

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 004:621.382

На правах рукописи

Ван СинЦи

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ДАННЫХ
ДЛЯ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра техники и технологий

по специальности 1-39 81 01 – Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Минск 2018

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Осипович Виталий Семёнович

доцент, кандидат. техн. наук, доцент кафедры инженерной психологии и эргономики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Защита диссертации состоится «27» июня 2018 г. года в 10⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Сегодняшнее общество - это эпоха, полная выбора и вызовов. Каждый выбор и решение могут привести к разным результатам Многоцелевой метод принятия решений, предложенный в 1970-х годах, обеспечил научную основу и метод для нашего отбора. Многоплановое принятие решений - это научный и рациональный выбор нескольких противоречивых целей, а затем теория и метод принятия решений. Это новая отрасль науки управления, которая быстро развивалась после 1970-х годов. Многоцелевой метод принятия решений включает в себя множество моделей решений: ELECTRE, PROMETHEE, АНР и т. д.

Сегодня благодаря быстрому развитию информационных технологий, мобильные телефоны стали основным базовым инструментом для использования людьми в качестве базовой информации для связи и сети. В 1984 году Motorola выпустила первый в мире мобильный телефон – Dyna TAC8000X. После более чем 30-летней разработки, функция мобильных телефонов – это не просто общение, но и доступ в Интернет, развлечения. Можно видеть, что смартфоны занимают все более важное место в жизни людей сегодня.

Проблема выбора при принятии решений присутствует абсолютно во всех сферах деятельности современного человека. Люди должны принимать решения в любом месте и в любое время. Принимаемое решение, очевидно, должно быть наилучшим из представленных альтернатив, однако рассмотреть все аспекты и детали, которые могут влиять на выбор в принятии решения невозможно без посторонней помощи.

Процесс аналитической иерархии является широко используемой моделью принятия решений для многоцелевого принятия решений. Сначала он разлагает сложные многоцелевые процессы принятия решений, а затем синтезирует их, упрощая процесс принятия решений. В настоящее время АНР получает все больше внимания со стороны академических кругов в стране и за рубежом. Наша страна была применена к региональному экономическому планированию, стратегии развития животноводства, системному анализу промышленных секторов и т. Д.

Хотя он упрощает процесс принятия решений, на этапе получения исходных данных, легко совершать ошибки по сравнению с теми, у кого нет знаний о АНР. Предложена концепция построения информационной системы поддержки принятия решений. Система основана на математическом аппарате метода анализа иерархий и интеграции с внешними хранилищами Big Data.

Показана необходимость минимизации участия пользователя в заполнении матриц парных сравнений. Для достижения точности в расчётах глобальных приоритетов альтернатив необходимо использовать оригинальную методику лингвистических оценок критериев.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Решения распространяются на различные сферы жизни людей. Для некоторых многоцелевых проблем, которые трудно принять за короткий промежуток времени, применение методов анализа решений значительно сократит время принятия решений людьми. Данный метод был предложен Саати (Saaty, The Analytic Hierarchy Process, 1980) в 1980 году. Метод АНР обеспечивает интеграцию многих факторов, вовлеченных в решения, упрощает поиск решений путем представления сложной проблемы в виде последовательного анализа более простых задач.

Диссертация посвящена исследованиям В этой статье основное внимание уделяется аналитическому процессу иерархии. Поскольку для использования процесса аналитической иерархии требуется определенное количество базовых знаний и понимания, значительная часть людей, не имеющих соответствующих знаний, уже имеет ошибку на ранних этапах формирования данных.

Исследования в этой статье могут уменьшить сложность метода принятия решений, расширить аудиторию и более широко применять методы анализа принятия решений. Порог не существует.

Степень разработанности проблемы

Анализа иерархий метод был предложен Саати в 1980 году. После нескольких лет разработки модель созрела. В работе Г. ШАО было также сделано усовершенствование 9-уровневого метода оценки АНР.

Преимущества, недостатки и конкретные алгоритмы процесса аналитической иерархии подробно описаны в статье Смаль Сергей Александрович, Исследование и разработка систем поддержки принятия решений подробно описано в работе Ларичев О. И.

В этой статье делается ссылка на существующие данные в сочетании с экспериментальным анализом данных и делается собственное улучшение критериев оценки АНР. Снижает вероятность прямого участия пользователя в заполнении данных. Была разработана система поддержки принятия решений для АНР.

Цель и задачи исследования

Для разработки информационной системы поддержки принятия решений необходимо осуществить исследование способов подготовки исходных данных для применения метода анализа иерархии при расчёте приоритетов для альтернатив выбора. При разработке систем поддержки принятия решений, компьютерных систем анализа процессов деятельности человека, направленных на выбор наилучшего варианта действий из возможных, использующих нечёткие лингвистические оценки возможных пользователей, важным является однозначная интерпретация и перевод в численные значения мнений пользователей.

Цель диссертационного исследования – это выбор метода поддержки принятия решений и исследование методик формирования исходных данных для системы поддержки принятия решений.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задания:

- 1 Разработать методику исследования формирования исходных данных для метода анализа иерархий.
- 2 Провести исследования методик формирования исходных данных для системы поддержки принятия решений.
- 3 Разработать проект системы поддержки принятия решений.

Объект исследования: метод анализа иерархий.

Предмет исследования: методики подготовки исходных данных для применения метода анализа иерархии.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

Теоретические знания, основанные на аналитической иерархии Процесс и недостатки, подтвержденные экспериментами, использование знаний в области программирования, построения информационной системы, направленной на поддержку принятия решений. Статистика и расчет данных в процессе НИОКР завершены в EXCEL.

Проанализированы концепции многоцелевого анализа на примере ряда моделей принятия решений и конкретных алгоритмов многоцелевого анализа. В работе упоминаются electre, promethee и ahp. Это объясняет

шаги, преимущества и недостатки трех вышеупомянутых моделей. Недостатком метода ELECTRE является то, что информация, предоставленная матрицей принятия решений, не используется в полной мере, может привести к отсутствию информации. Недостатком метода PROMETHEE является то, что он не удовлетворяет независимости нерелевантных решений, добавление или вычитание плана во время процесса принятия решений окажет большее влияние на окончательный результат решения. В этой статье мы используем модель анализа иерархий как модель принятия решений. В реальном анализе решений мы обнаружили, что АНР имеет существенный недостаток : некоторые экспертов смогли, верно, разобраться в письменной инструкции и самостоятельно заполнить матрицу парных сравнений и оказывает непосредственное влияние на расчет последующих весов. Также повлияли на правильность решения, поэтому важным является однозначная интерпретация и перевод в численные значения его суждений. На основе модели принятия решения проиллюстрированы система и программное обеспечение, поддерживающие модель принятия решений, а также проанализированы недостатки и недостатки этих программ.

Научная новизна. Результаты исследований связанные с процессами получения информации от пользователей. Оценка точности выполнения расчётов в зависимости от методики использованной для получения исходных данных для расчётов в соответствии с методом анализа иерархий. Исследование способов перевода мнений людей в численные значения - в матрицы парных сравнений. .

Основные положения, выносимые на защиту

1 Методика ранжирования критериев, основанная на пятибалльной шкале для генерации матрицы парных сравнений и расчёта приоритетов альтернатив обеспечивает имеют 80 – 90 % совпадение с оригинальной методикой. Это позволило использовать сделать вывод о применимости разработанной методики.

2 Методика и алгоритм формирования исходных данных для расчёта приоритетов по методу анализа иерархий, основанные на пошаговом опросе пользователя с целью получения результатов парных сравнений для расчёта приоритетов альтернатив, что позволило разработать проект информационной системы поддержки принятия решений.

3 Проект информационной системы поддержки принятия решений, основанный на алгоритме формирования исходных данных и расчёте приоритетов по методу анализа иерархий.

Теоретическая значимость Теоретическое значение этой статьи заключается в анализе причин формирования исходной ошибки данных процесса аналитической иерархии. Совершенствование методов сбора и оценки данных

АНР в традиционном смысле. Предлагается новый метод оценки. Был сформирован более строгий метод. Снижает вероятность прямого доступа пользователей к данным. По сравнению с традиционным АНР, время, затрачиваемое на принятие решений, в некоторой степени сокращается.

Практическая значимость Практическое значение работы заключается в разработке проекта новой системы принятия решений, которая упрощает процесс оценки процесса аналитической иерархии и занимает меньше времени. Пользователь более удобен в использовании, а метод анализа иерархий имеет больше пользователей и более широкий спектр приложений. Обеспечено многоцелевое принятие решений и его различные модели принятия решений с упором на принцип и преимущества и недостатки процесса анализа иерархии. Спроектирована информационная система поддержки принятия решений. Проведены два эксперимента на основе метода анализа иерархий, продемонстрирована необходимость использования разработанной методики получения исходных данных для парных сравнений.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследования были неоднократно представлены на Na fourth International Conference and Expo BIG DATA ADVANCED ANALYTICS (Минск, Беларусь, 2018г.), две в материалах «54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2018г.» (Минск, Беларусь, 2018г.). Один из них фокусируется на сборе и вычислении необработанных данных процесса аналитической иерархии. В другой статье описываются принципы и рабочий процесс систем поддержки принятия решений.

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в четырёх опубликованных работах, в том числе 4 тезиса в материалах конференций.

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 81 страниц. Работа содержит 9 таблиц, 24 рисунков. Библиографический список включает 84 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы разработки систем поддержки принятия решений, определены основные направления

исследований, объясняется область применения, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В общей характеристике работы сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В первой главе осуществлён анализ методов и программного обеспечения нацеленных на поддержку принятия решений. Цель главы – это выбор метода поддержки принятия решений и исследование методик формирования исходных данных. Многоцелевые методы принятия решений в настоящее время широко используются в областях процесса, проектирования процессов, разработки, использования воды, энергетики, окружающей среды, народонаселения, образования и экономического управления. Прежде всего, кратко понять основные понятия теории принятия решений. Некоторые из программ поддержки принятия решений, упомянутых в этой главе, поддерживают использование метода анализа иерархии для принятия решений. Выявлены недостатки программного обеспечения, основанного на применении метода анализа иерархий. Основной недостаток – необходимость владения процедурами метода анализа иерархии и понимания сути его работы.

Во второй главе приведены результаты исследований двух методик формирования исходных данных для расчёта приоритетов альтернатив по методу анализа иерархий.

В первом исследовании были оценены эффективности проведения опроса экспертов двумя способами. Эксперты оценивали критерии при выборе смартфона. В исследовании приняли участие 25 молодых людей 19 – 22 года (60 % экспертов мужского пола, 40% – женского). Анализ аналитической иерархии факторов, влияющих на приобретение смартфонов студентов. В ходе этого процесса мы изучали формирование исходных данных процесса анализа иерархии. В качестве критериев были: технические характеристики (A1), цвет (A2), бренд (A3), стоимость (A4). Для построения оптимального алгоритма взаимодействия с пользователем было проведено два эксперимента.

В ходе эксперимента мы напечатали правила заполнения в заполняемой форме, эксперты заполняли матрицу парных сравнений самостоятельно по письменной инструкции. Инструкция имела следующий вид: «Нужно заполнить матрицу парных сравнений. Нужно попарно сравнить все критерии.

Если критерий в строке важнее критерия в столбце, то в строку записываем целое число равное уровню баллов по шкале относительной важности. В симметричную ячейку матрицы записываем число равное 1 делить на целое число Вашей оценки. Шкала относительной важности: 1 – равная важность; 3 – умеренное превосходство; 5 – существенное или сильное превосходство; 7 – значительное превосходство; 9 – очень сильное превосходство. В строку с критерием А1 попадали значения: А1/А2, А1/А3, А1/А4. В строку с критерием А2 – А2/А1, А2/А3, А2/А4. Остальные ячейки матрицы заполняли аналогичным образом.

Результат эксперимента показал следующее: 1) более 50% экспертов не смогли правильно заполнить матрицу парных сравнений по письменной инструкции; 2) два эксперта изменили приоритеты, то есть тоже ошибочно заполняли матрицу парных сравнений при самостоятельной работе; 3) результаты расчёта вектора приоритетов для 50 % экспертов имеют отличия в 10 – 15 %. 4) среднее отклонение в результатах расчёта приоритетов составляет 4 – 8 % (рис.2.2).

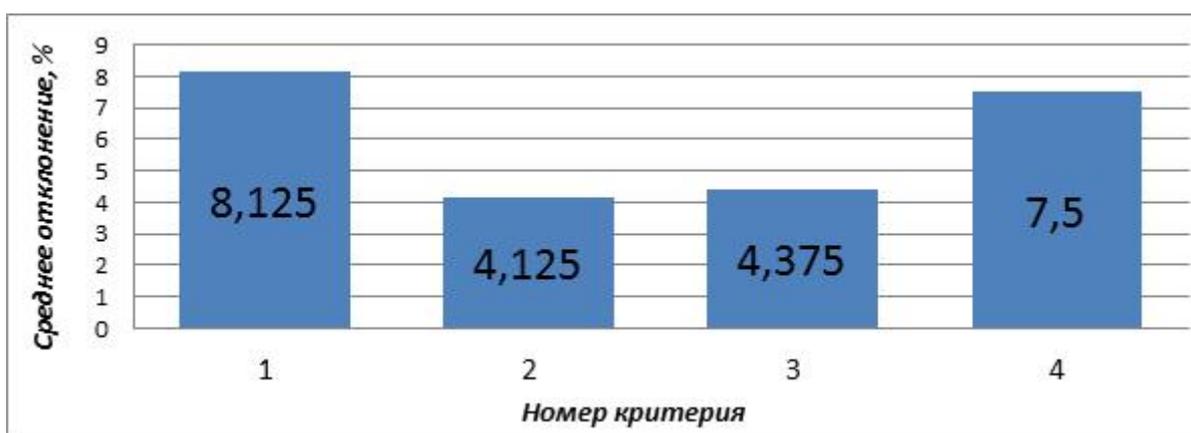


Рисунок 1 – Среднее отклонение результатов расчёта приоритетов для критерием А1 – А4

Результаты исследования показали, что только 25 % опрошенных экспертов смогли верно разобраться в письменной инструкции и самостоятельно заполнить матрицу парных сравнений. Заполнения матриц парных сравнений требует наличия определённой квалификации и понимания сути метода анализа иерархий. При разработке информационной системы поддержки принятия решений следует это учитывать.

Методика второго эксперимента состояла в следующем. Эксперту необходимо ранжировать каждый критерий по степени важности для него. Оценка производилась по 5-бальной шкале среди 25 экспертов. В качестве цели выбора использовали покупку нового смартфона. В качестве критериев были следующие: технические характеристики (А1), цвет (А2), бренд (А3), стоимость (А4). Результаты выставления рангов использовались для расчёта

значений в ячейках матрицы парных сравнений. При этом в ячейку записывали отношение рангов критериев. В строку с критерием А1 вносились значения: А1/А2, А1/А3, А1/А4. В строку с критерием А2 – А2/А1, А2/А3, А2/А4. Остальные ячейки матрицы заполнялись аналогичным образом. Параллельно было проведено парное сравнение по 9-бальной шкале среди 25 экспертов по методике предложенной в [3]. Далее было проведено сравнение результатов расчёта приоритетов по матрицам парных сравнений для двух вариантов заполнения матриц.

Для эксперимента были выбраны 2 шкалы измерения – шкала порядков и шкала отношений. Шкала порядков, которая упорядочивает объекты по рангам и инвариантна по отношению к монотонно возрастающим преобразованиям. Шкала отношений (шкала, используемая для определения приоритетов), инвариантная по отношению к положительным линейным преобразованиям вида $y = ax, a > 0$. Наибольшей эффективностью обладает шкала отношений, по сравнению со школой порядков.

Анализ результатов расчёта приоритетов по двум методикам показал, что методика предложенная авторами, имеет погрешность в 15 – 20 %. На рисунке 2 представлено совпадение результатов расчёта приоритетов по методике парного сравнения и разработанной авторами методике. Из рисунка видно, что значения приоритетов для альтернатив А1, А2, А4 имеют 80 % совпадение с оригинальной методикой, а значения приоритетов для альтернативы А3 – 90%. Кроме того, расчёт среднего отклонения в между результатами расчёта приоритетов по двум методикам даёт значения от 9,51 %, до 15,52 % (рис. 3).

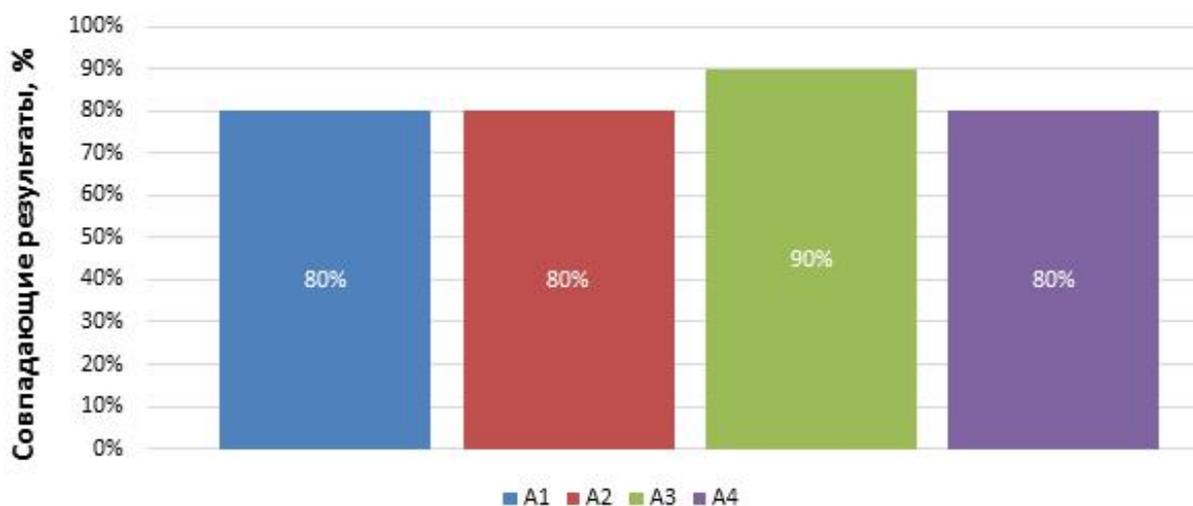


Рисунок 2 – Результат сравнения приоритетов выбора по двум методикам

Результаты исследования показали, что только 25 % опрошенных экспертов смогли верно разобраться в письменной инструкции и

самостоятельно заполнить матрицу парных сравнений. Заполнения матриц парных сравнений требует наличия определённой квалификации и понимания сути метода анализа иерархий. При разработке информационной системы поддержки принятия решений следует это учитывать.



Рисунок 3 – Среднее значение разницы результатов расчёта приоритетов

Анализ результатов расчёта приоритетов по двум методикам показал, что методика предложенная авторами, имеет погрешность в 15 – 20 %. Значения приоритетов для альтернатив A1, A2, A4 имеют 80 % совпадение с оригинальной методикой, а значения приоритетов для альтернативы A3 – 90%. Кроме того, расчёт среднего отклонения в между результатами расчёта приоритетов по двум методикам даёт значения от 9,51 %, до 15,52 %.

При разработке системы поддержки принятия решений следует использовать оригинальную шкалу оценок метода анализа иерархий, а также необходимо пошагово опрашивать пользователя для заполнения матрицы парных сравнений.

В третьей главе Приведены результаты проектирования системы поддержки принятия решений.

На основании проведенных исследований был разработан алгоритм подготовки исходных данных для расчёта приоритетов по методу анализа иерархий (рис. 4). При выполнении операций 6 и 12 алгоритма пользователю предстает вопрос вида: «Критерий 1 имеет < выбор значения из шкалы относительности важности по методу анализа иерархий > по сравнению с критерием 2». Отличительная особенность структуры разрабатываемой информационной системы заключается в том, что в модуле расчёта приоритетов для альтернатив функции принадлежности будут определяться пятью различными способами по выбору пользователя. В основе построения функции

принадлежности пользователем могут быть использованы парные сравнения, статистические данные, экспертные оценки, интервальные оценки и параметрический подход.

Система поддержки принятия решений будет реализована в виде клиент-серверного веб-приложения.

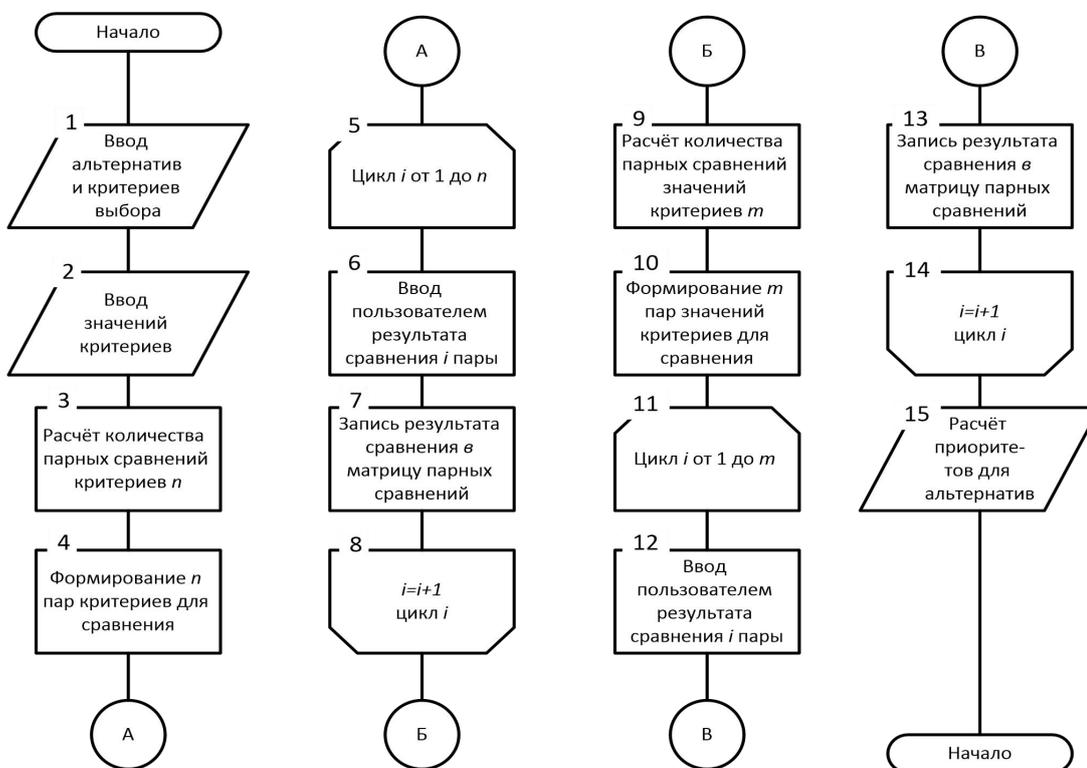


Рисунок 4 – Алгоритм подготовки исходных данных для расчёта приоритетов по методу анализа иерархий

Кроме того, разработан интерфейс пользователя системы поддержки принятия решений, учитывающий переходы между всеми окнами.

Разработаны алгоритмы и интерфейс пользователя системы поддержки принятия решений.

На основе полученных данных можно определить не только наилучшую альтернативу, но и те критерии, которые наибольшим образом повлияли на результаты вычислений. При необходимости можно повторить вычисления с добавлением дополнительных альтернатив либо критериев. А также доступна возможность сохранить результат вычисления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Установлена необходимость снижения уровня квалификации для использования системы поддержки принятия решений основанной на методе

анализа иерархии. Разрабатываемая система должна быть способной к эксплуатации пользователем любой квалификации.

2 Использование метода анализа иерархий при построении системы поддержки принятия решений основано на том, что он является одновременно и качественным и количественным. Будучи в основе качественным, Используется информация о попарных качественных сравнениях по лингвистическим критериям, МАИ позволяет количественно оценить приоритеты альтернатив или иных элементов иерархии.

3 Цель ППР заключается в поддержке анализа, который проводится на этих различных этапах процесса принятия решений, а не для его замены. Оно освобождает пользователей от деталей технической реализации, позволяя им сосредоточиться на основополагающих суждениях.

5 Исследования двух способов формирования исходных данных для расчёта приоритетов альтернатив показало, что некоторые из экспертов не смогли, верно, разобраться в письменной инструкции и самостоятельно заполнить матрицу парных сравнений, что оказывает непосредственное влияние на расчет последующих приоритетов. А введение пятибальной шкалы снижает точность расчёта приоритетов на 20 %.

6 На основе проведенных исследований разработан проект системы поддержки принятия решений. Разрабатываемая система основана на использовании математического аппарата метода анализа иерархий. Функциональность системы позволяет при необходимости повторить вычисления с добавлением дополнительных альтернатив либо критериев. А также доступна возможность сохранить результат вычисления.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. С. ВАН, А.И. СМОРЩЁК, Е.А. МЕЛЬНИКОВА, П.А. МОРОЗ, В.С. ОСИПОВИЧ. Алгоритм подготовки исходных данных для расчет приоритетов по методу анализа иерархии// Fourth International Conference and Expo BIG DATA ADVANCED ANALYTICS. – 2018. – С.252-254.

2. Ма Ц. Ван Синци., Осипович В.С. Модель зарядного устройство для сбора энергии // «54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2018г». /УО «БГУИР». – Минск, – 2018. – С.30

3. С. ВАН, П.А. МОРОЗ, Осипович В.С. Компьютерные технологии формирования данных для метода анализа иерархий //«54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2018г» /УО «БГУИР». – Минск, – 2018. – С. 106

4. С. ВАН, П.А. МОРОЗ, А.Ю.Зубарик Осипович В.С. Компьютерные технологии формирования данных для метода анализа иерархий //«54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2018г» /УО «БГУИР». – Минск, – 2018. – С. 56

РЕЗЮМЕ

Ван Синци

Исследование методов формирования исходных данных для применения метода анализа иерархий

Ключевые слова: метод анализа иерархий, система поддержки принятия решений, альтернативы, критерии.

Цель работы: выбор метода поддержки принятия решений и исследование методик формирования исходных данных для системы поддержки принятия решений.

Полученные результаты и их новизна: исследованы два способа формирования исходных данных для расчёта приоритетов по методу анализа иерархий. Первый эксперимент нацелен на исследование способа представления экспертом шкалы оценок. Результат эксперимента показал следующее: 1) более 50% экспертов не смогли правильно заполнить матрицу парных сравнений по письменной инструкции; 2) два эксперта изменили приоритеты, то есть тоже ошибочно заполняли матрицу парных сравнений при самостоятельной работе; 3) результаты расчёта вектора приоритетов для 50 % экспертов имеют отличия в 10 – 15 %. 4) среднее отклонение в результатах расчёта приоритетов составляет 4 – 8 %. Второй эксперимент нацеленный на исследование двух разных шкал показал, что методика применения пятибальной шкалы, имеет погрешность в 15 – 20 %. Значения приоритетов для альтернатив A1, A2, A4 имеют 80 % совпадение с оригинальной методикой, а значения приоритетов для альтернативы A3 – 90%. Кроме того, расчёт среднего отклонения в между результатами расчёта приоритетов по двум методикам даёт значения от 9,51 %, до 15,52 %.

Степень использования: результаты работы будут использованы для выполнения магистерских диссертаций, курсовых и дипломных проектов студентами кафедр инженерной психологии и эргономики и проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Область применения: образование, экономика.

SUMMARY

Wang Xingqi

Investigation of methods for generating initial data for the application of the hierarchy analysis method

Key words: hierarchy analysis method, decision support system, alternatives, criteria.

The purpose of the work: the choice of the method of decision support and the study of the methods of forming the initial data for the decision support system.

The results obtained and their novelty: Two methods of generating initial data for the calculation of priorities using the hierarchy analysis method are explored. The first experiment is aimed at examining the way an expert assesses the scale of assessments. The result of the experiment showed the following: 1) more than 50% of experts could not correctly fill the matrix of paired comparisons by a written instruction; 2) two experts changed priorities, that is, they also mistakenly filled the matrix of paired comparisons for independent work; 3) the results of calculating the priority vector for 50% of experts differ by 10-15%; 4) the average deviation in the results of the calculation of priorities is 4 - 8%. The second experiment aimed at the study of two different scales showed that the technique of applying a five-point scale has an error of 15-20%. Priorities for alternatives A1, A2, A4 have 80% match with the original methodology, and priorities for alternative A3 are 90%. In addition, the calculation of the average deviation in the results of the calculation of priorities by the two methods gives values from 9.51% to 15.52%.

Degree of use: the results of the work will be used for the implementation of master's theses, course and diploma projects by students of the departments of engineering psychology and ergonomics and design of information and computer systems of the educational establishment "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics".

Scope: education, economics.