

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ИНФОРМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ
ВЕСОМОСТЕЙ АЛЬТЕРНАТИВ ПРИ ПРИНЯТИИ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Выпускная квалификационная работа

обучающегося по направлению подготовки
38.04.05 бизнес-информатика
очной формы обучения,
группы 07001634
Маматовой Марии Александровны

Научный руководитель
к.т.н., профессор
Ломакин В.В.

Рецензент
к.т.н., доцент
Румбешт В.В.

БЕЛГОРОД 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	6
2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ СТЕПЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСОМОСТЕЙ АЛЬТЕРНАТИВ.....	17
3 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВАНИИ СРЕДСТВ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРОВ АЛЬТЕРНАТИВ И КРИТЕРИЕВ.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	68

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее время характеризуется развитием и внедрением в практику управления, сложных систем различных научных направлений: кибернетики, информационных технологий, инженерии знаний, когнитивной психологии, методов поиска и принятия решений, методов оптимизации и моделирования и др. В результате создаются предпосылки для построения высокоэффективных систем по обработке и использованию знаний при решении широкого круга прикладных задач.

Особую актуальность приобретают системы, предназначенные для поддержки принятия решений. Для обеспечения достоверности принимаемых решений система поддержки принятия решений осуществляет информационную поддержку лицу, принимающему решение.

Для решения задач в ряде случаев, когда количество времени для решения задач ограничено, при этом нет необходимости в доскональной точности результата принятия решения или количество критериев/альтернатив слишком велико (10 и более), применение традиционных средств принятия решений, в том числе, основанных на методе анализа иерархий, не дает нужных параметров решения.

С учетом того, что операция простого упорядочивания вариантов по их важности без назначения весов является простой, т.е. лицо, принимающее решение, не использует здесь упрощенных стратегий и не совершает ошибок, представляется обоснованным ее применение в процессе принятия решений вместо парных сравнений, особенно в случаях предварительного отбора из большого числа альтернатив. Для повышения достоверности результатов принятия решений разработаем алгоритм степенного распределения весомостей альтернатив.

Предложенный в магистерской диссертации подход состоит в использовании последовательности шагов упорядочивания альтернатив при

принятии решений на основе простого упорядочивания альтернатив при степенном распределении весомостей.

Объектом исследования в магистерской диссертации являются методы принятия управленческих решений.

Предметом исследования являются алгоритмы получения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений.

Целью магистерской диссертации является сокращение времени и уменьшение числа операций при принятии управленческих решений на основе алгоритма формирования степенной последовательности весомостей альтернатив.

Задачи исследования:

- 1) исследование современных методов принятия решений;
- 2) исследование алгоритма линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений;
- 3) разработка алгоритма степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений;
- 4) проведение сравнительного анализа алгоритма линейного распределения весомостей альтернатив, метода попарного сравнения альтернатив выбора и алгоритма степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений.

При решении указанных задач использовались метод анализа иерархий, линейное распределение весомостей альтернатив при принятии управленческих решений и метод сравнительного анализа.

Научную новизну работы составляют:

- алгоритм формирования линейной последовательности весомостей альтернатив при степенном упорядочивании весомостей альтернатив при принятии управленческих решений;
- математическое обеспечение степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

- результаты диссертационного исследования могут быть использованы при создании СППР для поддержки управленческих принятия решений;
- использование результатов работы позволит снизить время принимаемого управленческого решения;
- использование результатов работы позволит сократить количество операций при принятии управленческих решений.

Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на Научной сессии НИУ «БелГУ» в 2018г., научно-методических семинарах кафедры прикладной информатики и информационных технологий НИУ «БелГУ».

Магистерская диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников. Первая глава включает в себя исследование методов принятия решений. Вторая глава посвящена разработке алгоритма степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений. В третьей главе описаны результаты экспериментального сравнения линейного распределения весомостей альтернатив, метода попарного сравнения альтернатив выбора, который лежит в основе метода анализа иерархий и степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений.

1 Исследование методов принятия управленческих решений

В первую очередь область применения систем поддержки принятия решений – это нестандартные ситуации. Такие ситуации характеризуются неопределенностью, что делает выбор наилучшей альтернативы решения затруднительным. В таких ситуациях процесс принятия решений предполагает использование специальных средств формализации системы предпочтений лица, принимающего решение, и структурированного сравнительного анализа альтернативных вариантов.

Генетический алгоритм реализует метод случайного поиска по аналогии с теорией эволюции Дарвина, который основан на естественном отборе – основном механизме эволюции, работающем по принципу «выживает наиболее приспособленный» [1-6].

Достоинства применения генетического алгоритма:

- 1) применяется для решения сложных неформализованных задач, для которых не разработано специальных методов;
- 2) возможность работы алгоритма при больших размерах задач и отсутствия упорядоченности в исходных данных;
- 3) алгоритм выполняется существенно быстрее других алгоритмов поиска на большом пространстве значений и значительно экономит память компьютера.

Недостатки генетического алгоритма:

- 1) генетический алгоритм не гарантирует, что найденное решение будет оптимальным;
- 2) неэффективность по быстродействию и точности найденных решений в случаях, когда задача может быть решена специально разработанным для неё методом;
- 3) неэффективность на небольшом пространстве поиска.

Имитационный подход к построению СППР основан на многоэтапной процедуре принятия решения, в основе процесса принятия решений в таких

системах лежит обобщённая модель объекта исследования, реализуемая в системах поддержки принятия решений с помощью комплекса взаимосвязанных имитационных и оптимизационных моделей с развитыми динамическими и информационными связями между моделями всех уровней [8-15].

Достоинства имитационного моделирования:

- 1) имитационная модель позволяет точно и адекватно описать моделируемый процесс;
- 2) имитационная модель обладает гибкостью варьирования структуры, алгоритмов и параметров системы.

Недостатки имитационного моделирования:

- 1) решение, полученное на имитационной модели, всегда носит частный характер, так как оно соответствует фиксированным элементам структуры, алгоритмам поведения и значениями параметров системы;
- 2) большие трудозатраты на создание модели и проведение экспериментов, а также обработку результатов.

Когнитивное моделирование используют при построении систем, для которых характерны многоаспектность происходящих в них процессов и их взаимосвязанность, отсутствие достаточной количественной информации о динамике процессов, а также изменчивость характера процессов во времени, такие системы принято считать слабоструктурированными [21-22].

Недостатки когнитивного моделирования:

- 1) ограниченность применения;
- 2) невозможность численного моделирования поведения систем, так как результаты получаются качественными.

Основная цель использования аппарата прецедентов в системах поддержки принятия решений – это выдача готового решения лицу, принимающему решение, для текущей ситуации на основе прецедентов, которые уже имели место в прошлом при управлении данным объектом или процессом. Из-за отсутствия подобной ситуации в базе правил рассуждение

на основе прецедентов может не привести к необходимому решению возникшей проблемной ситуации. Поэтому необходимо предусмотреть пополнение базы правил в процессе рассуждения (вывода).

Нейронные сети хороши для задач распознавания образов, но весьма неудобны для объяснения, как они такое распознавание осуществляют. Они могут автоматически приобретать знания, но процесс их обучения зачастую происходит достаточно медленно, а анализ обученной сети весьма сложен. При этом какую-либо априорную информацию (знания эксперта) для ускорения процесса ее обучения в нейронную сеть ввести невозможно.

Системы с нечеткой логикой, напротив, хороши для объяснения получаемых с их помощью выводов, но они не могут автоматически приобретать знания для использования их в механизмах выводов. Необходимость разбиения универсальных множеств на отдельные области, как правило, ограничивает количество входных переменных в таких системах небольшим значением [25-36].

Метод анализа иерархий – методологическая основа для решения задач выбора альтернатив посредством их оценивания по критериям. В основном, метод анализа иерархий применяют для поддержки принятия решений посредством иерархической композиции задачи и оценивания альтернативных решений экспертом.

Качество действий эксперта оценивается по величине отношения согласованности (ОС). 10% или менее – это приемлемая величина ОС. Но в некоторых случаях, когда рассматривается сложная и зависящая от большого количества факторов система, допускается величина ОС, равная 20% и менее. В случаях, когда величина ОС выходит за эти рамки, то результаты решения таких экспертов рекомендуется исключить из рассмотрения.

К преимуществам метода анализа иерархий можно отнести:

- 1) иерархическая упорядоченность проблемы;
- 2) возможность оценки противоречивости данных;
- 3) возможность проведения синтеза проблемы принятия решения;

4) возможность оценки качества учета каждой альтернативы и каждого критерия;

5) относительно простой метод оценивания альтернатив – попарное сравнение.

Обобщая опыт принятия решений в экономике, политике, на производстве и в других сферах человеческой деятельности, можно высказать ряд интуитивных пожеланий к свойствам метода, призванного обеспечить поддержку процесса принятия решения.

Метод должен:

- соответствовать естественному ходу человеческого мышления;¹
- позволять принимать решения с учетом реальной сложности проблемы;

- учитывать тот факт, что, как правило, имеется множество мнений, множество методов принятия решения. В процессе выработки единого решения возможны конфликты. Поэтому нужны механизмы достижения согласия;

- учитывать тот факт, что часто имеется множество решений. Как следствие несистематический процесс принятия решений несет в себе неопределенность, сказывающуюся на качестве решений;

- предполагать обоснованный и понятный способ рейтингования возможных решений.

Приведенным выше требованиям во многом удовлетворяют возможности метода анализа иерархий.

С помощью метода анализа иерархий могут успешно решаться простые задачи, а также данный метод показывают свою эффективность в решении сложных проблем, требующих системного подхода и привлечения большого числа экспертов. Наиболее популярные задачи, решаемые с помощью метода анализа иерархий:

¹ Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий – М.: Радио и связь, 1989. — 316 с.

- проблема многокритериального выбора (выбор наилучшей альтернативы из заданного множества альтернатив на основе нескольких критериев);
- ранжирование (упорядочивание имеющегося набора альтернатив);
- расстановка приоритетов альтернатив и критериев при решении задач многокритериального выбора;
- распределение ресурсов между альтернативами из имеющегося набора альтернатив и критериев;
- сопоставительный анализ;
- управление качеством (анализ существующих критериев качества и способы повышения качества).

Анализ проблемы принятия решений в методе анализа иерархий начинается со структурирования иерархии, которая включает в себя цель, альтернативные варианты (альтернативы) выбора и критерии выбора, влияющие на принятие решения. Такая структура помогает отразить понимание проблемы лицом, принимающим решение.

Затем определяются приоритеты с помощью процедуры парных сравнений. Такие приоритеты представляют относительную важность или предпочтительность элементов построенной иерархической структуры.

На заключительном этапе анализа выполняется синтез приоритетов на иерархии, в результате которой вычисляются приоритеты альтернативных решений относительно главной цели. При этом, сравнивая каждую пару альтернатив, нужно стремиться к ограничению значения отношения согласованности в пределах от 0 до 0,1.

Лучшей считается альтернатива с максимальным значением приоритета.

Алгоритм принятия управленческих решений при непосредственной оценке альтернатив представлен на рисунке 1.1.

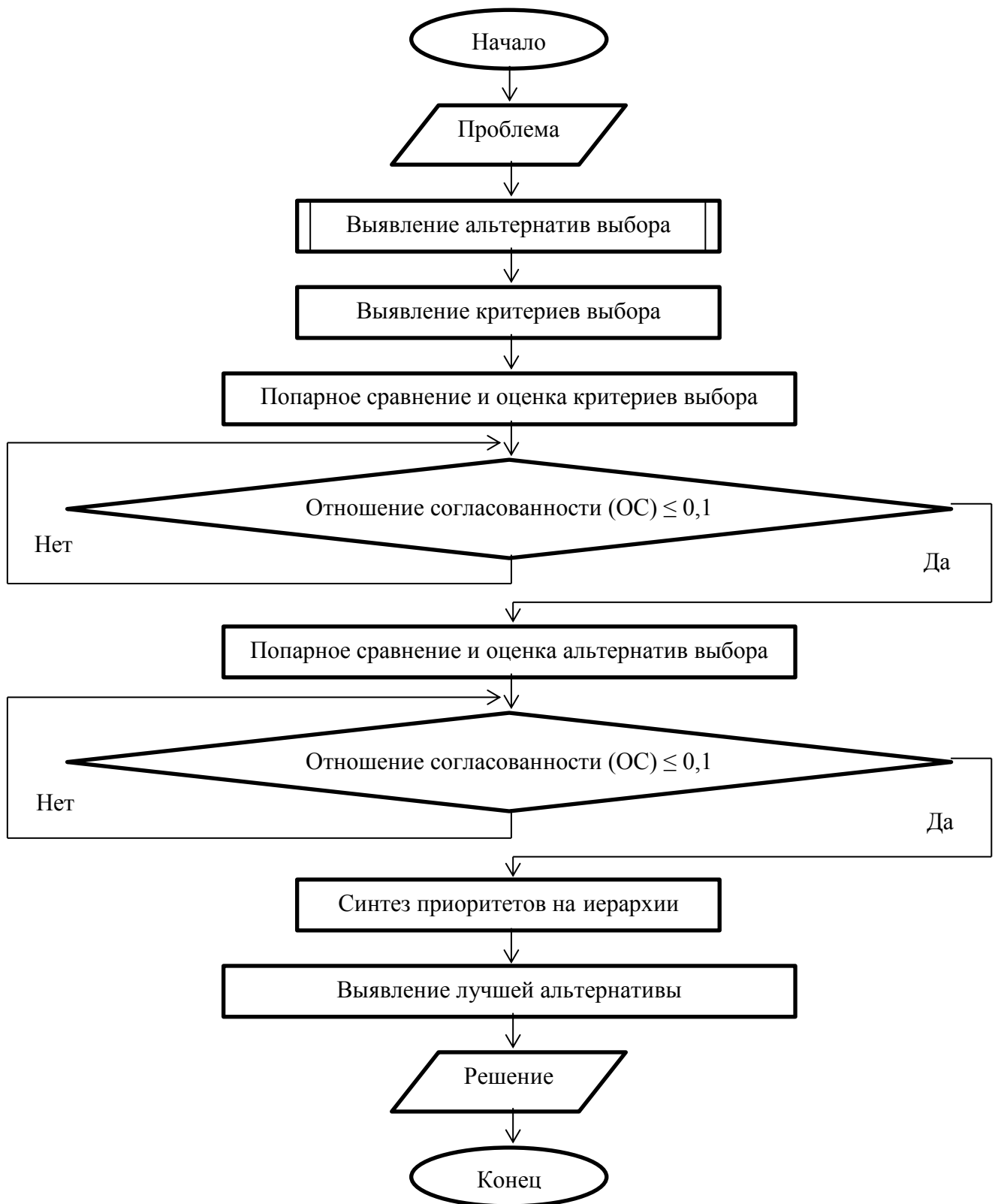


Рисунок 1.1 – Алгоритм принятия управленческих решений при непосредственной оценке альтернатив

Иерархические структуры, используемые в методе анализа иерархий, представляют собой инструмент для качественного моделирования сложных

проблем. Вершиной иерархии является главная цель; элементы нижнего уровня представляют множество вариантов достижения цели (альтернатив); элементы промежуточных уровней соответствуют критериям или факторам, которые связывают цель с альтернативами.

Системы поддержки принятия решений применимы для решения широкого круга задач на всех стадиях принятия решений.

Но для решения задач в ряде случаев, когда количество времени для решения задач ограничено, при этом нет необходимости в доскональной точности результата принятия решения или количество критериев/альтернатив слишком велико (10 и более), применение традиционных средств принятия решений, в том числе, основанных на методе попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий, не дает нужных параметров решения. В частности, крайне затруднительно получить логически достоверное решение, обладающее рекомендуемыми значениями индекса согласованности и отношения согласованности.¹

С учетом того, что операция простого упорядочивания вариантов по их важности без назначения весов является простой, т.е. лицо, принимающее решение, не использует здесь упрощенных стратегий и не совершает ошибок, представляется обоснованным ее применение в процессе принятия решений вместо парных сравнений, особенно в случаях предварительного отбора из большого числа альтернатив.²

Предложенный ранее в выпускной квалификационной работе подход состоит в использовании последовательности шагов упорядочивания

¹ Ломакин В.В., Лифиренко М.В. Система поддержки принятия решений с автоматизированными средствами корректировки суждений экспертов // Научные ведомости Белгородского государственного университета: научный журнал. – Белгород: Издательский дом «Белгород». – 2014. – №1(172) выпуск 29/1. – С. 114–120.

² Маматова М.А. Упорядочивание альтернатив при принятии решений на основании линейного распределения весомостей // Электронный сборник научных работ «Современные проблемы менеджмента» / отв. ред. доц. к.э.н., Прядко С.Н., доц. к.э.н., Парфенова Е.Н. – Белгород :Издательский дом «Белгород» НИУ «БелГУ», 2015. – С. 26–30.

альтернатив при принятии решений на основе простого упорядочивания альтернатив при линейном распределении весовостей.¹

Процесс упорядочивания альтернатив состоит из шести этапов:

1) линейное упорядочивание критериев по важности без задания веса в явном виде. Лицо, принимающее решение, определяет порядок критериев в списке, где критерии идут по порядку, и с возрастанием порядкового номера на единицу снижается вес критерия на $\frac{1}{n}$. Таким образом, весовости критериев (K_j) будут иметь следующие значения:

$$K_j = \frac{n-j+1}{n} \quad (1.1)$$

где j – порядковый номер критерия, n – общее число критериев.

2) линейное упорядочивание альтернатив по каждому критерию без задания веса в явном виде. ЛПР определяет порядок альтернатив, сравниваемых по каждому критерию. Формируются списки, где альтернативы (A_i) идут по порядку, и с возрастанием на единицу порядкового номера уменьшается на $\frac{1}{k}$ вес альтернативы.

По критерию K_j :

$$A_i = \frac{k-i+1}{k} \quad (1.2)$$

где i – порядковый номер альтернативы, k – общее число альтернатив.

3) расчет приведенной к единице весовости каждого критерия (RK_j) можно осуществить следующим образом:

$$RK_j = \frac{\frac{n-j+1}{n}}{\sum_{j=1}^n K_j} \quad (1.3)$$

$$\sum_{j=1}^n K_j = \frac{K_1 + K_n}{2} \times n \quad (1.4)$$

где j – номер критерия, n – общее число критериев.

¹ Ломакин В.В., Маматова М.А. Принятие решений на основании непосредственного формирования векторов альтернатив и критериев // Управление в XXI веке: сборник статей по материалам Международной научно- практической конференции. НИУ «БелГУ», 23 октября 2015 года / отв. ред. В.М. Захаров. – Белгород : ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2015. – С. 367–370.

4) расчет приведенной к единице весомости альтернативы (RA_i) по каждому критерию.

По критерию K_j :

$$RA_i = \frac{\frac{k-i+1}{k}}{\sum_{i=1}^k A_i} \quad (1.5)$$

$$\sum_{i=1}^k A_i = \frac{A_1 + A_k}{2} \times k \quad (1.6)$$

где i – номер альтернативы, k – общее число альтернатив.

5) расчет общей весомости (TA_i) каждой альтернативы:

$$TA_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (1.7)$$

где i – порядковый номер альтернативы, j – порядковый номер критерия.

$$A_{ij} = a \times b, \quad (1.8)$$

где a – весомость критерия j , b – весомость альтернативы i , оцененной по критерию j .

б) выбор наилучшей альтернативы (*decision*).

$$decision = \max(TA_i) \quad (1.9)$$

В случае, когда критерии или альтернативы имеют одинаковый вес (MK_j или MA_i) предлагается распределить веса по формулам:

$$MK_j = \frac{\sum_{j=c}^d K_j}{m}, \quad (1.10)$$

где c – номер первого по порядку критерия с одинаковым весом, d – номер последнего по порядку критерия с одинаковым весом, m – количество критериев с одинаковым весом;

$$MA_i = \frac{\sum_{i=p}^q A_i}{r}, \quad (1.11)$$

где p – номер первой по порядку альтернативы с одинаковым весом, q – номер последней по порядку альтернативы с одинаковым весом, r – количество альтернатив с одинаковым весом.

Объединим ранее формализованные этапы в алгоритм формирования весомостей альтернатив представлен (рисунок 1.2).

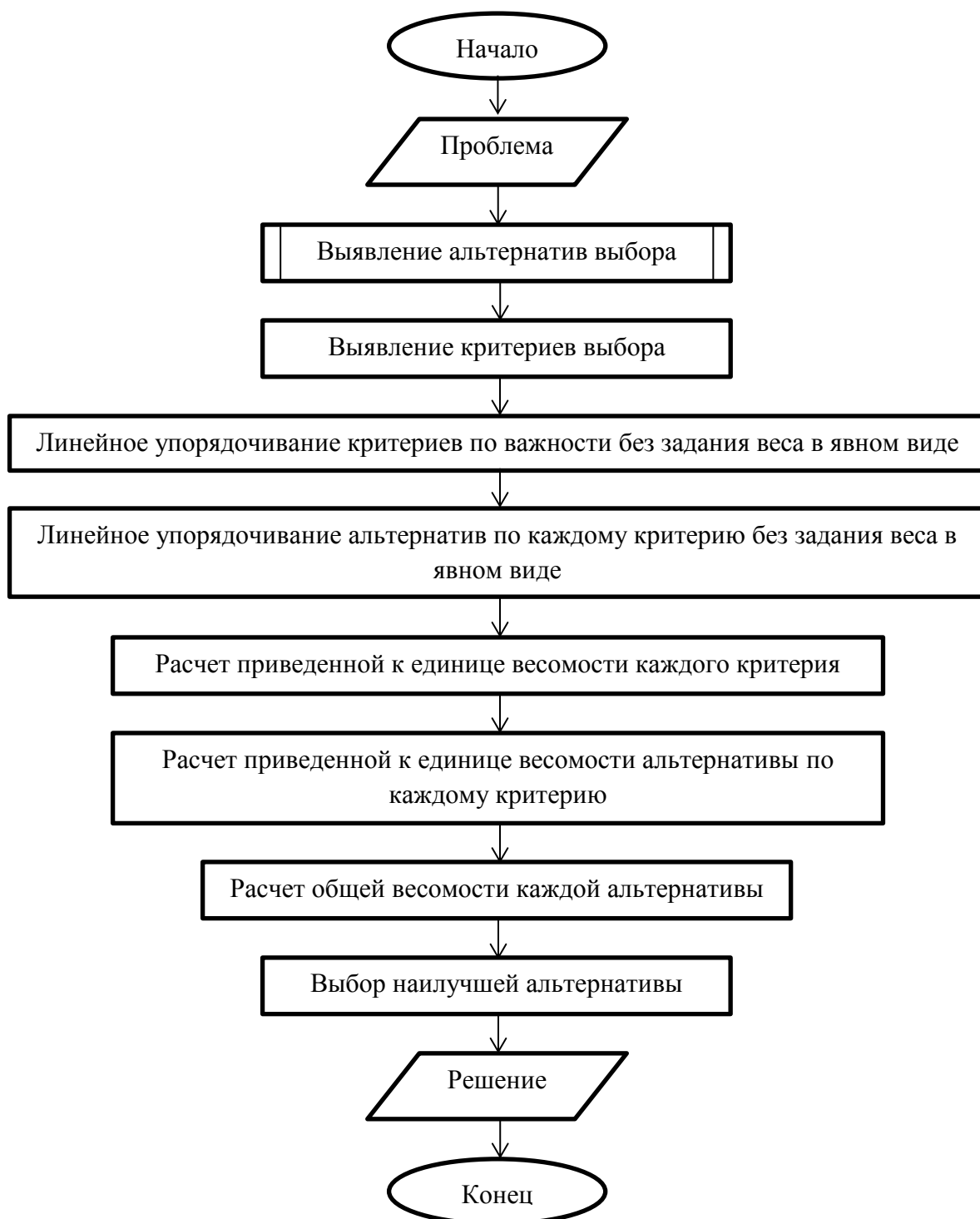


Рисунок 1.2 – Алгоритм формирования линейной последовательности весомостей альтернатив при линейном распределении весомостей альтернатив при принятии управленческих решений

Важным достоинством использования линейного распределения весомостей по сравнению с методом попарного сравнения альтернатив

является малое число операций и их простота, которая помогает лицу, принимающему решение, не допустить ошибку. За счет этого происходит экономия времени для принятия решения и снижается вероятность совершения лицом, принимающим решение, ошибки в принятии решения, особенно в случае большого количества критериев и альтернатив.

Следует отметить, что данный метод применяется в тех случаях, когда присутствуют:

- необходимость выбора только наилучшей альтернативы;
- ограниченность времени для принятия решения;
- большое количество критериев и альтернатив;
- личный выбор лица, принимающего решение, особенно в случаях, когда нет возможности провести точное сравнение многочисленных вариантов.

2 Разработка алгоритма принятия управленческих решений на основе степенного распределения весомостей альтернатив

С учетом того, что операция простого упорядочивания вариантов по их важности без назначения весов является простой, т.е. лицо, принимающее решение, не использует здесь упрощенных стратегий и не совершает ошибок, представляется обоснованным ее применение в процессе принятия решений вместо парных сравнений, особенно в случаях предварительного отбора из большого числа альтернатив.¹

Предложенный в магистерской диссертации подход состоит в использовании последовательности шагов упорядочивания альтернатив при принятии решений на основе простого упорядочивания альтернатив при степенном распределении весомостей. Преимуществом данного подхода перед линейным распределением является то, что в основе данного подхода лежит степенная функция. Данное преимущество обуславливается тем, что в методе анализа иерархий при заполнении матриц парных сравнений происходит с использованием степенной калибровкой, т.к. матрица парных сравнений – это обратносимметричная матрица.

Разработаем алгоритм принятия управленческих решений на основе степенного распределения весомостей альтернатив (Рисунок 2.1).

Процесс упорядочивания альтернатив состоит из шести этапов:

1) упорядочивание критериев по важности без задания веса в явном виде на основе степенного распределения. Лицо, принимающее решение, определяет порядок критериев в списке, где критерии идут по порядку, и с возрастанием порядкового номера снижается вес критерия. Таким образом, весомости критериев (K_j) будут иметь следующие значения:

¹ Маматова М.А. Упорядочивание альтернатив при принятии решений на основании линейного распределения весомостей // Электронный сборник научных работ «Современные проблемы менеджмента» / отв. ред. доц. к.э.н., Прядко С.Н., доц. к.э.н., Парфенова Е.Н. – Белгород :Издательский дом «Белгород» НИУ «БелГУ», 2015. – С. 26–30.

$$K_j = n^{-\frac{n-j+1}{n}+1} \sqrt{\frac{1}{n-\frac{n-j+1}{n}+1}} \quad (2.1)$$

где j – порядковый номер критерия, n – общее число критериев.

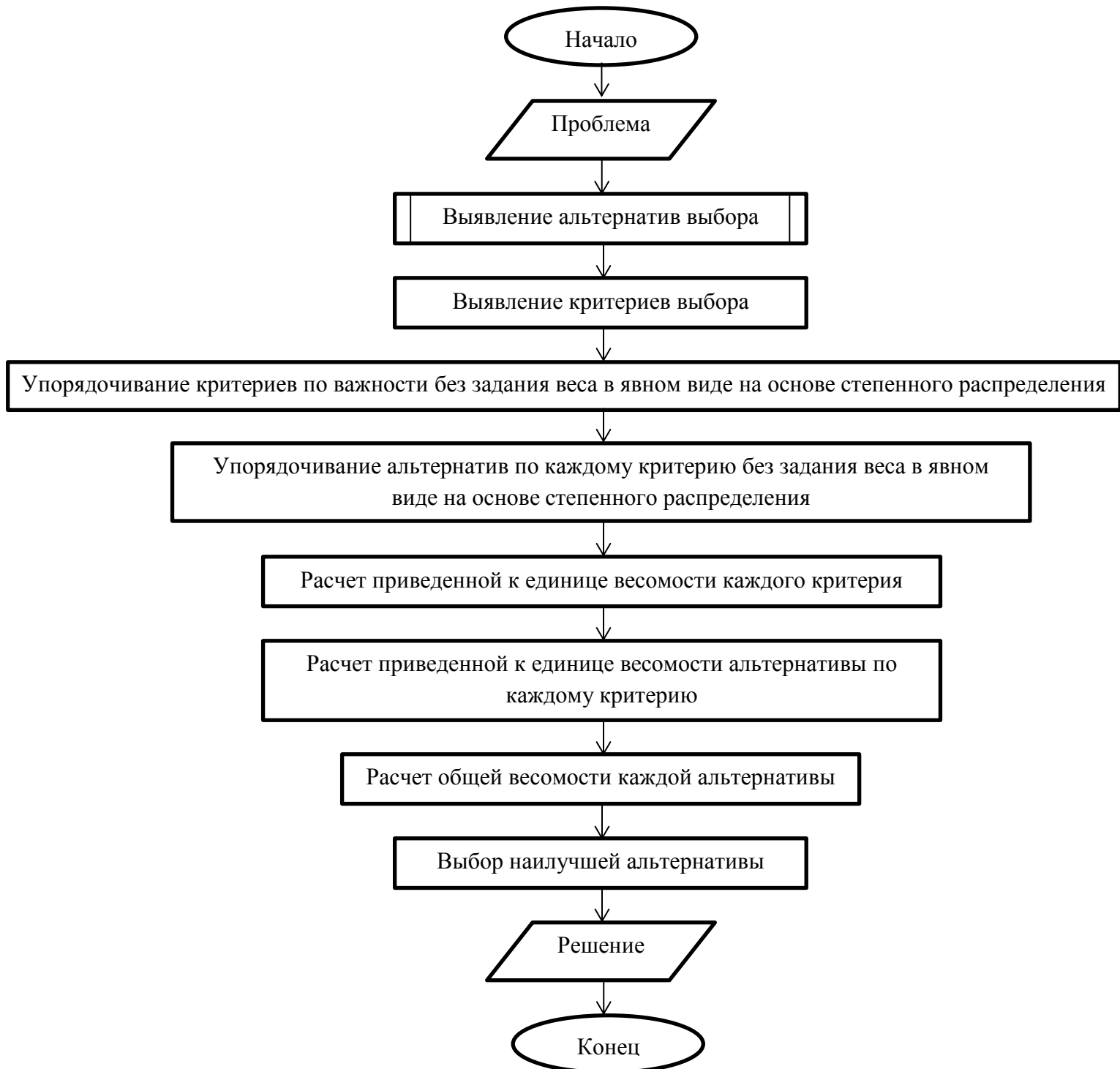


Рисунок 2.1 – Алгоритм формирования линейной последовательности весомостей альтернатив при степенном упорядочивании весомостей альтернатив при принятии управленческих решений

2) упорядочивание альтернатив по каждому критерию без задания веса в явном виде на основе степенного распределения. ЛПР определяет порядок альтернатив, сравниваемых по каждому критерию. Формируются списки, где альтернативы (A_i) идут по порядку, и с возрастанием порядкового номера уменьшается вес альтернативы.

По критерию K_j :

$$A_i = \frac{k - \frac{k-i+1}{k} + 1}{\sqrt{k - \frac{k-i+1}{k} + 1}} \quad (2.2)$$

где i – порядковый номер альтернативы, k – общее число альтернатив.

3) расчет приведенной к единице весомости каждого критерия (RK_j) можно осуществить следующим образом:

$$RK_j = \frac{n - \frac{n-j+1}{n} + 1}{\sqrt{n - \frac{n-j+1}{n} + 1}} \quad (2.3)$$

где j – номер критерия, n – общее число критериев.

4) расчет приведенной к единице весомости альтернативы (RA_i) по каждому критерию.

По критерию K_j :

$$RA_i = \frac{k - \frac{k-i+1}{k} + 1}{\sqrt{k - \frac{k-i+1}{k} + 1}} \quad (2.4)$$

где i – номер альтернативы, k – общее число альтернатив.

5) расчет общей весомости (TA_i) каждой альтернативы:

$$TA_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (2.5)$$

где i – порядковый номер альтернативы, j – порядковый номер критерия.

$$A_{ij} = a \times b, \quad (2.6)$$

где a – весомость критерия j , b – весомость альтернативы i , оцененной по критерию j .

б) выбор наилучшей альтернативы (*decision*).

$$decision = \max(TA_i) \quad (2.7)$$

В случае, когда критерии или альтернативы имеют одинаковый вес (MK_j или MA_i) предлагается распределить веса по формулам:

$$MK_j = \frac{\sum_{j=c}^d K_j}{m}, \quad (2.8)$$

где c – номер первого по порядку критерия с одинаковым весом, d – номер последнего по порядку критерия с одинаковым весом, m – количество критериев с одинаковым весом;

$$MA_i = \frac{\sum_{i=p}^q A_i}{r}, \quad (2.9)$$

где p – номер первой по порядку альтернативы с одинаковым весом, q – номер последней по порядку альтернативы с одинаковым весом, r – количество альтернатив с одинаковым весом.

Главным достоинством использования предлагаемого степенного распределения весомостей альтернатив по сравнению с методом попарного сравнения альтернатив является малое число операций и их простота, которая помогает лицу, принимающему решение, не допустить ошибку. За счет этого происходит экономия времени для принятия решения и снижается вероятность совершения лицом, принимающим решение, ошибки в принятии решения, особенно в случае большого количества критериев и альтернатив.

Важным достоинством использования предлагаемого степенного распределения весомостей альтернатив по сравнению с линейным распределением весомостей альтернатив является возможность выбора не только наилучшей альтернативы, но точным ранжированием альтернатив выбора при принятии управленческих решений.

3 Сравнительный анализ методов принятия решений на основании средств непосредственного формирования векторов альтернатив и критериев

Сравнительный анализ обладает двумя сторонами: содержательной и процедурной. С содержательной стороны он предполагает теоретические знания о предмете изучения и фиксирование наблюдаемых признаков анализируемых объектов. А с другой стороны, процедура сравнительного анализа состоит из последовательного ряда операций по обобщению эмпирических знаний.

Сравнительный метод имеет свои сущностные характеристики:

- применяется для исследования конкретных, эмпирически данных форм сложных целостных объектов и явлений;
- опирается на теоретические знания об этих объектах;
- предполагает «перевод» таких знаний на язык эмпирических показателей, фиксирующих наблюдаемые признаки объектов;
- позволяет на основе соответствующих методик проверять на фактическом материале научные гипотезы, развивать и конкретизировать теоретические знания;
- способствует практическому использованию полученных знаний.

В основе метода анализа иерархий лежит попарное сравнение альтернатив принятия решения.

Рейтинги возможных решений получаются на основе «прозрачных» принципов. Поэтому они могут быть более убедительными, чем информация для поддержки принятия решения, полученная с помощью моделей типа «черного ящика». В таких моделях входная информация о проблеме преобразуется в выходную информацию о принятии решения по «непрозрачным» принципам и структура ситуации принятия решения не раскрывается.

Метод анализа иерархий не требует упрощения структуры задачи, априорного отбрасывания некоторых признаков. Поэтому он эффективнее других аналитических инструментов позволяет учитывать влияние всевозможных факторов на выбор решения.

Составление структуры модели принятия решения может быть трудоемким процессом. Однако, если она составлена, то она может затем применяться многократно. Остается лишь корректировать эту структуру и наполнять ее данными. При этом решение типичных задач может быть поставлено на поток. Таким образом, применение метода становится более эффективным.¹

Метод попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий, является эффективным средством принятия управленческих решений, поэтому оценить эффективность алгоритма линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений можно с помощью сравнения двух этих методов.

Цель исследования – сравнить результаты принятия решения с помощью метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий, с результатами принятия решения с помощью линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений и результатами принятия решения с помощью степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений.

В рамках исследования были решены проблемы с разным количеством критериев и альтернатив, их количество варьировалось в пределах от 4 до 11.

Для наглядности совершенствования процесса принятия управленческого решения для каждого набора альтернатив и критериев было

¹ Андрейчикова О. Н. Интеллектуальные системы для поддержки процессов принятия решений: Учебное пособие. — Волгоград: Издательство ВолгГТУ, 1996. — 93 с.

посчитано число парных сравнений и число операций оценивания альтернатив при линейном упорядочивании весомостей альтернатив.

Рассматривается пример управленческого решения проблемы с четырьмя альтернативами и шестью критериями выбора с помощью трех подходов.

Допустим, перед организацией стоит проблема выбора фирмы-поставщика нужных материалов. Таких фирм обнаружилось несколько, и все они в ходе предварительных переговоров дали согласие сотрудничать с данной организацией.

Однако ими предлагаются разные условия в отношении поставок, цен, скидок и другие условия. Требуется определить самого подходящего поставщика.

Для этого проводится сравнительный анализ предлагаемых вариантов с ориентацией на наиболее значимые для организации-потребителя критерии.

Предположим, что в данном случае в качестве таких критериев выбраны следующие:

- цена за единицу поставляемого материала;
- размер минимальных поставок;
- условия предоставления скидок и льгот;
- качество материала;
- географическое расположение фирмы-поставщика;
- статус фирмы-поставщика.

Условно рассматриваются четыре фирмы-поставщика, которые обозначаются как А, Б, В и Г. На самом деле их может быть значительно больше, но они или неизвестны, или не принимаются во внимание по тем или иным причинам.

Рассматривается пример использования линейного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы.

1) расставили критерии по порядку, распределили веса и рассчитали приведенную к единице весомость каждого критерия;

Таблица 3.1 – Сравнение критериев

№	Критерии:	Kj	RKj
1	Цена за единицу поставляемого материала	0,916666667	0,261904762
2	Географическое расположение фирмы-поставщика	0,916666667	0,261904762
3	Условия предоставления скидок и льгот	0,666666667	0,19047619
4	Качество материала	0,5	0,142857143
5	Размер минимальных поставок	0,333333333	0,095238095
6	Статус фирмы-поставщика	0,166667	0,047619
Сумма:		3,5	

2) упорядочили альтернативы по каждому критерию, распределили веса и рассчитали приведенную к единице весомость альтернативы по каждому критерию;

Таблица 3.2 – Сравнение альтернатив по критерию «Цена за единицу поставляемого материала»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	А	1	0,4
2	Г	0,75	0,3
3	В	0,5	0,2
4	Б	0,25	0,1
Сумма:		2,5	

Таблица 3.3 – Сравнение альтернатив по критерию «Размер минимальных поставок»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	А	0,875	0,35
2	Б	0,875	0,35
3	В	0,5	0,2
4	Г	0,25	0,1
Сумма:		2,5	

Таблица 3.4 – Сравнение альтернатив по критерию «Условия предоставления скидок и льгот»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	В	1	0,4
2	Г	0,75	0,3
3	Б	0,5	0,2
4	А	0,25	0,1
Сумма:		2,5	

Таблица 3.5 – Сравнение альтернатив по критерию «Качество материала»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Б	1	0,4
2	Г	0,75	0,3
3	А	0,5	0,2
4	В	0,25	0,1
Сумма:		2,5	

Таблица 3.6 – Сравнение альтернатив по критерию «Географическое расположение фирмы-поставщика»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Г	1	0,4
2	В	0,75	0,3
3	Б	0,5	0,2
4	А	0,25	0,1
Сумма:		2,5	

Таблица 3.7 – Сравнение альтернатив по критерию «Статус фирмы-поставщика»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	А	1	0,4
2	Б	0,75	0,3
3	В	0,5	0,2
4	Г	0,25	0,1
Сумма:		3	

3) рассчитали общую весомость каждой альтернативы и выбрали наилучшую альтернативу.

Таблица 3.8 – Расчет общей весомости каждой альтернативы

Г	29,76%
В	25,00%
А	23,10%
Б	22,14%

Таблица 3.9 – Выбор наилучшей альтернативы

Г	29,76%
---	--------

Рассматривается пример использования метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий, при выборе наилучшей альтернативы.

1) произвели попарное сравнение и оценку критериев выбора с помощью программы «СППР «Решение»»;¹

¹ Лифиренко, М.В., Ломакин, В.В. Система поддержки принятия управленческих решений на основе усовершенствованного аналитико-иерархического процесса № 2013616249 Российская Федерация / М.В. Лифиренко, В.В.Ломакин заявл. № 201364230 от 21.05.13; опубл. 02.07.13.

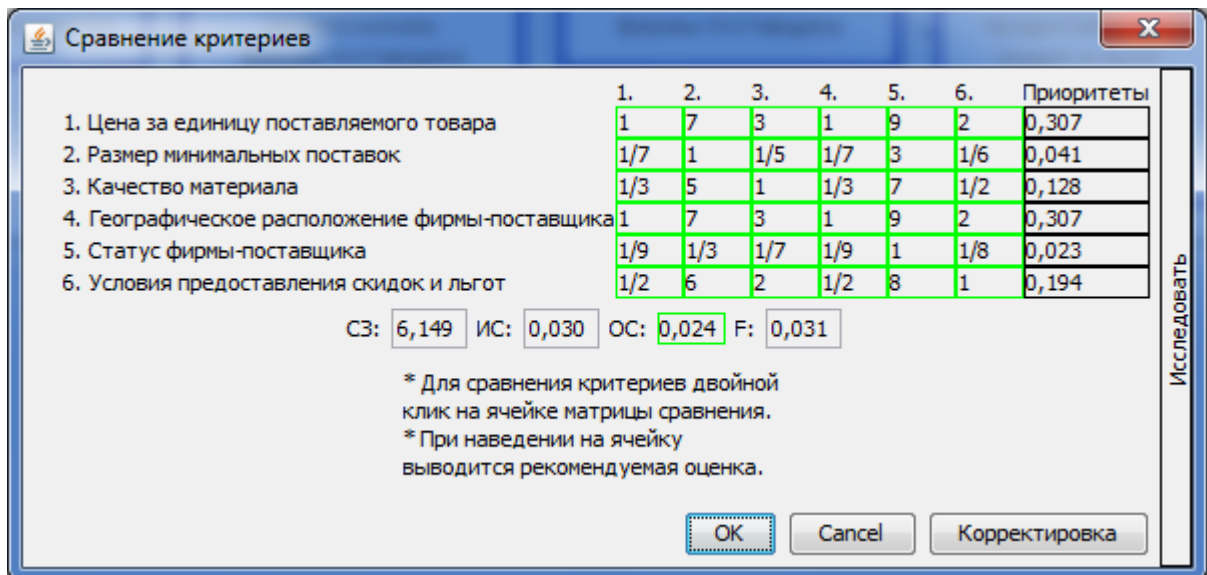


Рисунок 3.1 – Попарное сравнение и оценка критериев выбора

2) произвели попарное сравнение и оценку альтернатив выбора по каждому критерию с помощью программы «СППР «Решение»;

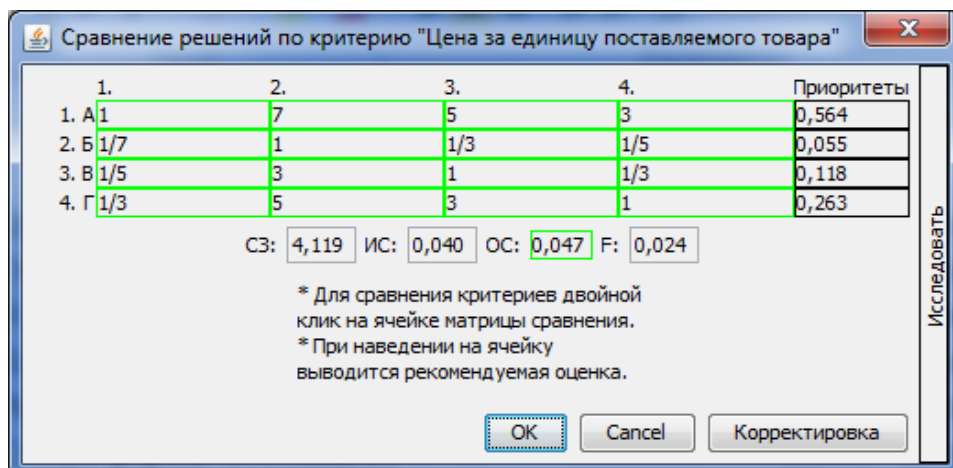


Рисунок 3.2 – Попарное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Цена за единицу поставляемого материала»

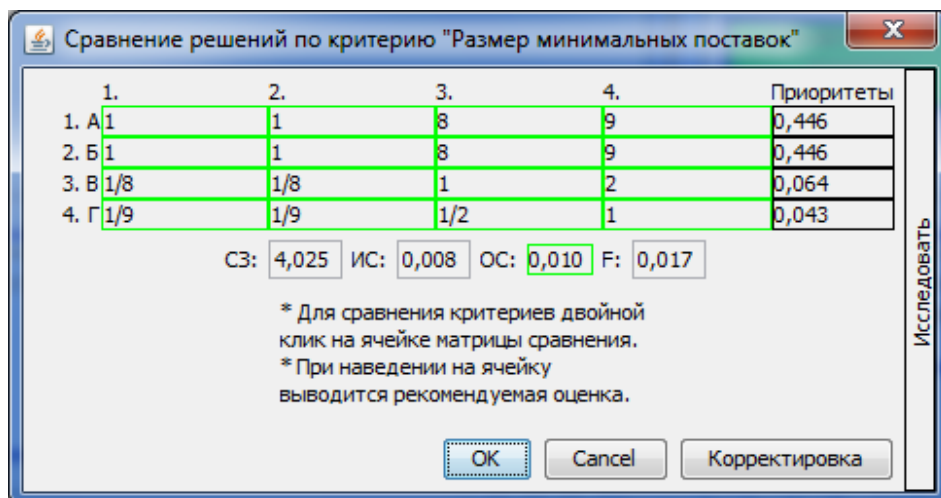


Рисунок 3.3 – Попарное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Размер минимальных поставок»

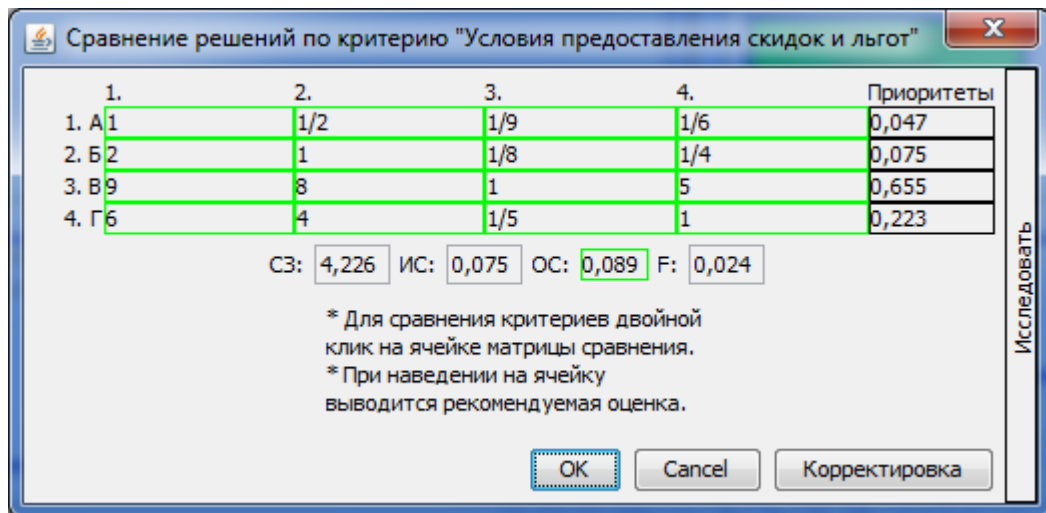


Рисунок 3.4 – Парное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Условия предоставления скидок и льгот»

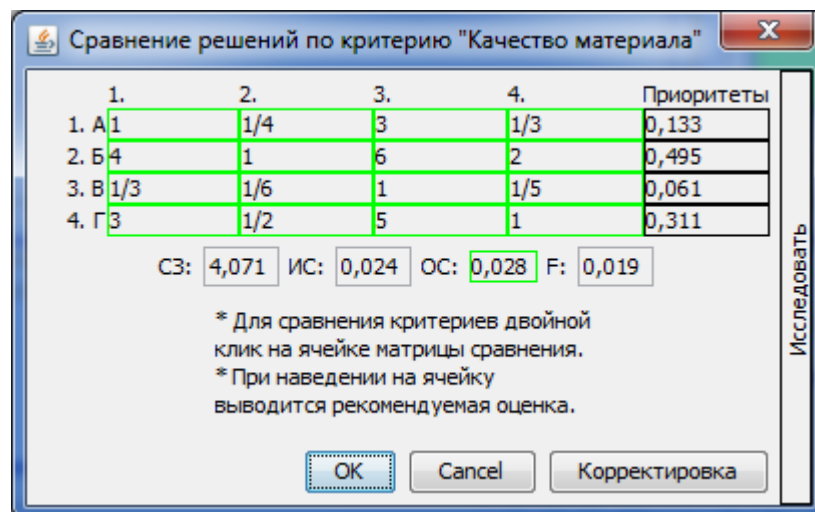


Рисунок 3.5 – Парное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Качество материала»

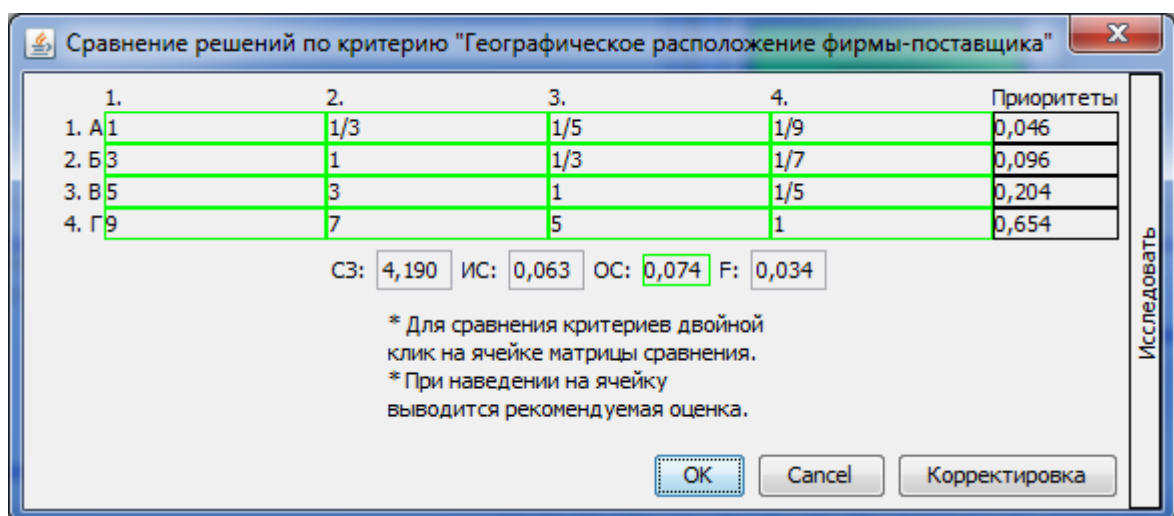


Рисунок 3.6 – Парное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Географическое расположение фирмы-поставщика»

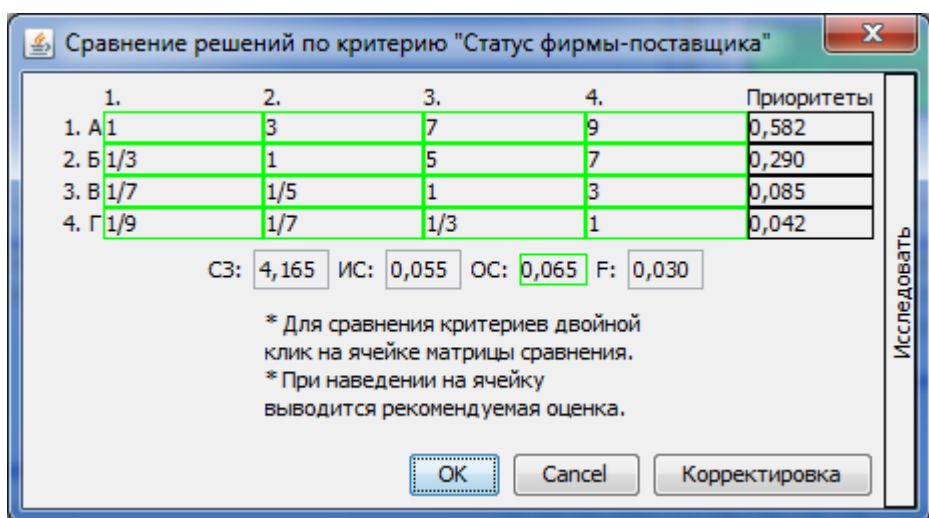


Рисунок 3.7 – Парное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Статус фирмы-поставщика»

3) отобразили результаты выбора наилучшей альтернативы при парном сравнении альтернатив с помощью программы «СППР «Решение» (Рисунок 3.8).

Рассматривается пример решения данной задачи с помощью использования степенного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы.

1) расставили критерии по порядку, распределили веса и рассчитали приведенную к единице весомость каждого критерия;

Таблица 3.10 – Сравнение критериев с помощью степенного упорядочивания

№	Критерии:	K _j	RK _j
1	Цена за единицу поставляемого материала	0,000017	0,321973
2	Географическое расположение фирмы-поставщика	0,000017	0,321973
3	Условия предоставления скидок и льгот	0,000008	0,158858
4	Качество материала	0,000005	0,098645
5	Размер минимальных поставок	0,000003	0,060994
6	Статус фирмы-поставщика	0,000002	0,037557
Сумма:		0,000053	1

2) упорядочили альтернативы по каждому критерию, распределили веса и рассчитали приведенную к единице весомость альтернативы по каждому критерию;

Таблица 3.11 – Сравнение альтернатив по критерию «Цена за единицу поставляемого материала» с помощью степенного упорядочивания при выборе наилучшей альтернативы

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	А	0,003906	0,500729
2	Г	0,002135	0,273647
3	В	0,001150	0,147362
4	Б	0,000611	0,078262
Сумма:		0,007801	1

Таблица 3.12 – Сравнение альтернатив по критерию «Размер минимальных поставок» с помощью степенного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	А	0,003021	0,387188
2	Б	0,003021	0,387188
3	В	0,001150	0,147362
4	Г	0,000611	0,078262
Сумма:		0,007801	1

Таблица 3.13 – Сравнение альтернатив по критерию «Условия предоставления скидок и льгот» с помощью степенного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	В	0,003906	0,500729
2	Г	0,002135	0,273647
3	Б	0,001150	0,147362
4	А	0,000611	0,078262
Сумма:		0,007801	1

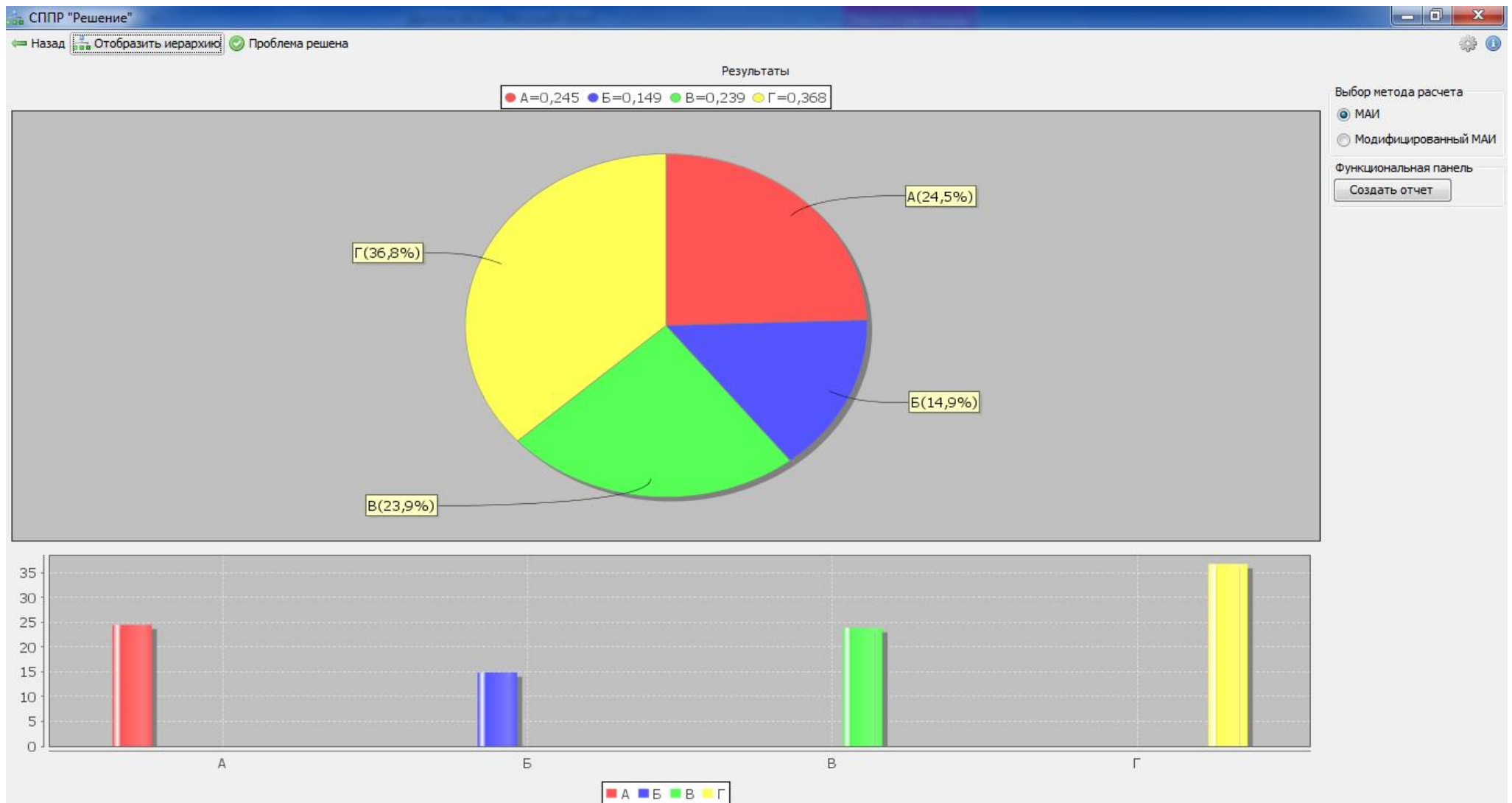


Рисунок 3.8 – Получение результата решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив

Таблица 3.14 – Сравнение альтернатив по критерию «Качество материала» с помощью степенного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Б	0,003906	0,500729
2	Г	0,002135	0,273647
3	А	0,001150	0,147362
4	В	0,000611	0,078262
Сумма:		0,007801	1

Таблица 3.15 – Сравнение альтернатив по критерию «Географическое расположение фирмы-поставщика» с помощью степенного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Г	0,003906	0,500729
2	В	0,002135	0,273647
3	Б	0,001150	0,147362
4	А	0,000611	0,078262
Сумма:		0,007801	1

Таблица 3.16 – Сравнение альтернатив по критерию «Статус фирмы-поставщика» с помощью степенного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	А	0,003906	0,500729
2	Б	0,002135	0,273647
3	В	0,001150	0,147362
4	Г	0,000611	0,078262
Сумма:		0,007801	1

3) рассчитали общую весомость каждой альтернативы и выбрали наилучшую альтернативу.

Таблица 3.17 – Расчет общей весомости каждой альтернативы

Г	32,75%
А	25,58%
В	23,73%
Б	17,93%

Таблица 3.18 – Выбор наилучшей альтернативы

Г	32,75%
---	--------

Следует в частности обратить внимание на то, что организация придает географическому расположению фирмы-поставщика такое же значение, как и цене поставляемого материала. Это обусловлено высокими транспортными тарифами на грузовые перевозки. Отметим, что организация, о которой идет речь, не очень озабочена по поводу минимального размера поставок и не придает большого значения статусу поставщика, хотя все же принимает его во внимание при отборе. По выбранным и взвешенным критериям оценивались все возможные варианты решений.

В ходе принятия управленческого решения лучшей альтернативой была выбрана альтернатива «Г» и с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив, и с помощью метода попарного сравнения, который лежит в основе метода анализа иерархий, и с помощью степенного упорядочивания весомостей альтернатив.

Сравнивая полученные результаты решения примера использования линейного упорядочивания весомостей альтернатив и результаты решения примера использования степенного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы с результатами решения этого примера при помощи метода попарного сравнения альтернатив можно отметить, что эти результаты идентичны.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора, равно шести равно $t \times (n \times (n - 1))$, где

m – число критериев, а n – число альтернатив, то есть общее число парных сравнений альтернатив равно 72. А в линейном упорядочивании весомостей альтернатив и степенном упорядочивании число операций упорядочивания равно $m \times (n + 1)$, где m – число критериев, а n – число альтернатив, то есть число операций упорядочивания равно 30.

Для подтверждения эффективности алгоритма степенного распределения весомостей альтернатив была разработана методика проведения эксперимента, в котором приняли участие студенты третьего и четвертого курса НИУ «БелГУ».

Цель эксперимента – сравнить время, затраченное на принятие решения с помощью метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий, со временем, затраченным на принятие решения с помощью линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений и временем, затраченным на принятие решения с помощью степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений. А также провести анализ результатов принятия решений с помощью трех методов.

Перед участниками было поставлено задача: оценить критерии и альтернативы выбора новых моделей планшетов с помощью метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий, в программе «СППР «Решение» и с помощью линейного упорядочивания в программе «Microsoft Excel».

Альтернативы:

- Apple iPad Air 2;
- Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb;
- Sony Xperia Z3 Tablet Compact;
- HTC Nexus 9;
- Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Windows.

Критерии:

- цена;

- вес;
- количество оперативной памяти;
- размер экрана;
- ёмкость аккумулятора.

Рассматривается пример использования линейного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы.

1) расставили критерии по порядку, распределили веса и рассчитали приведенную к единице весомость каждого критерия;

Таблица 3.19 – Сравнение критериев

№	Критерии:	Kj	RKj
1	Цена	1	0,333333
2	Количество ОЗУ	0,6	0,2
3	Размер экрана	0,6	0,2
4	Ёмкость аккумулятора	0,6	0,2
5	Вес	0,2	0,066667
Сумма:		3	

2) упорядочили альтернативы по каждому критерию, распределили веса и рассчитали приведенную к единице весомость альтернативы по каждому критерию;

Таблица 3.20 – Сравнение альтернатив по критерию «Цена»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	1	0,333333
2	HTC Nexus 9	0,6	0,2
3	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,6	0,2
4	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	0,6	0,2
5	Apple iPad Air 2	0,2	0,066667
Сумма:		3	

Таблица 3.21 – Сравнение альтернатив по критерию «Вес»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	1	0,333333
2	HTC Nexus 9	0,6	0,2
3	Apple iPad Air 2	0,6	0,2
4	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,6	0,2
5	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	0,2	0,066667
Сумма:		3	

Таблица 3.22 – Сравнение альтернатив по критерию «Количество ОЗУ»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	1	0,333333
2	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,8	0,266667
3	Apple iPad Air 2	0,5	0,166667
4	HTC Nexus 9	0,5	0,166667
5	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,2	0,066667
Сумма:		3	

Таблица 3.23 – Сравнение альтернатив по критерию «Размер экрана»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Apple iPad Air 2	0,8	0,266667
2	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,8	0,266667
3	HTC Nexus 9	0,8	0,266667
4	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,4	0,133333
5	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	0,2	0,066667
Сумма:		3	

Таблица 3.24 – Сравнение альтернатив по критерию «Ёмкость аккумулятора»

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	1	0,333333
2	Apple iPad Air 2	0,7	0,233333
3	HTC Nexus 9	0,7	0,233333
4	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,4	0,133333
5	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,2	0,066667
Сумма:		3	

3) рассчитали общую весомость каждой альтернативы и выбрали наилучшую альтернативу.

Таблица 3.25 – Расчет общей весомости каждой альтернативы

Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	22,00%
Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	21,56%
HTC Nexus 9	21,33%
Sony Xperia Z3 Tablet Compact	18,22%
Apple iPad Air 2	16,89%

Таблица 3.26 – Выбор наилучшей альтернативы

Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	22,00%
--	--------

Рассматривается пример использования метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий, при выборе наилучшей альтернативы.

1) произвели попарное сравнение и оценку критериев выбора с помощью программы «СППР «Решение»;

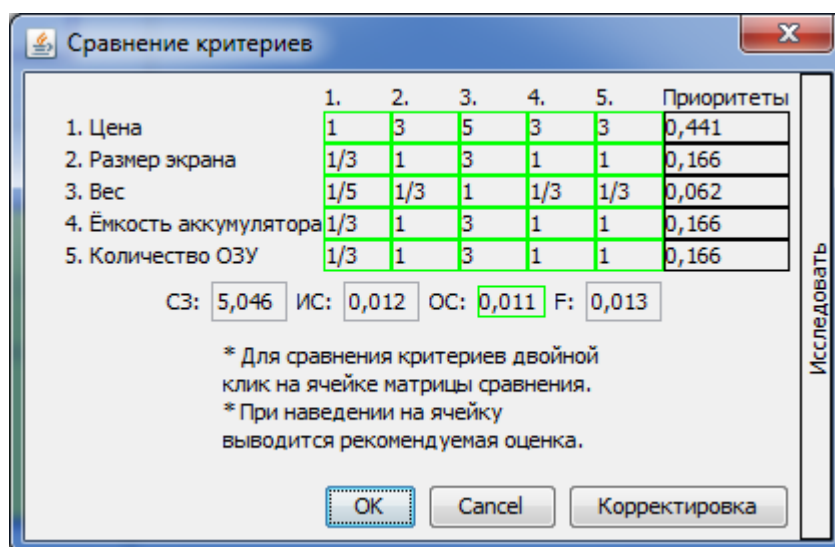


Рисунок 3.9 – Попарное сравнение и оценка критериев выбора

2) произвели попарное сравнение и оценку альтернатив выбора по каждому критерию с помощью программы «СППР «Решение»;

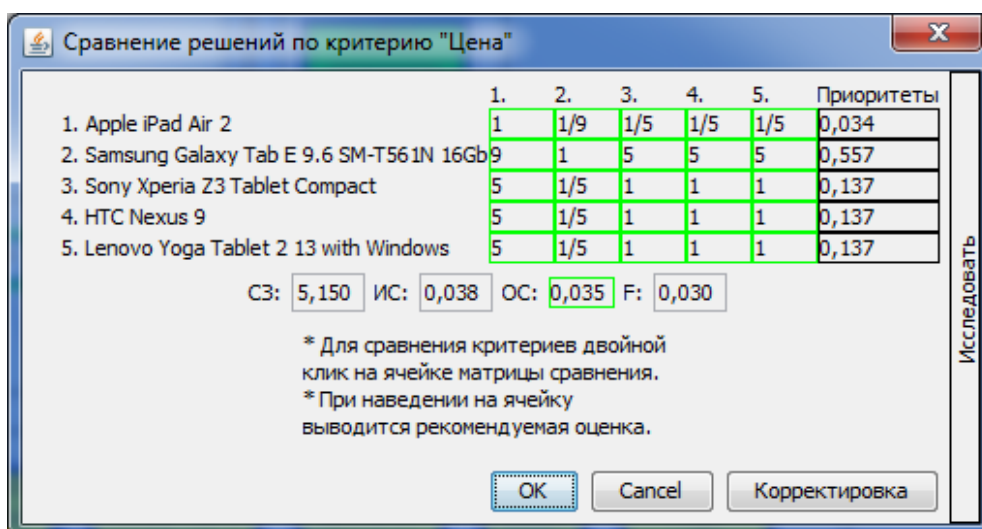


Рисунок 3.10 – Попарное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Цена»

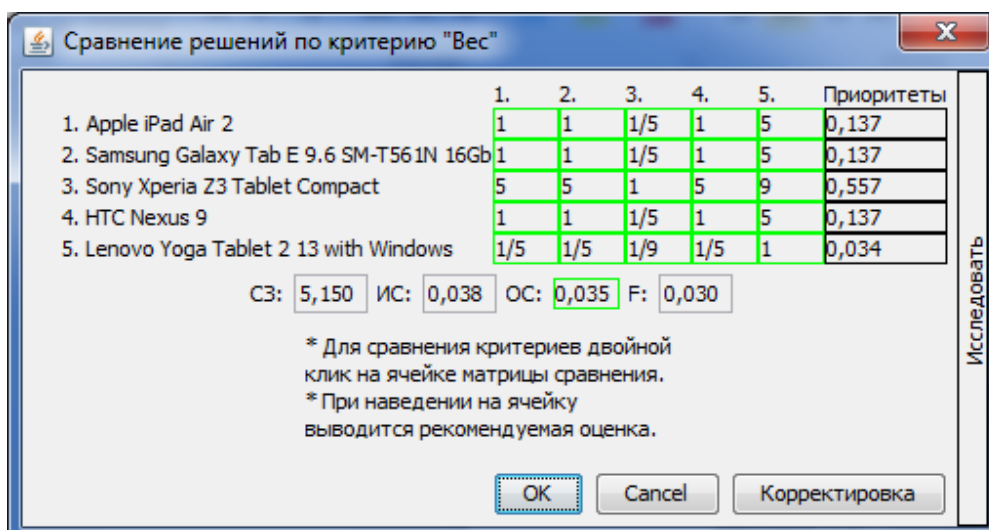


Рисунок 3.11 – Попарное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Вес»

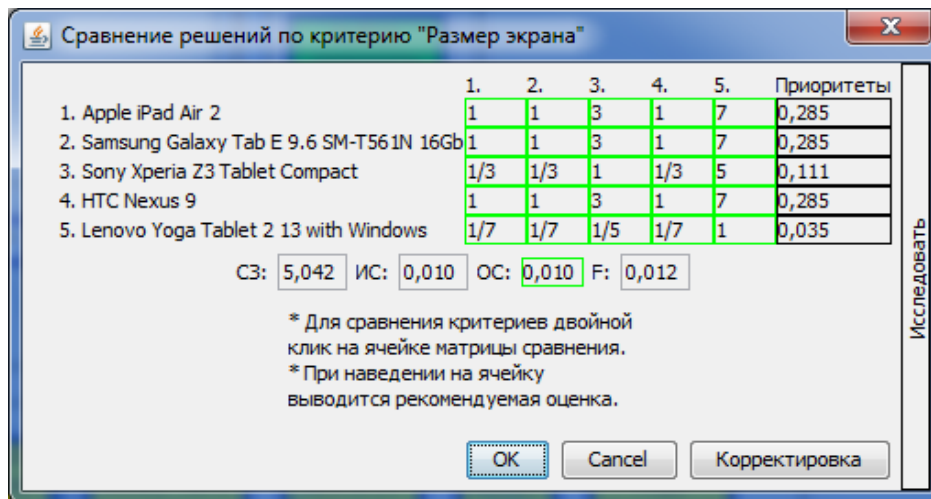


Рисунок 3.12 – Парное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Размер экрана»

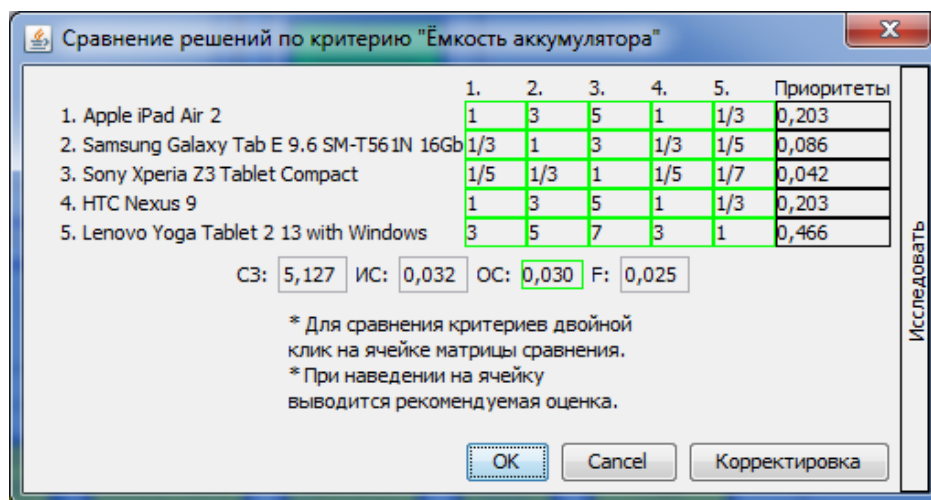


Рисунок 3.13 – Парное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Ёмкость аккумулятора»

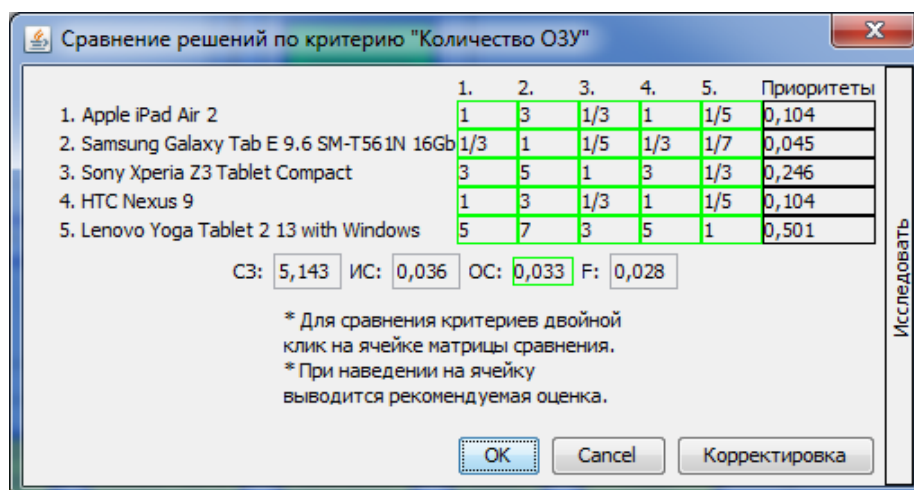


Рисунок 3.14 – Парное сравнение и оценка альтернатив выбора по критерию «Количество ОЗУ»

3) отобразили результаты выбора с помощью программы «СППР «Решение» (рисунок 3.15).

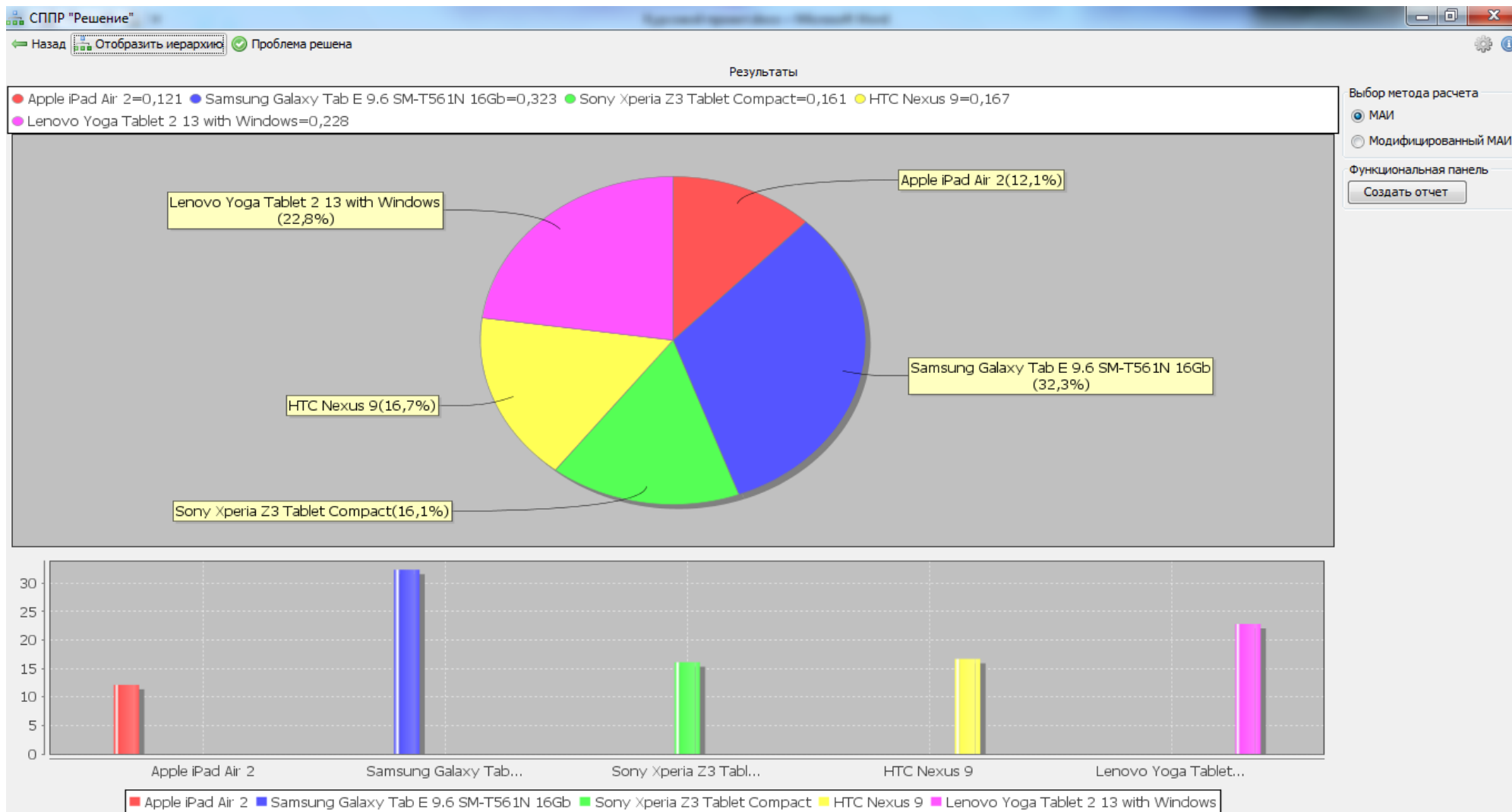


Рисунок 3.15 – Получение результата решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив

Рассматривается пример использования степенного упорядочивания весомостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы.

1) расставили критерии по порядку, распределили веса и рассчитали приведенную к единице весомость каждого критерия;

Таблица 3.27 – Сравнение критериев с помощью степенного упорядочивания

№	Критерии:	Kj	RKj
1	Цена	0,000320	0,443214
2	Количество ОЗУ	0,000122	0,168358
3	Размер экрана	0,000122	0,168358
4	Ёмкость аккумулятора	0,000122	0,168358
5	Вес	0,000037	0,051711
Сумма:		0,000722	1

2) упорядочили альтернативы по каждому критерию, распределили веса и рассчитали приведенную к единице весомость альтернативы по каждому критерию;

Таблица 3.28 – Сравнение альтернатив по критерию «Цена» с помощью степенного упорядочивания

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,000320	0,443214
2	HTC Nexus 9	0,000122	0,168358
3	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,000122	0,168358
4	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	0,000122	0,168358
5	Apple iPad Air 2	0,000037	0,051711
Сумма:		0,000722	1

Таблица 3.29 – Сравнение альтернатив по критерию «Вес» с помощью степенного упорядочивания

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,000320	0,443214
2	HTC Nexus 9	0,000122	0,168358
3	Apple iPad Air 2	0,000122	0,168358
4	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,000122	0,168358
5	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	0,000037	0,051711
Сумма:		0,000722	1

Таблица 3.30 – Сравнение альтернатив по критерию «Количество ОЗУ» с помощью степенного упорядочивания

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	0,000320	0,443214
2	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,000189	0,261967
3	Apple iPad Air 2	0,000088	0,121554
4	HTC Nexus 9	0,000088	0,121554
5	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,000037	0,051711
Сумма:		0,000722	1

Таблица 3.31 – Сравнение альтернатив по критерию «Размер экрана» с помощью степенного упорядочивания

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Apple iPad Air 2	0,000207	0,286278
2	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,000207	0,286278
3	HTC Nexus 9	0,000207	0,286278
4	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,000065	0,089456
5	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	0,000037	0,051711
Сумма:		0,000722	1

Таблица 3.32 – Сравнение альтернатив по критерию «Ёмкость аккумулятора» с помощью степенного упорядочивания

№	Альтернативы:	Ai	RAi
1	Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	0,000320	0,443214
2	Apple iPad Air 2	0,000150	0,207809
3	HTC Nexus 9	0,000150	0,207809
4	Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	0,000065	0,089456
5	Sony Xperia Z3 Tablet Compact	0,000037	0,051711
Сумма:		0,000722	1

3) рассчитали общую весомость каждой альтернативы и выбрали наилучшую альтернативу.

Таблица 3.33 – Расчет общей весомости каждой альтернативы

Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	27,71%
Lenovo Yoga Tablet 2 13 with Window	27,47%
Sony Xperia Z3 Tablet Compact	15,91%
HTC Nexus 9	15,38%
Apple iPad Air 2	13,53%

Таблица 3.34 – Выбор наилучшей альтернативы

Samsung Galaxy Tab E 9.6 SM-T561N 16Gb	27,71%
--	--------

По результатам эксперимента было выявлено, что участники принимали решения с помощью линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений в среднем за 23 минуты, что в 3,57 раза быстрее принятия решений с помощью метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий.

Сравнивая полученные результаты решения примера использования линейного упорядочивания весомостей альтернатив и результаты решения примера использования степенного упорядочивания весомостей альтернатив

при выборе наилучшей альтернативы с результатами решения этого примера при помощи метода попарного сравнения альтернатив можно отметить, что эти результаты идентичны.

Результаты выбора наилучшей альтернативы при линейном упорядочивании весомостей альтернатив совпадают с результатами выбора с помощью метода попарного сравнения альтернатив. Это позволяет сделать вывод, что в линейном упорядочивании весомостей альтернатив выбор наилучшей альтернативы производится не хуже чем в методе анализа иерархий, а в степенном упорядочивании весомостей альтернатив результаты принятия решений совпадают с результатами выбора с помощью метода попарного сравнения альтернатив.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора, равном шести равно $m \times (n \times (n - 1))$, где m —число критериев, а n – число альтернатив, то есть общее число парных сравнений альтернатив равно 100. А в линейном упорядочивании весомостей альтернатив число операций упорядочивания равно $m \times (n + 1)$, где m – число критериев, а n – число альтернатив, то есть число операций упорядочивания равно 30.

Рассматривается пример результатов решения проблемы с шестью альтернативами и шестью критериями выбора с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив при принятии управленческих решений, метода попарного сравнения альтернатив и степенного упорядочивания весомостей альтернатив при принятии управленческих решений.

Имеются шесть альтернатив: А1, А2, А3, А4, А5 и А6, оцениваемые по пяти критериям: К1, К2, К3, К4, К5 и К6.

Произвели оценку критериев и альтернатив и получили следующий результат.

Линейное распределение весомостей альтернатив:

Таблица 3.35 – Расчет общей весомости каждой альтернативы (линейное распределение)

A1	28,57%
A4	18,37%
A2	16,55%
A6	13,61%
A5	12,02%
A3	10,88%

Таблица 3.36 – Выбор наилучшей альтернативы (линейное распределение)

A1	28,57%
----	--------

Степенное распределение весомостей альтернатив:

Таблица 3.37 – Расчет общей весомости каждой альтернативы (линейное распределение)

A1	39,96%
A2	16,72%
A4	15,72%
A6	10,04%
A3	9,34%
A5	8,20%

Таблица 3.38 – Выбор наилучшей альтернативы (линейное распределение)

A1	39,96%
----	--------

Результат решения данного примера с помощью метода попарного сравнения представлен на рисунке 3.16.

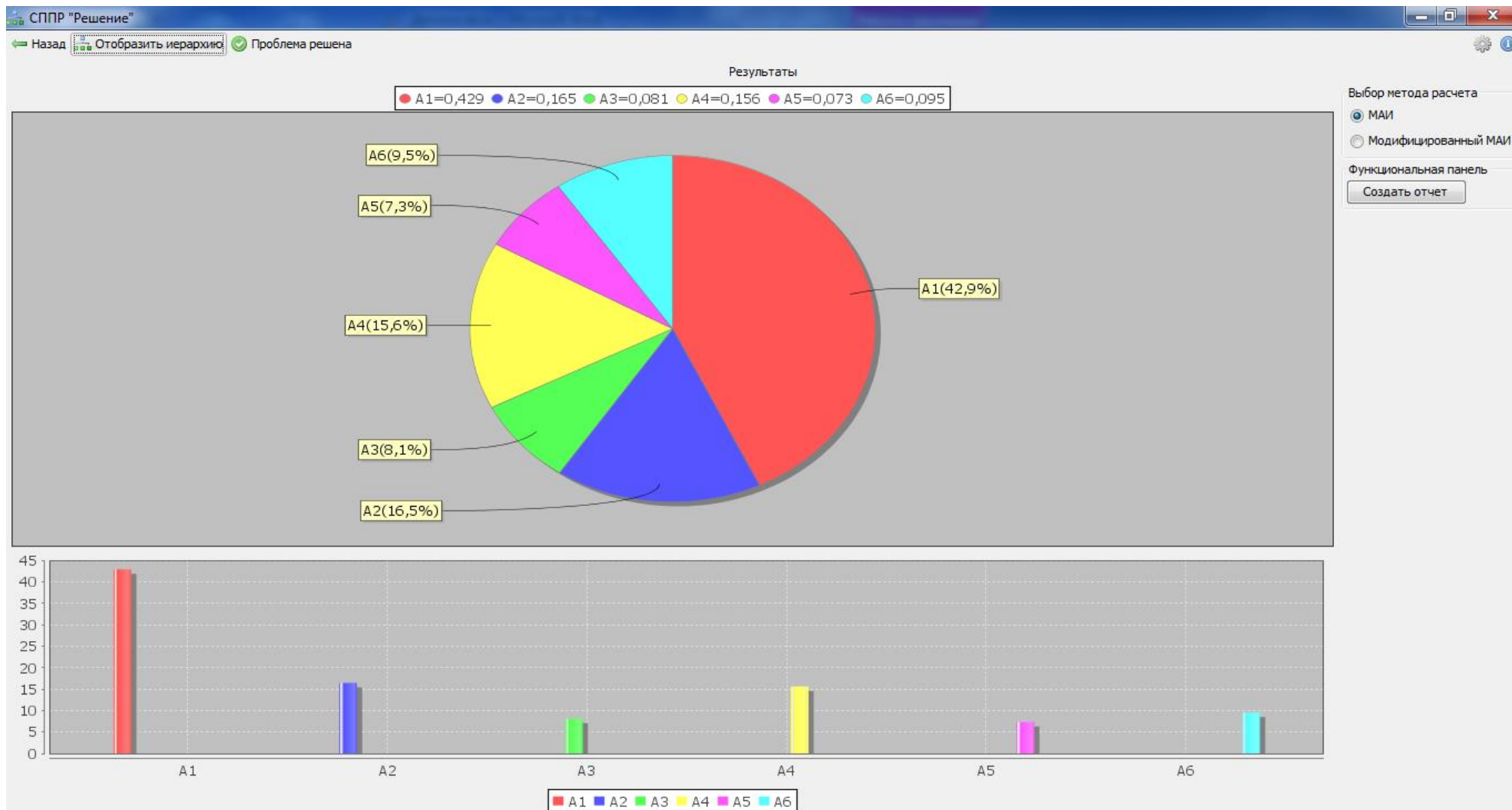


Рисунок 3.16 – Получение результата решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив

Сравнивая полученные результаты можно отметить, что результаты выбора наилучшей альтернативы при линейном упорядочивании весомостей альтернатив совпадают с результатами выбора наилучшей альтернативы с помощью метода попарного сравнения альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора равном шести. Но результат ранжирования альтернатив при парном сравнении совпадает с результатами ранжирования при степенном распределении весомостей альтернатив.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора, равном шести равно $m \times (n \times (n - 1))$, где m – число критериев, а n – число альтернатив, то есть общее число парных сравнений альтернатив равно 180. А в линейном и степенном упорядочивании весомостей альтернатив число операций упорядочивания равно $m \times (n + 1)$, где m – число критериев, а n – число альтернатив, то есть число операций упорядочивания равно 42.

Рассматривается пример результатов решения проблемы с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив при принятии управленческих решений, метода попарного сравнения альтернатив и степенного упорядочивания весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равном семи.

Линейное распределение весомостей альтернатив:

Таблица 3.39 – Расчет общей весомости каждой альтернативы (линейное распределение)

A1	19,13%
A7	15,82%
A2	13,52%
A3	13,27%
A4	13,01%
A5	12,76%
A6	12,50%

Таблица 3.40 – Выбор наилучшей альтернативы (линейное распределение)

A1	19,13%
----	--------

Степенное распределение весомостей альтернатив:

Таблица 3.41 – Расчет общей весомости каждой альтернативы (степенное распределение)

A1	28,50%
A7	18,01%
A2	14,11%
A6	10,78%
A3	10,58%
A5	9,04%
A4	8,98%

Таблица 3.42 – Выбор наилучшей альтернативы (степенное распределение)

A1	28,50%
----	--------

Результат решения данного примера с помощью метода попарного сравнения представлен на рисунке 3.17.

По результатам выбора наилучшей альтернативы при линейном упорядочивании весомостей альтернатив совпадают с результатами выбора с помощью метода попарного сравнения альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора равном семи. Но результат ранжирования альтернатив при парном сравнении совпадает с результатами ранжирования при степенном распределении весомостей альтернатив.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора, равном семи равно 294. А в линейном упорядочивании весомостей альтернатив и степенном упорядочивании весомостей альтернатив число операций упорядочивания равно 56.

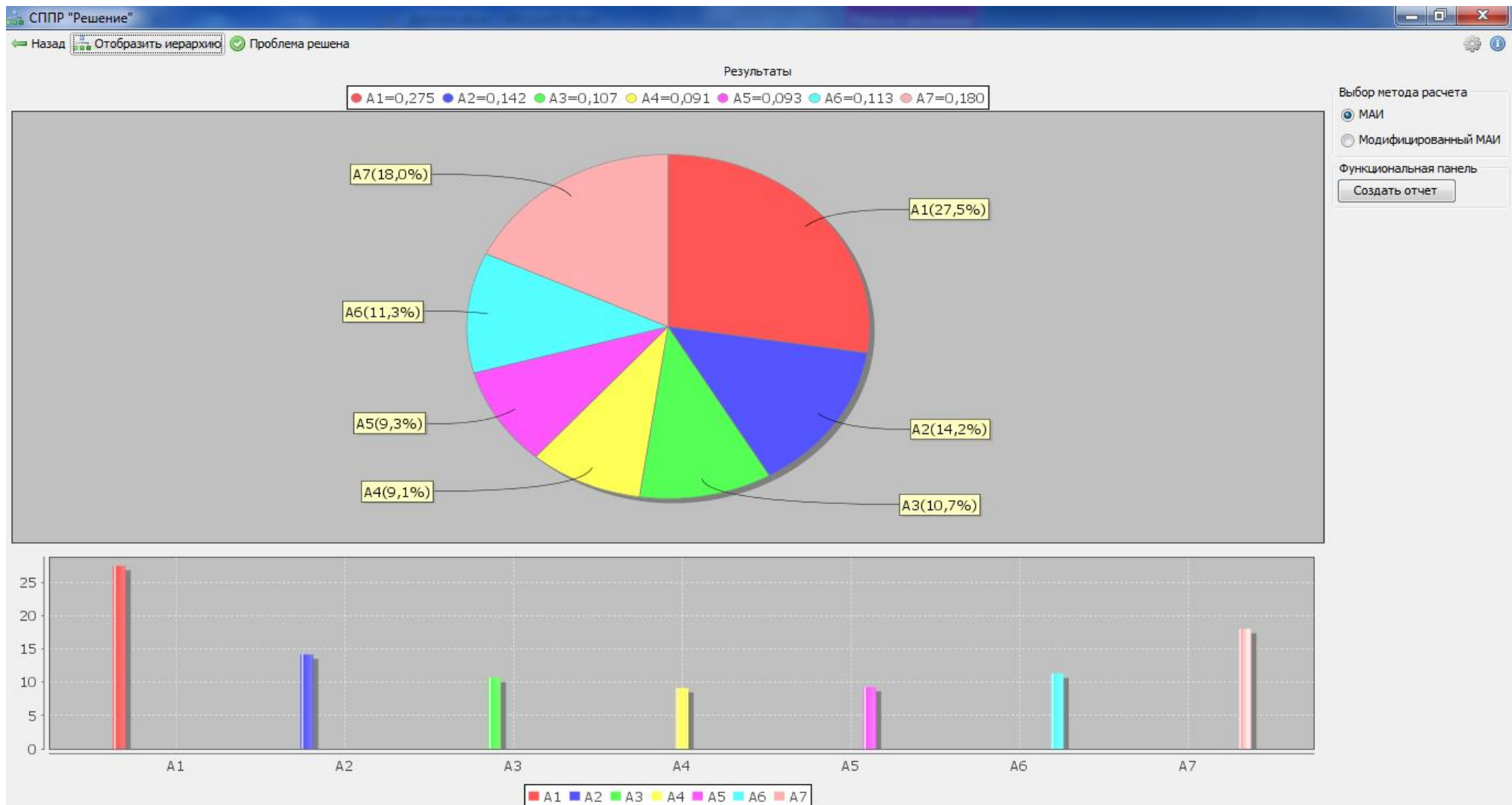


Рисунок 3.17 – Получение результата решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив

Рассматривается пример результатов решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив, линейного и степенного упорядочивания весоностей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равном восьми.

Таблица 3.43 – Расчет общей весоности каждой альтернативы (линейное распределение)

A1	13,04%
A5	12,65%
A3	12,65%
A2	12,50%
A4	12,50%
A8	12,35%
A7	12,19%
A6	12,11%

Таблица 3.44 – Выбор наилучшей альтернативы (линейное распределение)

A1	13,04%
----	--------

Степенное распределение:

Таблица 3.45 – Расчет общей весоности каждой альтернативы (степенное распределение)

A1	20,62%
A8	15,54%
A2	14,32%
A7	11,43%
A3	10,98%
A6	9,20%
A4	9,04%
A5	8,87%

Таблица 3.46 – Выбор наилучшей альтернативы (степенное распределение)

A1	20,62%
----	--------

Результат решения данного примера с помощью метода попарного сравнения представлен на рисунке 3.18.

По результатам выбора наилучшей альтернативы при линейном упорядочивании весомостей альтернатив стала альтернатива «A1», что совпадает с результатами выбора с помощью метода попарного сравнения альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора равном восьми. Результаты выбора наилучшей альтернативы с помощью двух методов совпадают.

Но результат ранжирования альтернатив при парном сравнении совпадает с результатами ранжирования при степенном распределении весомостей альтернатив.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора, равном восьми равно 448.

А в линейном упорядочивании весомостей альтернатив и степенном упорядочивании весомостей альтернатив число операций упорядочивания равно 72.

Рассматривается пример результатов решения проблемы с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив, метода попарного сравнения альтернатив и степенного упорядочивания весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равном девяти.

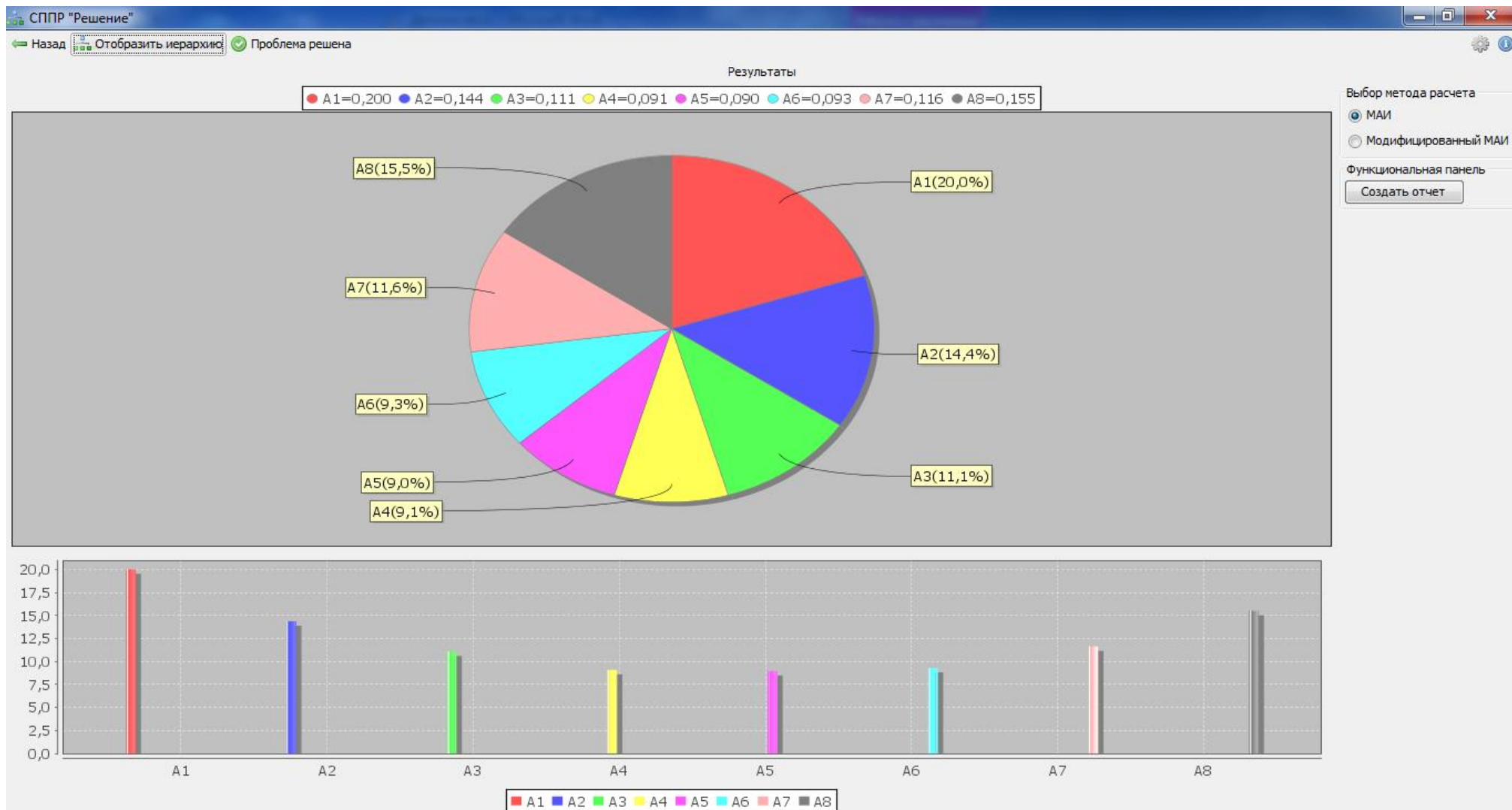


Рисунок 3.18 – Получение результата решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив

Результаты решения примера с помощью линейного распределения весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равным девяти:

Таблица 3.47 – Расчет общей весомости каждой альтернативы

A1	12,89%
A2	12,44%
A3	12,00%
A4	11,56%
A5	11,11%
A6	10,67%
A7	10,22%
A8	9,78%
A9	9,33%

Таблица 3.48 – Выбор наилучшей альтернативы

A1	12,89%
----	--------

Степенное распределение:

Таблица 3.49 – Расчет общей весомости каждой альтернативы

A1	20,13%
A2	14,59%
A9	12,97%
A3	10,91%
A8	9,89%
A4	8,64%
A7	8,08%
A5	7,49%
A6	7,31%

Таблица 3. 50 – Выбор наилучшей альтернативы

A1	20,13%
----	--------

Результат решения данного примера с помощью метода попарного сравнения представлен на рисунке 3.19.

Сравнивая полученные результаты можно отметить, что при выборе наилучшей альтернативы с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив стала альтернатива «A1», что совпадает с результатами выбора с помощью метода попарного сравнения альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора равном девяти. Результаты выбора наилучшей альтернативы с помощью двух методов совпадают.

Но результат ранжирования альтернатив при парном сравнении совпадает с результатами ранжирования при степенном распределении весомостей альтернатив.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора, равном девяти равно 648. А в линейном и степенном упорядочивании весомостей альтернатив число операций упорядочивания равно 90.

Рассматривается пример результатов решения проблемы с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив, метода попарного сравнения альтернатив и степенного упорядочивания весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равном десяти.

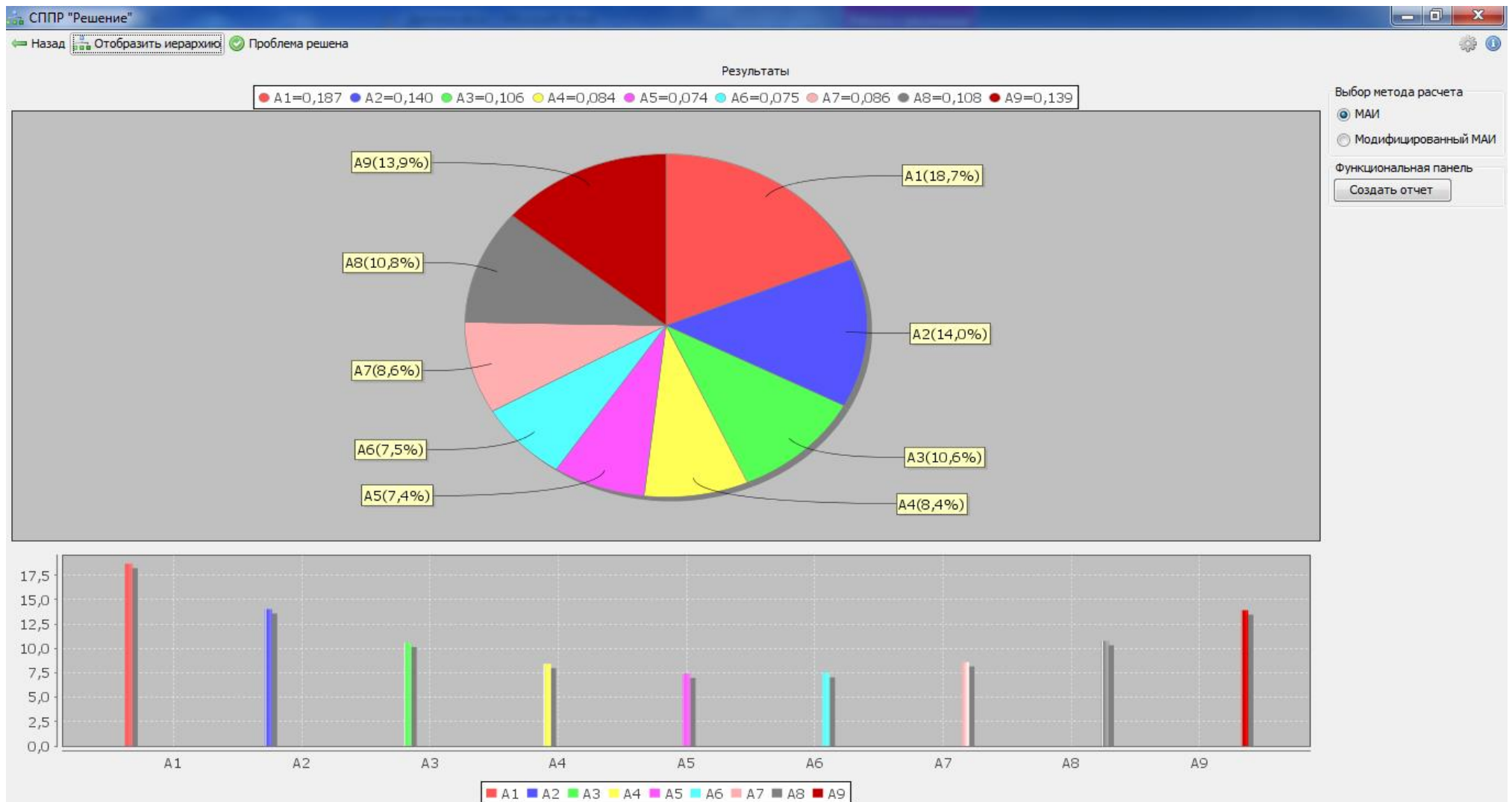


Рисунок 3.19 – Получение результата решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив

Результаты решения примера с помощью линейного распределения весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равным десяти:

Таблица 3.51 – Расчет общей весомости каждой альтернативы (линейное распределение)

A1	17,88%
A2	16,13%
A3	14,38%
A4	12,63%
A5	10,88%
A6	9,12%
A7	7,37%
A8	5,62%
A9	3,87%
A10	2,12%

Таблица 3.52 – Выбор наилучшей альтернативы (линейное распределение)

A1	17,88%
----	--------

Результаты решения примера с помощью степенного распределения весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равным десяти представлены в таблице 3.53 и таблице 3.54.

Результат решения данного примера с помощью метода попарного сравнения представлен на рисунке 3.20.

Сравнивая полученные результаты можно отметить, что результаты выбора наилучшей альтернативы с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив совпадают с результатами выбора с помощью метода попарного сравнения альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора равном десяти.

Но результат ранжирования альтернатив при парном сравнении совпадает с результатами ранжирования при степенном распределении весомостей альтернатив.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора, равном десяти равно 900. А в линейном и степенном упорядочивании весомостей альтернатив число операций упорядочивания равно 110.

Таблица 3.53 – Расчет общей весомости каждой альтернативы (степенное распределение)

A1	28,94%
A2	20,80%
A3	14,95%
A4	10,75%
A5	7,74%
A6	5,59%
A7	4,07%
A8	3,02%
A9	2,30%
A10	1,85%

Таблица 3.54 – Выбор наилучшей альтернативы (степенное распределение)

A1	28,94%
----	--------

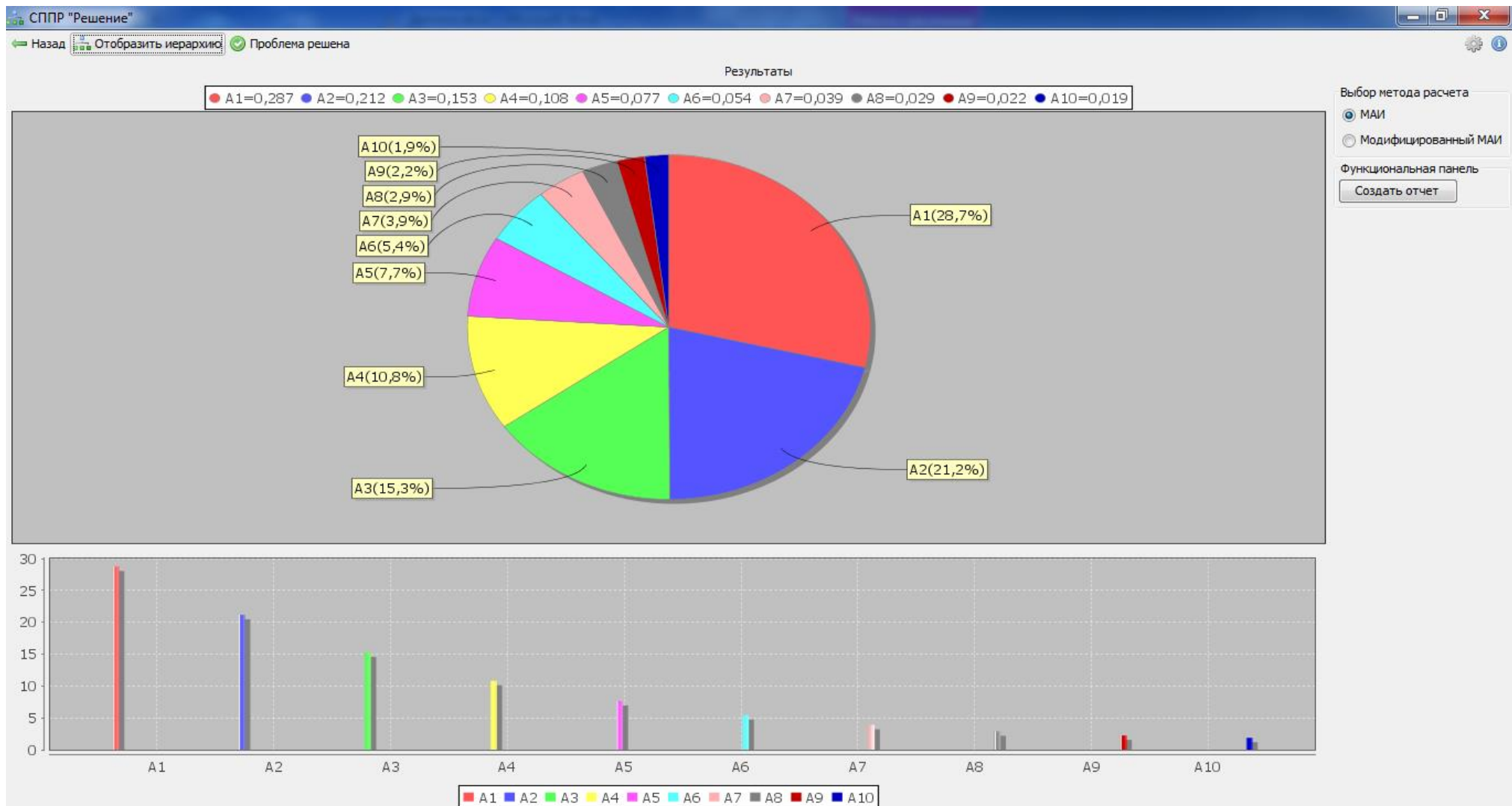


Рисунок 3.20 – Получение результата решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив

Рассматривается пример результатов решения проблемы с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив, метода попарного сравнения альтернатив и степенного упорядочивания весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равном одиннадцати.

Результаты решения примера с помощью линейного распределения весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равным одиннадцати:

Таблица 3.55 – Расчет общей весомости каждой альтернативы

A1	16,64%
A3	13,38%
A2	13,29%
A4	11,87%
A5	10,35%
A6	9,76%
A8	7,44%
A7	6,80%
A9	4,78%
A10	3,26%
A11	2,43%

Таблица 3.56 – Выбор наилучшей альтернативы

A1	16,64%
----	--------

Результаты решения примера с помощью степенного распределения весомостей альтернатив выбора при количестве альтернатив и критериев равным одиннадцати:

Таблица 3.57– Расчет общей весомости каждой альтернативы

A1	27,52%
A2	16,43%
A3	14,01%
A4	10,27%
A6	7,65%
A5	7,52%
A8	6,60%
A7	3,93%
A9	2,45%
A11	1,83%
A10	1,79%

Таблица 3.58 – Выбор наилучшей альтернативы

A1	27,52%
----	--------

Результат решения данного примера с помощью метода попарного сравнения представлен на рисунке 3.21.

По результатам проведения исследования можно отметить, что результаты выбора наилучшей альтернативы с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив совпадают с результатами выбора с помощью метода попарного сравнения альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора равном одиннадцати. Но результат ранжирования альтернатив при парном сравнении совпадает с результатами ранжирования при степенном распределении весомостей альтернатив.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора, равном одиннадцати равно 1210. А в линейном и степенном упорядочивании весомостей альтернатив число операций упорядочивания равно 132.

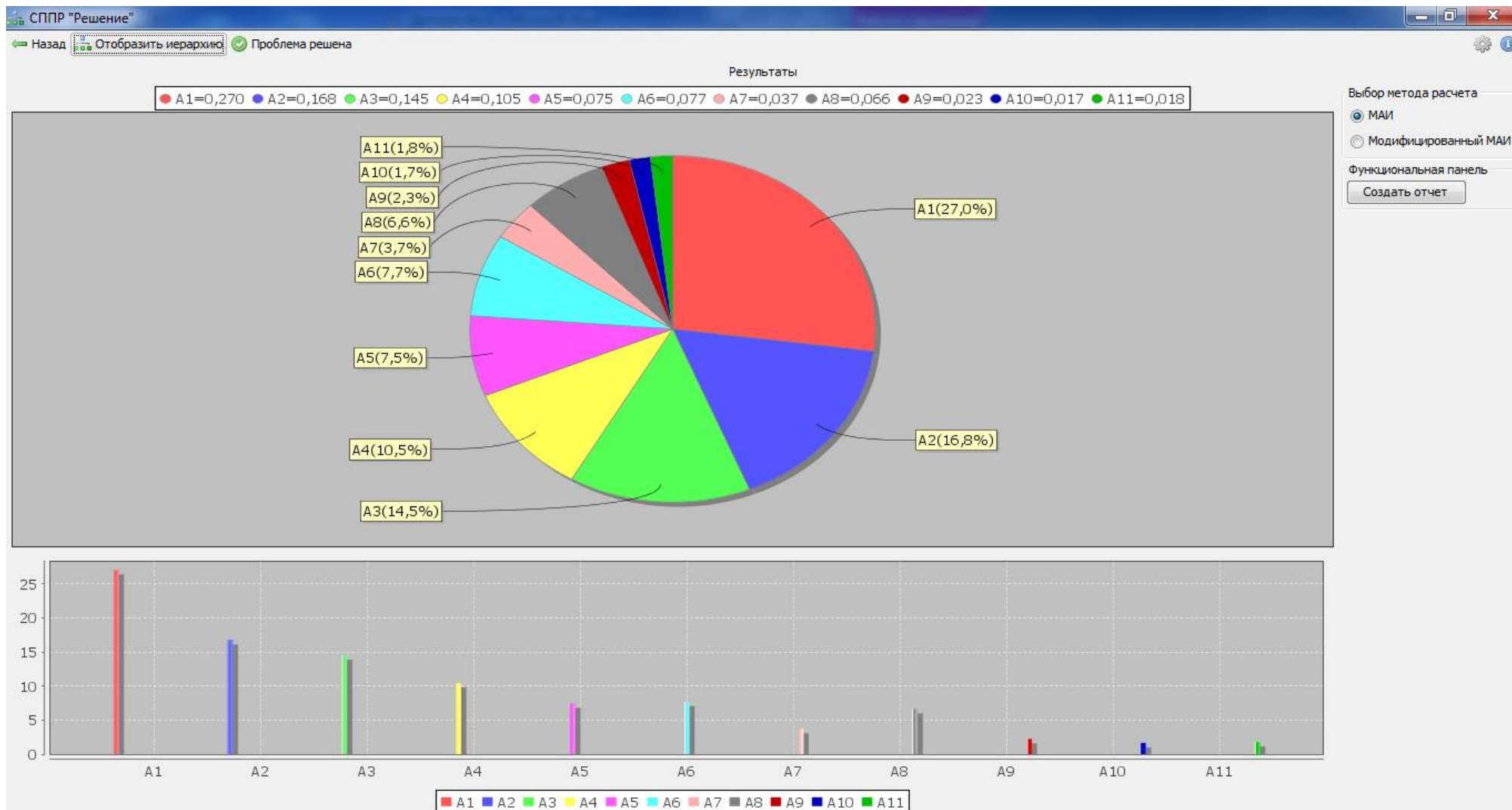


Рисунок 3.21 – Получение результата решения проблемы с помощью метода попарного сравнения альтернатив

Достоинства линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений:

- 1) значительное сокращение времени для принятия решения;
- 2) возможность принятия решения с большим количеством критериев и альтернатив;
- 3) малое число операций и их простота;
- 4) иерархическая упорядоченность проблемы.

Для более точного результата целесообразно использовать линейное распределение весомостей альтернатив при принятии управленческих решений как начальный этап принятия решений с помощью метода анализа иерархий.

Достоинства степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений:

- 1) значительное сокращение времени для принятия решения;
- 2) возможность принятия решения с большим количеством критериев и альтернатив;
- 3) малое число операций и их простота;
- 4) иерархическая упорядоченность проблемы;
- 5) возможность выбрать не только наилучшую альтернативу, но и более точно проранжировать альтернативы выбора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследования была достигнута цель магистерской диссертации: сократили время и уменьшили число операций при принятии управленческих решений на основе алгоритма формирования степенной последовательности весомостей альтернатив.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) исследовали современные методы принятия решений;
- 2) исследовали алгоритм линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений;
- 3) разработали алгоритм степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений;
- 4) провели сравнительный анализ алгоритма линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений, степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений и метода попарного сравнения альтернатив выбора.

С учетом того, что операция простого упорядочивания вариантов по их важности без назначения весов является простой, т.е. лицо, принимающее решение, не использует в линейном и степенном распределении весомостей альтернатив упрощенных стратегий и не совершает ошибок, представляется обоснованным ее применение в процессе принятия решений вместо парных сравнений, особенно в случаях предварительного отбора из большого числа альтернатив.

Следует отметить, что линейное распределение весомостей альтернатив при принятии управленческих решений применяется в тех случаях, когда присутствуют:

- ограниченность времени для принятия решения;
- большое количество критериев и альтернатив;
- личный выбор лица, принимающего решение, особенно в случаях, когда нет возможности провести точное сравнение многочисленных вариантов.

В свою очередь, степенное распределение весомостей альтернатив при принятии управленческих решений применяется в тех случаях, когда присутствуют:

- ограниченность времени для принятия решения;
- большое количество критериев и альтернатив;
- личный выбор лица, принимающего решение;
- потребность в более точном результате;
- потребность в выборе не только наилучшей альтернативы, но и в

точном ранжировании альтернатив выбора.

Главным достоинством использования линейного распределения весомостей по сравнению с методом попарного сравнения альтернатив является малое число операций и их простота, которая помогает лицу, принимающему решение, не допустить ошибку. За счет этого происходит экономия времени для принятия решения и снижается вероятность совершения лицом, принимающим решение, ошибки в принятии решения, особенно в случае большого количества критериев и альтернатив.

Важным достоинством использования предлагаемого степенного распределения весомостей альтернатив по сравнению с линейным распределением весомостей альтернатив является возможность выбора не только наилучшей альтернативы, но точным ранжированием альтернатив выбора при принятии управленческих решений.

Линейное и степенное распределение весомостей применимо для принятия решения как отдельно от метода анализа иерархий, так и совместно с этим методом. В данной ситуации линейное распределение весомостей будет начальным этапом при принятии решения. Смысл этого начального этапа состоит в отбрасывании проигрышных альтернатив перед окончательным оцениванием по методу анализа иерархий.

Для подтверждения эффективности алгоритма степенного распределения весомостей альтернатив была разработана методика

проведения эксперимента, в котором приняли участие студенты третьего и четвертого курса НИУ «БелГУ».

Целью эксперимента было сравнение времени, затраченного на принятие решения с помощью метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий и временем, затраченным на принятие решения с помощью линейного распределения весовостей альтернатив при принятии управленческих решений, со временем, затраченным на принятие решения с помощью степенного распределения весовостей альтернатив при принятии управленческих решений, а также проведение анализа результатов принятия решений с помощью трех методов.

По результатам эксперимента было выявлено, что участники принимали решения с помощью линейного и степенного распределения весовостей альтернатив при принятии управленческих решений в среднем за 23 минуты, что в 3,57 раза быстрее принятия решений с помощью метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий.

Сравнивая полученные результаты решения примера использования линейного упорядочивания весовостей альтернатив при выборе наилучшей альтернативы с результатами решения этого примера при помощи метода попарного сравнения альтернатив можно отметить, что эти результаты идентичны.

Но результат ранжирования альтернатив при парном сравнении совпадает с результатами ранжирования при степенном распределении весовостей альтернатив.

Целью проведения исследования метода попарного сравнения, линейного и степенного распределения весовостей альтернатив при разных количествах критериев и альтернатив было сравнение результатов принятия решения с помощью метода попарного сравнения альтернатив, который лежит в основе метода анализа иерархий, и результатов принятия решения с помощью линейного распределения весовостей альтернатив при принятии

управленческих решений с результатами принятия решения с помощью степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений.

В рамках исследования были решены проблемы с разным количеством критериев и альтернатив, их количество варьировалось в пределах от 4 до 11.

По результатам проведения исследования можно отметить, что результаты выбора наилучшей альтернативы с помощью линейного упорядочивания весомостей альтернатив совпадают с результатами выбора с помощью метода попарного сравнения альтернатив при количестве альтернатив и критериев выбора равном одиннадцати. А результаты ранжирования альтернатив выбора при помощи попарного сравнения альтернатив и степенном распределении весомостей альтернатив при принятии управленческих решений идентичны.

Причем, общее число парных сравнений альтернатив превышало число операций упорядочивания при линейном упорядочивании весомостей альтернатив в $n^2 - 1$ раз.

Достоинства линейного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений:

- 1) значительное сокращение времени для принятия решения;
- 2) возможность принятия решения с большим количеством критериев и альтернатив;
- 3) малое число операций и их простота;
- 4) иерархическая упорядоченность проблемы.

Для более точного результата целесообразно использовать линейное распределение весомостей альтернатив при принятии управленческих решений как начальный этап принятия решений с помощью метода анализа иерархий.

Достоинства степенного распределения весомостей альтернатив при принятии управленческих решений:

- 1) значительное сокращение времени для принятия решения;
- 2) возможность принятия решения с большим количеством критериев и альтернатив;
- 3) малое число операций и их простота;
- 4) иерархическая упорядоченность проблемы;
- 5) возможность выбрать не только наилучшую альтернативу, но и более точно проранжировать альтернативы выбора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрейчиков, А.В. Использование методов анализа иерархий и сетей в СППР [Текст] / А.В. Андрейчиков. – М.: Изд-во Наука, 2004.-№6, с. 80–99.
2. Андрейчикова, О. Н. Интеллектуальные системы для поддержки процессов принятия решений: Учебное пособие [Текст] / О. Н. Андрейчикова. – Волгоград: Издательство ВолгГТУ, 1996. – 93 с.
3. Баин А.М. Современные информационные технологии систем поддержки принятия решений [Текст] / А.М. Баин // – М.: Форум, 2009.
4. Вишнеков, А.В. Многоцелевые задачи принятия проектных решений: Учебное пособие [Текст] / А.В.Вишнеков, Н.С.Курилова, И.Е.Сафонова, В.И. Штейнберг. – М.: МГИЭМ, 2002. - 101 с.
5. Вишнеков А.В. Методы экспертных оценок [Текст] / А.В.Вишнеков, И.Е.Сафонова, Н.С.Курилова, В.И.Бадудин. – М.: МГИЭМ, 2001. - 24 с.
6. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления [Текст]. – Взамен ГОСТ 7.32-91; Введ. 01.07.2002. – М: Стандартиформ, 2008. – 20 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу).
7. ГОСТ 2.105-95. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВЫМ ДОКУМЕНТАМ [Текст]. Взамен ГОСТ 2.105-79, ГОСТ 2.906-71; Введ. 01.06.1996. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2007. – 30 с. – (Единая система конструкторской документации).
8. Дробышев, А.В. Методы принятия решений. Метод ранжирования альтернатив и метод анализа платежной матрицы [Текст] / И.Е.Сафонова, А.В.Дробышев, К.Ю.Мишин, С.В.Цыганов. – М.: МГИЭМ, 2007. – 23 с.

9. Есиков, О.В. Автоматизированные информационные системы: методы построения и исследования. Модели и методы поддержки принятия решений [Текст] / О.В. Есиков. – М.: Инфра-М, 2010.
10. Колесников, А. В. Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки [Текст] / А.В. Колесников. — СПб.: СПбГТУ, 2001.
11. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах [Текст] / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
12. Ларичев, О. И., Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития [Текст] / О.И. Ларичев, А. В. Петровский.– М.: ВИНТИ, 1987. С. 131–164.
13. Литвак, Б.Г. Экспертные технологии управления [Текст] / Б.Г. Литвак. – М.: Дело, 2004.
14. Лифиренко, М.В. Система поддержки принятия управленческих решений на основе усовершенствованного аналитико-иерархического процесса № 2013616249 Российская Федерация / М.В. Лифиренко, В.В.Ломакин заявл. № 201364230 от 21.05.13; опубл. 02.07.13.
15. Логунова, Е.А. Математические модели систем поддержки принятия решений [электронный ресурс]. – режим доступа: <http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/3423-2012-07-29-14-43-08>, свободный.
16. Ломакин, В.В. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов [Текст] / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – С.1798-1803.
17. Ломакин, В.В. Комплекс критериев и алгоритмическое обеспечение процесса принятия решений при создании систем управления наружным освещением [Текст] / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко, Р.Г. Асадуллаев // Фундаментальные исследования: научный журнал. – Москва: Российская академия естествознания - 2014. – № 11(11). – С. 2370-2374.

18. Маматова, М.А. Принятие решений на основании непосредственного формирования векторов альтернатив и критериев [Текст] / М.А. Маматова, В.В. Ломакин // Управление в XXI веке: сборник статей по материалам Международной научно- практической конференции. НИУ «БелГУ», 23 октября 2015 года / отв. ред. В.М. Захаров. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2015. – С. 367–370.

19. Ломакин, В.В. Система поддержки принятия решений с автоматизированными средствами корректировки суждений экспертов [Текст] / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко // Научные ведомости Белгородского государственного университета: научный журнал. – Белгород: Издательский дом «Белгород». – 2014. – №1(172) выпуск 29/1. – С. 114–120.

20. Маматова, М.А. Упорядочивание альтернатив при принятии решений на основании линейного распределения весовостей [Текст] / М.А. Маматова // Электронный сборник научных работ «Современные проблемы менеджмента» / отв. ред. доц. к.э.н., Прядко С.Н., доц. к.э.н., Парфенова Е.Н. – Белгород: Издательский дом «Белгород» НИУ «БелГУ», 2015. – С. 26–30.

21. Орлов, А.И. Теория принятия решений [Текст] / А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2005.

22. Питер, Д. Введение в экспертные системы: Пер. с англ.: Уч.пос. [Текст] / Д. Питер. – М.: Издательский дом «Вильяме», 2001. – 624 с.

23. Положение о выпускных квалификационных работах дипломированного специалиста, бакалавра, по программам получения дополнительных квалификаций от 15 октября 2007 г. (с изменениями и дополнениями от 22.06.2009 г.). [Текст] – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 20 с.

24. Попов, А.Л. Предметно-ориентированные информационные системы контроля [Текст] / А.Л. Попов, Е.А. Трофимова, Л.И. Крутова, А.Л. Гальперин. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. – 248 с.

25. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
26. Сараев, А. Д. Системный анализ и современные информационные технологии [Текст] / А. Д. Сараев, О. А. Щербина. – Симферополь: СОНАТ, 2006. — С. 47–59.
27. Ситнов, А.А. Аудит информационных систем: монография для магистров [Текст] / А.А. Ситнов, А.И. Уринцов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2014. – 239 с.
28. Смирнов, Э.А. Разработка управленческих решений [Текст] / Э.А. Смирнов. – М.: Юнити-Дана, 2000.
29. Смирнов, Э.А. Управленческие решения: Учебное пособие [Текст] / Э.А. Смирнов. – М.: Инфра-М, 2001.
30. Терелянский, П. В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография [Текст] / П. В. Терелянский. – Волгоград: Издательство ВолгГТУ, 2009. – 127 с.
31. Титова, Н.Л. Разработка управленческих решений: курс лекций [Текст] / Н.Л. Титова. – М.: ГУ ВШЭ, 2004.
32. Трахтенгерц, Э.А. Анализ ведения деловых переговоров с помощью компьютерных систем поддержки принятия групповых решений [Текст] / Э.А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 2002.
33. Трахтенгерц, Э.А. Возможности и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений [Текст] / Э.А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 2001.
34. Трахтенгерц, Э.А. Компьютерная поддержка переговоров при согласовании управленческих решений [Текст] / Э.А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 2003.
35. Трахтенгерц, Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений [Текст] / Э.А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 2000.
36. Трахтенгерц, Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений [Текст] / Э.А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 2002.

37. Уринцов, А.И. Системы формирования и принятия решений в условиях информатизации общества: Монография [Текст] / А.И. Уринцов, В.В. Дик. – М.: Евразийский открытый институт, 2008. – 224 с.

38. Уринцов, А.И. Системы поддержки принятия решения [Текст] / А.И. Уринцов, В.В. Дик. – М.: МЭСИ, 2009.

39. Черноруцкий, И.Г. Методы принятия решений [Текст] / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005

40. Шершаков, В.М. Исследование и разработка методов и программных систем поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях, связанных с радиоактивным заражением окружающей среды [Текст] / В.М. Шершаков. – М.: Ин-т проблем управления, 2001.