100

Стоимость ремонта	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	5	0,833
НЕТ	1/5	1	0,167

Затраты труда и времени	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	3	0,750
НЕТ	1/3	1	0,250

Моральные трудности	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	4	0,800
НЕТ	1/4	1	0,200

Определим окончательный результат. Для этого построим таблицу отношений *Выгоды/Издержки* (табл.4.14), в которой значения в столбцах *Выгоды* и *Издержки* вычисляются аналогично общим оценкам табл. 4.9. Нормированное отношение *Выгоды/Издержки* вычисляется следующим образом: за единицу принимается сумма значений отношений *Выгоды/Издержки* по обоим альтернативам, затем по каждой из альтернатив пропорционально, как часть единицы, вычисляется нормированное значение отношения *Выгоды/Издержки*.

Таблица 4.14 – Отношения *Выгоды/Издержки*

Альтернативы	Выгоды	Издержки	<i>Выгоды/Издержки</i>	<i>Выгоды/Издержки</i> (нормированное)
ДА	0,891	0,851	1,047	0,589
НЕТ	0,109	0,149	0,732	0,411

Окончательный результат свидетельствует о слабой предпочтительности согласия на покупку дома (ДА=0,589, НЕТ=0,411).

Иногда думают, что рассматриваемую проблему определяет главная цель иерархии решений. Однако, во многих случаях проблему определяет не только цель, а вся иерархия, включая предположения, сделанные при ее построении.

В данном примере мы видим, что высокий приоритет критерия Цена в иерархии издержек свидетельствует о намерении выбрать дом с минимальной ценой, однако высокий приоритет критерия Постоянное место жительства и низкий приоритет критерия Затраты труда и времени указывает на то, что покупатели имеют возможность искать дом, соответствующий их требованиям, достаточно долго (пока не найдут таковой).

В результате можно сделать вывод, что семье, в первую очередь, стоит обратить внимание на дом с самой низкой ценой (В).

В данном разделе необходимо проанализировать достоинства и недостатки для выбранной обучающимся проблемы, для чего:

- построить иерархии Выгод и Издержек с числом критериев для каждой не менее 5;
- провести парные сравнения критериев иерархий Выгод и Издержек;
- провести парные сравнения альтернатив по критериям иерархий Выгод и Издержек;
- построить таблицу отношений *Выгоды/Издержки*;
- дать анализ полученным результатам и принять решение по проблеме.

2.2. Исследование устойчивости решений

Полученный результат должен быть основан не только на анализе выгод и издержек, но и рисков, а также всех выявленных факторов, имеющих отношение к проблеме.

Чтобы найти рациональное решение, рассмотрим основные влияющие факторы, которые представлены на рис. 4.2-4.3, а также на рис. 4.4.

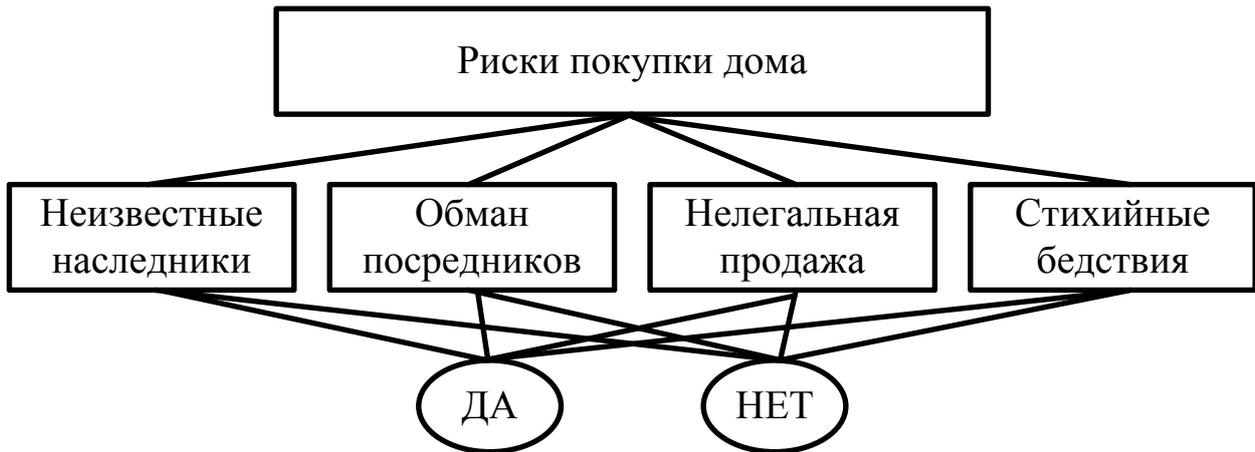


Рисунок 4.4 – Иерархия Рисков для задачи о покупке дома

Проведем парные сравнения критериев иерархии Рисков (табл. 4.15), определим приоритеты критериев.

Таблица 4.15 – Парные сравнения критериев иерархии Рисков

	Неизвестные наследники	Обман посредников	Нелегальная продажа	Стихийные бедствия	Приоритеты
Неизвестные наследники	1	1	1	3	0,291
Обман посредников	1	1	1	4	0,312
Нелегальная продажа	1	1	1	4	0,312
Стихийные бедствия	1/3	1/4	1/4	1	0,084

Затем проведем парные сравнения альтернатив по критериям иерархии Рисков (табл. 4.16) и определим приоритеты альтернатив.

Таблица 4.16 – Парные сравнения альтернатив по критериям иерархии Рисков

Неизвестные наследники	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	9	0,900
НЕТ	1/9	1	0,100

Обман посредников	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	8	0,889
НЕТ	1/8	1	0,111

Нелегальная продажа	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	8	0,889
НЕТ	1/8	1	0,111

Стихийные бедствия	ДА	НЕТ	Приоритеты
ДА	1	7	0,875
НЕТ	1/7	1	0,125

Для определения окончательного результата, используя данные табл. 4.14, построим таблицу 4.17.

Таблица 4.14 – Альтернативы Выгод, Издержек и Рисков

Альтернативы	<i>Выгоды</i>	<i>Издержки</i>	<i>Риски</i>	$\frac{\text{Выгоды}}{\text{Издержки} \times \text{Риски}}$
ДА	0,891	0,851	0,890	1,176
НЕТ	0,109	0,149	0,109	6,711

Лучшей альтернативой следует считать ту, для которой отношение Выгод к Издержкам и Рискам имеет максимальное значение. В данном примере – это альтернатива НЕТ (6,711).

Полученный результат можно объяснить следующими соображениями. Выгоды положительного решения о покупке дома: ДА (0,891) достаточно высоки, но Издержки и Риски для этой альтернативы имеют еще более высокие значения. Отношение *Выгоды/(Издержки x Риски)* для ДА существенно меньше по сравнению со значением для альтернативы НЕТ. Отрицательное решение с учетом Рисков доминирует.

Следует отметить, что анализ рисков на основе рассмотрения сценариев вероятного будущего представляет собой мощный инструмент при оценке возможных последствий решений.

Проведение всестороннего анализа чувствительности гарантирует состоятельность и обоснованность используемых суждений.

Анализ чувствительности помогает установить, каким образом возможные изменения суждений влияют на рекомендуемое решение. В рассмотренном исследовании приоритеты альтернатив были зафиксированы такими, как показано на рис. 4.12, 4.13, 4.16.

Для исследования устойчивости решений необходимо провести эксперименты, в которых изменяется важность факторов, присутствующих в иерархиях, при этом значения приоритетов факторов можно выбирать из широкого диапазона допустимых значений, покрывающего всю область приемлемых приоритетов.

Изменение важности каждого фактора – замена его реального значения ближайшим к нему критическим значением (0,2 или 0,8), дают по 14 (16-2) модификаций для каждой иерархии, так как каждая из них содержит 4 фактора. На трех иерархиях может быть

сгенерировано 2744 (14^3) различных вариантов суждений. В результате проведенных исследований чувствительности можно определить, в каком случае покупка дома будет целесообразной и оправданной.

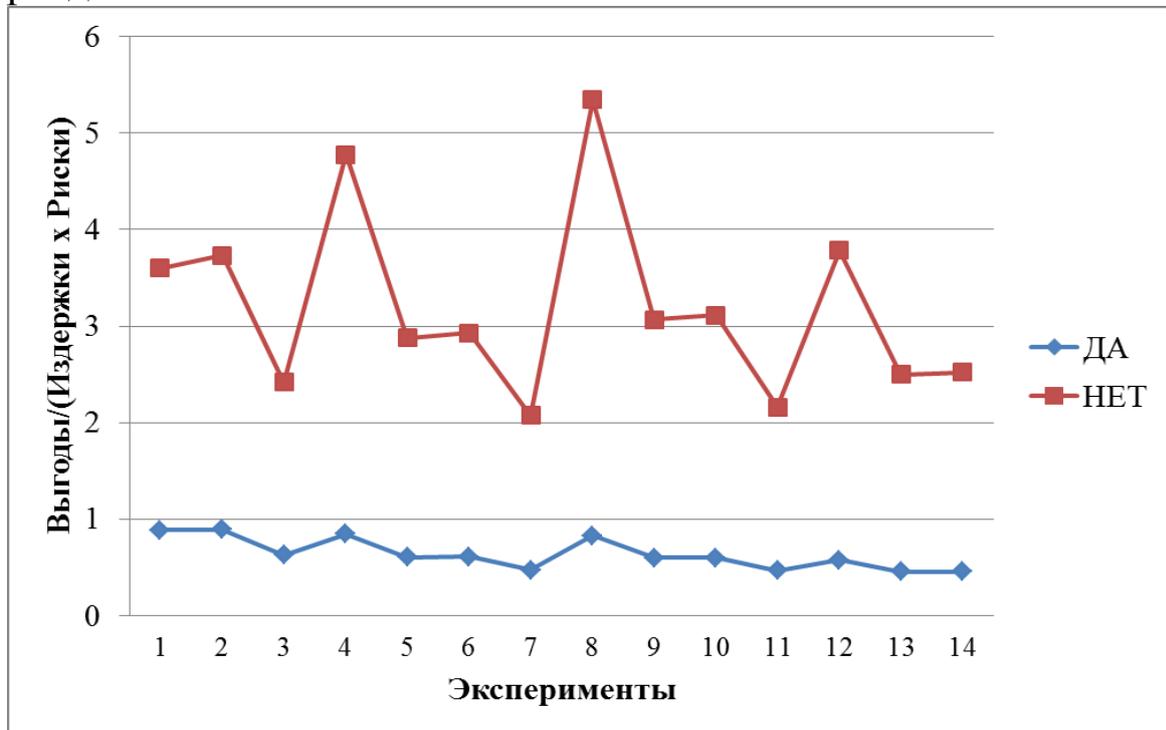


Рисунок 4.5 – Исследование устойчивости решений

Из рис. 4.5, на котором показаны результирующие значения приоритетов для 14 экспериментов, видно, что альтернатива НЕТ заметно доминирует.

В данном разделе курсовой работы должна быть построена иерархия Рисков с числом критериев не менее 8-ми, проведены парные сравнения ее критериев, определены значения отношений *Выгоды/(Издержки x Риски)* для всех критериев, проанализированы полученные результаты по принятию решения. Для исследования устойчивости решений провести не менее 20-ти экспериментов.

3. Построение суперматрицы

Многие проблемы принятия решений нельзя представить иерархическими структурами, потому что в них существуют зависимости и взаимодействия между элементами разных уровней

иерархии. Существуют задачи, в которых не только важность критериев влияет на приоритеты альтернатив (как в иерархиях), но также важность альтернатив влияет на приоритеты критериев. Например, выбирая конструкцию моста и рассматривая при этом две альтернативы, мы можем руководствоваться двумя критериями: прочностью и красотой. Допустим, что оба моста обладают достаточной прочностью, но тот, который прочнее, некрасив. Возможно, что именно он будет выбран в качестве лучшего решения, если не учитывать влияния альтернатив на важность критериев. Это влияние проявляется в том, что критерий «прочность» получает меньший приоритет, поскольку оба моста являются прочными, поэтому критерий «красота» становится более важным. Обратная связь позволяет нам ввести в структуру принятия решения фактор, учитывающий будущее, и определить политики достижения желаемого будущего.

Структуры решений с обратными связями нельзя линейно упорядочить сверху донизу, они представляют собой сети, содержащие циклы и множества элементов (компоненты), которые мы больше не можем называть уровнями, а также петли обратной связи, показывающие связь между элементами одного компонента.

Проблемы принятия решений, включающие обратные связи, часто возникают на практике. Они могут быть представлены сетями любого вида. Определение приоритетов элементов в сети, в частности, альтернатив решений, представляет собой сложную проблему. Поскольку наличие обратных связей приводит к возникновению циклов, и, следовательно, бесконечных маршрутов, то возникает необходимость применения более сложного, чем в МАИ, алгоритма вычисления приоритетов. Решение сетевых задач требует изобретательности и применения вычислений с высокой точностью.

Предположим, что мы имеем систему из N компонентов, в которой элементы в каждом компоненте взаимодействуют между собой и влияют на некоторые или все элементы другого компонента относительно свойства (критерия), управляющего взаимодействиями в системе. Сеть, объединяющая компоненты системы принятия решений, всегда должна быть связной, т. е. она не должна быть разделена на отдельные части, так как тогда не

имеет смысла говорить о влиянии несвязанных частей друг на друга.

Взаимные влияния элементов в сети можно представить следующей суперматрицей:

$$W = \begin{array}{c} \begin{array}{c} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_m \end{array} \begin{array}{c} e_{11} \ e_{12} \ \dots \ e_{1n_1} \\ e_{21} \ e_{22} \ \dots \ e_{2n_2} \\ \dots \\ e_{m1} \ e_{m2} \ \dots \ e_{m n_m} \end{array} \end{array} \left| \begin{array}{c} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_m \end{array} \right. \begin{array}{c} e_{11} \ e_{12} \ \dots \ e_{1n_1} \\ e_{21} \ e_{22} \ \dots \ e_{2n_2} \\ \dots \\ e_{m1} \ e_{m2} \ \dots \ e_{m n_m} \end{array} \right.$$

W_{11} W_{12} ... W_{1m}
 W_{21} W_{22} ... W_{2m}
...
 W_{m1} W_{m2} ... W_{mm}

Элементы W_{ij} в суперматрице называются блоками и представляют собой матрицы вида

$$W_{ij} = \begin{vmatrix} w_{i_1 j_1} & w_{i_1 j_2} & \dots & w_{i_1 j_{n_j}} \\ w_{i_2 j_1} & w_{i_2 j_2} & \dots & w_{i_2 j_{n_j}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_{i_{n_i} j_1} & w_{i_{n_i} j_2} & \dots & w_{i_{n_i} j_{n_j}} \end{vmatrix}.$$

Каждый столбец в матрице W_{ij} представляет собой главный собственный вектор влияния элементов i -го компонента сети на элементы j -го компонента. Нулевые элементы вектора соответствуют элементам, не оказывающим влияния. Поэтому, проводя парные сравнения, мы используем не все элементы компонента, а только те, которые имеют влияние.

Нас интересует способ получения предельных приоритетов влияния рассматриваемых элементов на основе суперматрицы сетевой задачи принятия решений. Он заключается в следующем. Сначала суперматрица преобразуется к такому виду, чтобы сумма элементов в любом ее столбце была равна единице. Такие матрицы называются матрицами, стохастическими по столбцам, или просто стохастическими матрицами. Если матрица является стохастической, то способ вычисления предельных приоритетов будет зависеть от того, является ли матрица приводимой, примитивной и цикличной.

Каждое сравнение дает вектор приоритетов влияния всех компонентов, записанных в суперматрице слева (имена строк), на каждый компонент, указанный вверху (имена столбцов). Число сравнений равно числу компонентов. Собственные векторы матриц парных сравнений компонентов используются в качестве весовых коэффициентов, на которые умножаются блоки суперматрицы, расположенные в столбце под данным компонентом. Первый элемент вектора умножается на все элементы первого блока в этом столбце, второй — на все элементы второго блока и т. д. Таким способом мы взвешиваем блоки в каждом столбце суперматрицы. В результате получается взвешенная суперматрица, которая является стохастической. Ее дальнейшая обработка позволяет получить желаемые приоритеты элементов путем вычисления предельной суперматрицы.

Элементы предельной суперматрицы (предельные приоритеты) интерпретируются как предельные оценки долговременного влияния каждого элемента системы на все остальные элементы.

Составим и преобразуем суперматрицу W для задачи о покупке дома.

Для построения суперматрицы W используем начальные данные из таблиц 4.1, 4.4.

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,184 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,062 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,105 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,017 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,031 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,038 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,222 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,341 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,748 & 0,192 & 0,719 & 0,333 & 0,695 & 0,774 & 0,2 & 0,096 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,192 & 0,061 & 0,064 & 0,333 & 0,089 & 0,066 & 0,4 & 0,743 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,061 & 0,748 & 0,216 & 0,333 & 0,216 & 0,160 & 0,4 & 0,161 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Путем преобразований, из суперматрицы W , составим матрицу $(I - W)$.

$$(I - W) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,184 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,062 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,105 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,017 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,031 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,038 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,222 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,341 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,748 & -0,192 & -0,719 & -0,333 & -0,695 & -0,774 & -0,2 & -0,096 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -0,192 & -0,061 & -0,064 & -0,333 & -0,089 & -0,066 & -0,4 & -0,743 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -0,061 & -0,748 & -0,216 & -0,333 & -0,216 & -0,160 & -0,4 & -0,161 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Построим матрицу, обратную матрице $(I - W)$.

$$(I - W)^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,184 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,062 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,105 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,017 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,031 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,038 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,222 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,341 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,359 & 0,748 & 0,192 & 0,719 & 0,333 & 0,695 & 0,774 & 0,2 & 0,096 & 1 & 0 & 0 \\ 0,399 & 0,192 & 0,061 & 0,064 & 0,333 & 0,089 & 0,066 & 0,4 & 0,743 & 0 & 1 & 0 \\ 0,242 & 0,061 & 0,748 & 0,216 & 0,333 & 0,216 & 0,160 & 0,4 & 0,161 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Сравнивая последнюю матрицу с результатами, полученными в п.1.2 (табл. 4.5), можно заметить, что глобальные приоритеты альтернатив совпадают с тремя последними элементами первого столбца матрицы. Этот же результат мы получим при возведении в квадрат матрицы W .

$$W^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,359 & 0,748 & 0,192 & 0,719 & 0,333 & 0,695 & 0,774 & 0,2 & 0,096 & 1 & 0 & 0 \\ 0,399 & 0,192 & 0,061 & 0,064 & 0,333 & 0,089 & 0,066 & 0,4 & 0,743 & 0 & 1 & 0 \\ 0,242 & 0,061 & 0,748 & 0,216 & 0,333 & 0,216 & 0,160 & 0,4 & 0,161 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, метод, при котором составляется и преобразуется суперматрица, составляет альтернативу МАИ.

В данном разделе курсовой работы должна быть составлена и преобразована суперматрица, дан анализ полученным результатам.

4. Применение метода аналитических сетей в принятии решений. Синтез мультипликативного и аддитивного методов

МАС представляет собой универсальную теорию измерений влияния в шкале отношений с учетом зависимостей и обратных связей.

Для понимания подхода к задачам принятия решений в условиях взаимной зависимости элементов полезны следующие наблюдения. Искомое решение будет настолько объективным, насколько однозначно смогут понять его разные люди. Когда мы интерпретируем цифры, мы сравниваем их со знаниями, приобретенными из собственного опыта, и эта процедура не может быть объективной, потому что знания, опыт и компетентность у разных людей существенно отличаются. Одни и те же объективные факты имеют неодинаковое значение для разных людей. В конечном счете, предпочтительность решения базируется не на его

скрытой объективности, а на том, как интерпретируется восприятие этой объективности в рамках нашей индивидуальной системы ценностей и какое значение мы придаем рассматриваемым ценностям. Мы можем совершить свой субъективный выбор без подробного анализа фактов и оценки наших нечетких предпочтений, указав альтернативу, которая нам больше нравится.

Однако, принимая ответственные решения, опасно полагаться только на интуицию, поэтому необходимо тщательно проанализировать факты, лежащие в основе решения, чтобы выявить его положительные и отрицательные аспекты, включая риски и возможности, с которыми мы столкнемся при его реализации.

Прежде чем сделать заключение, следует сосредоточиться на сущности решения. В любом случае мы будем иметь дело с системой субъективных ценностей, которая определяет, какой результат будет лучшим для ЛПР. При этом даже объективные показатели решения преломляются в свете субъективных представлений, ориентированных на достижение персональных целей.

Применяя МАИ и МАС, можно делать то, чего не позволяет делать математическая логика, основанная только на вербальных суждениях, без чисел. В МАИ и МАС можно обрабатывать числовые оценки предпочтений, в то время как логика позволяет получить только порядковые предпочтения на основе вербальных оценок. В МАИ суждение можно представить, МАС освобождает нас от линейного упорядочивания компонентов, которое необходимо в иерархии. Мы можем представить любое решение в виде ориентированной сети, в то время как в МАИ обрабатываются более простые и наглядные структуры, в которых потоки влияния строго направлены сверху вниз. МАС позволяет обрабатывать более разнообразные и естественные структуры, и в этом смысле является более достоверным способом описания реальности.

Таким образом, МАС является гораздо более мощным инструментом для принятия решений, чем МАИ.

Но МАС требует больших затрат труда для представления фактов и их взаимосвязей. Для сложных проблем, где необходим детальный анализ, у нас нет другого выхода. Для менее сложных

решений, в условиях дефицита времени, длительный и трудоемкий анализ может обесценить полученные результаты. Для принятия обыденных решений, индивидуальных или групповых, МАС ненамного лучше МАИ в отношении представления реальности.

Принимая ответственные решения, необходимо применять МАС, который требует солидных затрат времени на проведение анализа.

Вероятно, в будущем МАС будет стандартным способом принятия серьезных решений. Этому способствует распространение данной методологии и соответствующего программного обеспечения. Интересно отметить, что и МАИ, и МАС получили широкое распространение только в эпоху всеобщей компьютеризации, т.е. научно обоснованный подход к принятию решений с взаимной зависимостью и обратными связями стал реально возможным совсем недавно.

В п. 2 дана подробная информация о необходимости оценивания значения отношения *BOCR*, полученной для каждой альтернативы. Но следует отметить, что приведенная формула для *BOCR* полезна тогда, когда значения приоритетов соизмеримы, т. е. имеют одинаковый порядок величин. Т.е., бессмысленно делить тысячи долларов выгод на затраты, измеряемые в пенни, т.к. это практически эквивалентно делению на ноль. Кроме того, в отношении *BOCR* не имеет смысла пользоваться весовыми коэффициентами, так как тогда все альтернативы будут умножаться на одно и то же число.

Существует другой, более надежный способ объединить *Выгоды*, *Возможности*, *Издержки* и *Риски*, который учитывает их приоритеты.

Перечисленные четыре категории качества решения могут иметь различную важность для ЛПР. Мы можем определить приоритеты категорий и использовать их в качестве весовых коэффициентов для вычисления обобщенных приоритетов альтернатив, не забывая об инверсии значений приоритетов по издержкам и рискам. Данный метод обобщения согласуется с вычислением приоритетов на иерархиях и сетях. Заключительные приоритеты получаются в результате операций умножения и сложения.

При этом приоритеты альтернатив не возводятся в степени, соответствующие приоритетам критериев, а умножаются на значения приоритетов. Результаты, полученные аддитивным и мультипликативным способом, достаточно часто, но не всегда являются близкими. Приведенный ниже пример проиллюстрирует это.

В некоторых случаях окончательные результаты могут не совпадать и достаточно сильно отличаться друг от друга. Если приоритеты *Выгод* (B), *Возможностей* (O), *Издержек* (C) и *Рисков* (R) обозначить как p_i , $i=1, \dots, 4$, то, применяя разложение в ряд показательной и логарифмической функций, справедливое для значений переменной на интервале $[0, 2]$, получим:

$$\exp\left(\log \frac{B^{p_1} O^{p_2}}{C^{p_3} R^{p_4}}\right) \approx 1 + \log\left(\log \frac{B^{p_1} O^{p_2}}{C^{p_3} R^{p_4}}\right); \quad \log X \approx X - 1; \quad \sum_{i=1}^4 p_i = 1;$$

$$\exp\left(\log \frac{B^{p_1} O^{p_2}}{C^{p_3} R^{p_4}}\right) \approx 1 + p_1 \log(B) + p_2 \log(O) - p_3 \log(C) - p_4 \log(R) \approx$$

$$\approx 1 + p_1(B - 1) + p_2(O - 1) - p_3 \log(C - 1) - p_4(R - 1) = p_1 B + p_2 O - p_3 C - p_4 R.$$

Заметим, что при использовании обратных значений *Издержек* и *Рисков* в виде

$$\frac{B^{p_1} O^{p_2}}{C^{p_3} R^{p_4}} \approx p_1 B + p_2 O + \frac{p_3}{C} + \frac{p_4}{R}$$

могут иметь место парадоксы. Так, если *Выгоды* рассматриваемого решения высоки, а затраты очень высоки, то величина $1/C$ будет близка к нулю, при этом решение с очень высокими затратами будет оцениваться только с точки зрения его *Выгод*, вопреки всем ожиданиям. Таким образом, мы больше не используем формулу с обратными значениями *Издержек* и *Рисков*, которую применяли прежде, чтобы уйти от отрицательных значений.

Кроме того, для обобщения приоритетов альтернатив по *Выгодам*, *Возможностям*, *Издержкам* и *Рискам* иногда применяется формула остаточной вероятности:

$$p_1 B + p_2 O + p_3(1 - C) + p_4(1 - R) = p_1 B + p_2 O - p_3 C - p_4 R + (p_3 + p_4), \quad (2)$$

которая всегда дает положительный ответ. Здесь инверсия затрат и *Рисков* выполняется с помощью вычитания из единицы, но в

результате оказывается, что к приоритетам всех альтернатив добавляется константа (p_3+p_4).

Продemonстрируем преимущество аддитивного способа композиции по сравнению с мультипликативным на примере задачи о покупке дома.

Пусть в процессе анализа альтернатив используются четыре фактора: Стоимость дома (Цена), Затраты на переоборудование дома, Размер дома и Стиль дома, причем последний является неизмеряемым критерием в отличие от остальных. Оценки альтернатив по критериям показаны на рис.4.6.



Рис. 4.6 – Оценки домов *A*, *B*, *C* по четырем критериям

Если сложить оценки по критериям Стоимость (Цена) и Затраты на переоборудование и вычислить их нормированные значения, то получим следующие приоритеты альтернатив: $A=0,269$ ($((200+150)/1300)$); $B=0,269$ ($((300+50)/1300)$); $C=0,462$ ($((500+100)/1300)$).

Теперь рассмотрим, что произойдет, если осуществить нормализацию в другом порядке. Сначала нормализуем оценки альтернатив для каждого из измеряемых факторов. Затем вычислим нормированные приоритеты критериев, измеренных в одной шкале, т. е. Стоимости и Затрат на переоборудование. Мы получим:

	Стоимость $w_1 = 1000/1300 = 0.769$	Затраты на переоборудование $w_2 = 300/1300 = 0.231$
<i>A</i>	$200/1000 = 0.2$	$150/300 = 0.5$
<i>B</i>	$300/1000 = 0.3$	$50/300 = 0.167$
<i>C</i>	$500/1000 = 0.5$	$100/300 = 0.333$

Сумма нормированных значений для каждой альтернативы не совпадает с приведенными выше приоритетами A , B , C , если не умножена на весовые коэффициенты критериев Стоимость и Затраты на переоборудование ($A: 0,269=0,2 \times 0,769 + 0,5 \times 0,231$). Следовательно, нужно объединить экономические факторы в один показатель, прежде чем перейти к вычислению обобщенной оценки по всем критериям с помощью операций сложения и умножения.

Заметим, что мультипликативная свертка по двум стоимостным критериям с возведением приоритетов альтернатив в степени, соответствующие весам критериев, дает результат:

$$\begin{aligned} A &= 0,256 \left((0,2^{0,769} \times 0,5^{0,231}) / 0,964 \right); \\ B &= 0,272 \left((0,3^{0,769} \times 0,167^{0,231}) / 0,964 \right); \\ C &= 0,472 \left((0,5^{0,769} \times 0,333^{0,231}) / 0,964 \right); \\ 0,964 &= 0,2^{0,769} \times 0,5^{0,231} + 0,3^{0,769} \times 0,167^{0,231} + 0,5^{0,769} \times 0,333^{0,231}, \end{aligned}$$

который не обеспечивает одинаковых значений для альтернатив A и B , как это должно быть. Таким образом, мультипликативное взвешивание приводит к некорректным результатам.

Мы получили важный результат, который следует обобщить на МАИ/МАС в целом. Нормализация оценок альтернатив по факторам, имеющим стоимостное измерение, приводит к относительным оценкам важности критериев, которые совпадают с результатами аддитивной композиции нормированных оценок альтернатив.

В данном примере приоритет критерия Стоимость в среднем в три раза превышает приоритет Затрат на переоборудование. Поэтому при парном сравнении этих критериев относительно цели выбора разумно назначить оценку степени доминирования «Среднее» (Стоимость в 3 раза важнее, чем Затраты на переоборудование). Эти критерии можно объединить в один экономический критерий, если они имеют одинаковую важность.

Однако может случиться так, что относительно критериев более высокого уровня иерархии функциональная важность этих показателей различна, поскольку возможность приобретения разных по величине денежных сумм, которые требуются в разное время, может существенно отличаться.

На рис. 4.7 показан результат объединения двух стоимостных критериев в один экономический критерий.

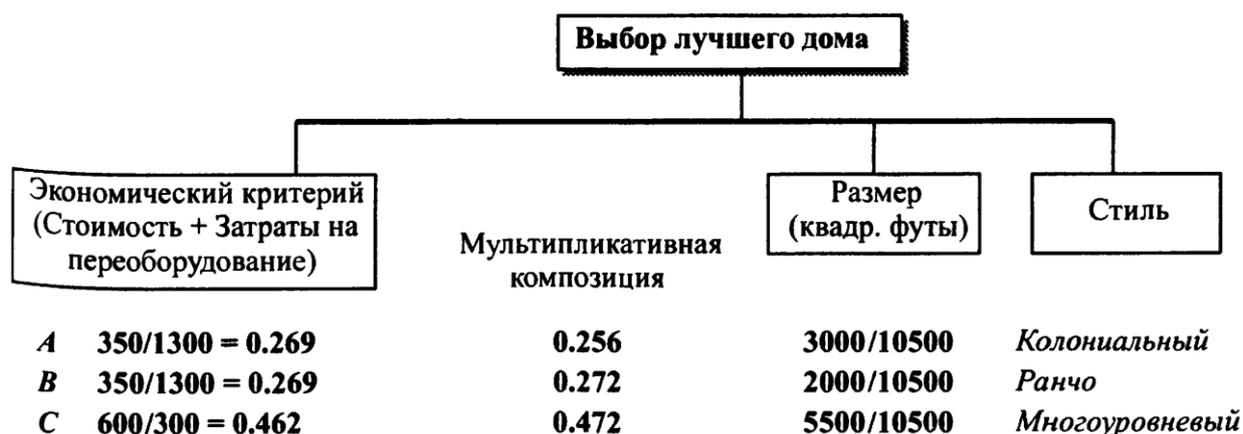


Рис. 4.7 – Объединение двух стоимостных критериев аддитивным и мультипликативным способом

В левом столбце приведены точные значения долларовых издержек на каждый дом *A*, *B*, *C*, полученные путем аддитивной композиции. Агрегируя два критерия, измеряемые в долларах, в один, затем можно принять решение о покупке дома, сравнивая значения экономического критерия со значениями двух других критериев и учитывая их относительную важность.

В данном разделе курсовой работы должен быть применен МАС в принятии решения по выбранной проблеме, а также произведен синтез мультипликативного и аддитивного методов, на основании которых обосновано принятое решение.

Заключение. Здесь необходимо показать, каким образом решены поставленные задачи курсовой работы и какова степень достижения ее цели. Заключение должно содержать выводы по принятию решений, а также предложения, обоснованные обучающимся в процессе выполнения работы.

Рекомендуемый объем заключения – 1,5 – 2,5 с.

Список использованных источников включает в себя все цитируемые и используемые в ходе выполнения работы литературные источники. Оформление списка литературы должно быть выполнено в соответствии с СТУ 04.02.030-2008...

Приложения к пояснительной записке курсовой работы могут включаться при:

- большом объеме основного текстового содержания пояснительной записки графическим и табличным информационным материалом;

- большом объеме математических вычислений;
- наличии различных справочных и исходных материалов по выдвинутой проблеме, носящих вспомогательный характер.

Оформление приложений должно быть выполнено в соответствии с СТУ 04.02.030-2008.

5. Организационные вопросы выполнения курсовой работы. Защита курсовой работы

Процесс выполнения курсовой работы состоит из следующих этапов:

1. Выдача задания к курсовой работе.
2. Выбор темы и согласование ее с руководителем.
3. Составление плана работы.
4. Подбор и изучение литературных источников.
5. Уточнение плана работы.
6. Написание и оформление курсовой работы.
7. Передача работы на проверку руководителю.
8. Защита работы.

Задание к курсовой работе выдается в начале семестра.

Консультации по курсовой работе осуществляются руководителем работы согласно расписанию консультаций. Рекомендуется заранее подготовить вопросы, которые требуется решить во время консультации – это позволит оптимизировать процесс консультации с точки зрения ее содержательности.

Отчетность по курсовой работе должна иметь еженедельный характер в день консультации, либо в день, установленный руководителем.

Примерный календарный план выполнения курсовой работы представлен в таблице 5.1.

Конкретный график выполнения курсовой работы и срок сдачи законченной работы обучающийся согласовывает с руководителем в день выдачи задания.

В установленные сроки курсовая работа должна быть сдана руководителю для проверки, после которой принимается решение о возврате работы обучающемуся на доработку или о проведении защиты работы.

Таблица 5.1 – План выполнения КР

Выполнение КР	Недели															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Получение задания к КР	■															
Выбор темы КР		■														
п.1			■													
п.1.1			■													
п.1.2				■												
п.1.2.1					■											
п.1.2.2						■										
п.1.2.3							■									
п.1.3								■								
п.2									■							
п.2.1									■							
п.2.2										■						
п.3											■					
п.4												■				
Оформление, проверка КР												■	■			
Защита КР															■	■

Защита курсовой работы осуществляется перед комиссией в форме собеседования. Доклад обучающегося должен длиться 7-10 минут и сопровождаться презентацией, подготовленной в среде *Power Point*.

После проведения собеседования обучающемуся выставляется оценка: «отлично» - при правильном выполнении и оформлении работы, верных ответах на все вопросы комиссии; «хорошо» - при правильном выполнении работы, оформлении ее с небольшими погрешностями и большинстве верных ответов на вопросы комиссии; «удовлетворительно» - при выполнении и оформлении работы с небольшими ошибками и погрешностями и большинстве верных ответов на вопросы комиссии; «неудовлетворительно» - при выполнении и оформлении работы с ошибками и большинстве неверных ответов на вопросы комиссии.

Список литературы

1. СТУ 04.02.030-2008 «Работы (проекты) курсовые, работы выпускные квалификационные. Общие требования к структуре, оформлению и защите».
2. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Науч. ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 360 с.
3. Saaty T. L and Kearns K. P. Analytical Planning: The Organization of Systems // International Series in Modern Applied Mathematics and Computer Science, 7. Oxford, England: Pergamon Press, 1985.
4. Saaty T. L The Analytical Hierarchy Process. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 1990 (first published: New York: McGraw Hill, 1980).
5. Saaty T. L and Alexander J. Conflict Resolution. New York: Praeger, 1989.
6. Saaty T. L Fundamentals of Decision Making and Priority Theory. RWS Publications, 4922 Ellsworth Ave., Pittsburgh, PA, 1994.