РЕФЕРАТ

Общий объем страниц - 65, рисунков - 9, таблицы - 2, источников - 9.

Ключевые слова: СИСТЕМА ПОДДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ, ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА, РАНЖИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ.

Цель работы – разработать программу для проведения экспертных опросов по задаваемым проблемам с целью ранжирования объектов и выяснения компетентности экспертов на основе выставляемых ими оценок.

В процессе работы проанализированы существующие программы реализующие метод анализа иерархий. Выявлено что ни одна не удовлетворяет задачам выпускной квалификационной работы.

В результате работы были разработаны алгоритм и программа для решения задач ВКР. Проведено тестирование программы на реальном опросе. Сделано улучшение шкалы измерения оценок экспертов.

Программная реализация выполнена в среде программирования JetBrains PyCharm. Программа написана на языке Python.

СОДЕРЖАНИЕ

[ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 6](#_Toc485741105)

[ВВЕДЕНИЕ 7](#_Toc485741106)

[1 Рассмотрение метода анализа иерархий 9](#_Toc485741107)

[1.1 Общие сведения 9](#_Toc485741108)

[1.2 Методика применения метода анализа иерархий 10](#_Toc485741109)

[1.3 Определение иерархической структуры 11](#_Toc485741110)

[1.4 Выводы по разделу 13](#_Toc485741111)

[2 Обзор существующих программ 14](#_Toc485741112)

[2.1 Система поддержки принятия решений «Выбор» 14](#_Toc485741113)

[2.2 Мыслитель 15](#_Toc485741114)

[2.3 MPRIORITY 15](#_Toc485741115)

[2.4 Super Decisions 17](#_Toc485741116)

[2.5 MakeItRational 17](#_Toc485741117)

[2.6 PriEsT 18](#_Toc485741118)

[2.7 Выводы по разделу 18](#_Toc485741119)

[3 Сравнение программ по критериям 19](#_Toc485741120)

[3.1 Постановка критериев сравнения 19](#_Toc485741121)

[3.2 Сравнительная таблица программ по критериям 20](#_Toc485741122)

[3.3 Выводы по результатам сравнения 21](#_Toc485741123)

[3.4 Формулировка требований к программе 22](#_Toc485741124)

[3.5 Выводы по разделу 22](#_Toc485741125)

[4 Алгоритмическая и математическая постановка задачи 23](#_Toc485741126)

[4.1 Алгоритмическая модель 23](#_Toc485741127)

[4.2 Математическая модель 25](#_Toc485741128)

[4.3 Выводы по разделу 27](#_Toc485741129)

[5 Разработка программы 28](#_Toc485741130)

[5.1 Структура программы 28](#_Toc485741131)

[5.2 Обоснование средств разработки 29](#_Toc485741132)

[5.3 Разработка интерфейса 29](#_Toc485741133)

[5.4 Выводы по разделу 32](#_Toc485741134)

[6 Применение программы 33](#_Toc485741135)

[6.1 Выбор автомобиля 33](#_Toc485741136)

[6.2 Выводы по разделу 35](#_Toc485741137)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 36](#_Toc485741138)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 38](#_Toc485741139)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 39](#_Toc485741140)

[Руководство оператора (пользователя) 42](#_Toc485741141)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 49](#_Toc485741142)

[Текст программы 52](#_Toc485741143)

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

МАИ – метод анализа иерархий

ВКР – выпускная квалификационная работа

СППР – система поддержки принятия решений

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данной выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что в настоящее время при сравнении каких-либо объектов широко применяются экспертные оценки. Где под экспертом подразумевается лицо, обладающее специальными знаниями, привлекаемое для выдачи квалифицированного заключения или суждения по вопросу, рассматриваемому или решаемому другими людьми, менее компетентными в этой области[1].

Цель данной выпускной квалификационной работы – разработать программу для проведения экспертных опросов по задаваемым проблемам с целью ранжирования объектов и выяснения компетентности экспертов на основе выставляемых ими оценок.

В данной работе должные быть решены следующие задачи:

- сравнение существующих программ реализующих метод анализа иерархий (МАИ), на основе этого сформулировать требования к разрабатываемой программе;

- на основе этих требований разработать программу;

- применить разработанную программу для проведения опросов;

- применить программу для улучшения МАИ.

В процессе написания выпускной квалификационной работы был проведён анализ и сравнение существующих программ, и было выявлено, что не одна не удовлетворяет требованиям задачи.

Метод анализа иерархий активно применяется в процессе выбора для сравнения и ранжирования альтернатив.

В первом разделе рассмотрены общие сведения о методе анализа иерархий. Даны определения метода, иерархической структуры, рассмотрена методика применения.

Во втором разделе проведено сравнение существующих программ реализующих метод анализа иерархий. В итоге ни одна программа не подходит под требования выпускной квалификационной работы.

В третьем разделе проведено сравнение программ по поставленным критериям.

В четвёртом разделе разработан алгоритм, математическая модель работы метода анализа иерархий и методы анализа оценок.

В пятом разделе разработана структура программы, графический интерфейс пользователя.

В шестом разделе описано применение разработанной программы для проведения опросов и анализа экспертных оценок.

1 Рассмотрение метода анализа иерархий

1.1 Общие сведения

Метод Анализа Иерархий (МАИ, иногда МетАнИе) — математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений. МАИ не предписывает лицу, принимающему решение ([ЛПР](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%9F%D0%A0)), какого-либо «правильного» решения, а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу), который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требованиями к её решению. Этот метод разработан американским математиком Томасом Саати, который написал о нем книги, разработал программные продукты и в течение 20 лет проводит симпозиумы ISAHP ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) International Symposium on Analytic Hierarchy Process). МАИ широко используется на практике и активно развивается учеными всего мира. В его основе наряду с [математикой](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA) заложены и [психологические](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%81%D0%B8%D1%85%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F) аспекты. МАИ позволяет понятным и рациональным образом структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов решения. Метод Анализа Иерархий используется во всем мире для принятия решений в разнообразных ситуациях: от управления на межгосударственном уровне до решения отраслевых и частных проблем в [бизнесе](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D1%81), [промышленности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), [здравоохранении](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и [образовании](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5).

Для компьютерной поддержки МАИ существуют программные продукты, разработанные различными компаниями. Анализ проблемы принятия решений в МАИ начинается с построения иерархической структуры, которая включает цель, критерии, альтернативы и другие рассматриваемые факторы, влияющие на выбор. Эта структура отражает понимание проблемы лицом, принимающим решение. Каждый элемент иерархии может представлять различные аспекты решаемой задачи, причем во внимание могут быть приняты как материальные, так и нематериальные факторы, измеряемые количественные параметры и качественные характеристики, объективные данные и субъективные экспертные оценки. Иными словами, анализ ситуации выбора решения в МАИ напоминает процедуры и методы аргументации, которые используются на интуитивном уровне. Следующим этапом анализа является определение приоритетов, представляющих относительную важность или предпочтительность элементов построенной иерархической структуры, с помощью процедуры парных сравнений. Безразмерные приоритеты позволяют обоснованно сравнивать разнородные факторы, что является отличительной особенностью МАИ. На заключительном этапе анализа выполняется синтез (линейная свертка) приоритетов на иерархии, в результате которой вычисляются приоритеты альтернативных решений относительно главной цели. Лучшей считается альтернатива с максимальным значением приоритета [1].

1.2 Методика применения метода анализа иерархий

Метод анализа иерархий содержит процедуру синтеза приоритетов, вычисляемых на основе субъективных суждений экспертов. Число суждений может измеряться дюжинами или даже сотнями. Математические вычисления для задач небольшой размерности можно выполнить вручную или с помощью калькулятора, однако гораздо удобнее использовать [программное обеспечение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) (ПО) для ввода и обработки суждений. Самый простой способ компьютерной поддержки — электронные таблицы, самое развитое ПО предусматривает применение специальных устройств для ввода суждений участниками процесса коллективного выбора. Порядок применения метода анализа иерархий[2]:

- построение качественной модели проблемы в виде иерархии, включающей цель, альтернативные варианты достижения цели и критерии для оценки качества альтернатив;

- определение приоритетов всех элементов иерархии с использованием метода парных сравнений;

- синтез глобальных приоритетов альтернатив путём линейной свертки приоритетов элементов на иерархии;

- проверка суждений на согласованность;

- принятие решения на основе полученных результатов.

1.3 Определение иерархической структуры

Иерархическая структура — это графическое представление проблемы в виде перевернутого дерева, где каждый элемент, за исключением самого верхнего, зависит от одного или более выше расположенных элементов. Часто в различных организациях распределение полномочий, руководство и эффективные коммуникации между сотрудниками организованы в иерархической форме. Пример иерархической структуры представлен на рисунке 1.

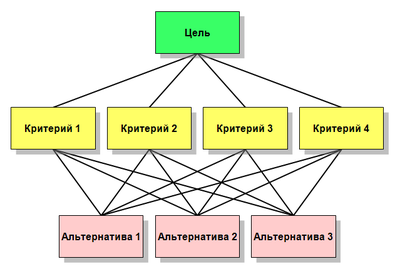


Рисунок 1 – Иерархическая структура

Иерархические структуры используются для лучшего понимания сложной реальности: мы раскладываем исследуемую проблему на составные части; затем разбиваем на составные части получившиеся элементы и т. д. На каждом шаге важно фокусировать внимание на понимании текущего элемента, временно абстрагируясь от всех прочих компонентов. При проведении подобного анализа приходит понимание всей сложности и многогранности исследуемого предмета. На рисунке 2 представлена иерархическая структура с весами элементов.

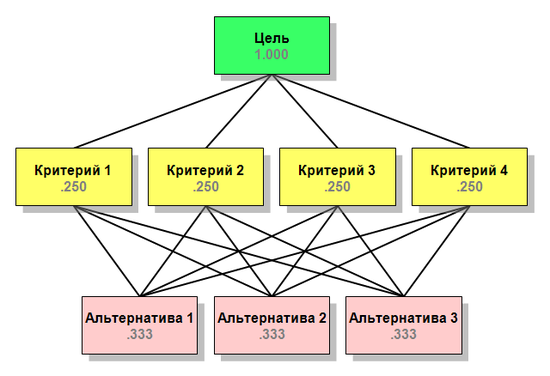


Рисунок 2 – Иерархическая структура с весами элементов

В качестве примера можно привести иерархическую структуру, которая используется при обучении в [медицинских вузах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%B0). В рамках изучения анатомии отдельно рассматривается костно-мышечная система (которая включает такие элементы, как руки и их составляющие: мышцы и кости), сердечно-сосудистая система (и её множественные уровни), нервная система (и её компоненты и подсистемы) и т. д. Степень детализации доходит до клеточного и молекулярного уровня. В конце изучения приходит понимание системы организма в целом, а также осознание того, какую роль играет в нем занимает каждая часть. С помощью подобного иерархического структурирования студенты приобретают всесторонние знания об анатомии.

Важно отметить, что структура может быть многоуровневой, как представленная на рисунке 3.

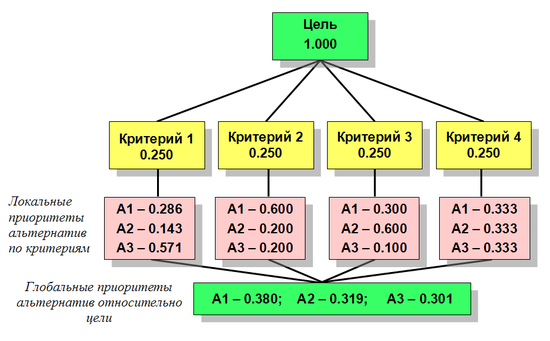


Рисунок 3 – Многоуровневая структура

Аналогичным образом, когда мы решаем сложную проблему, мы можем использовать иерархию как инструмент для обработки и восприятия больших объемов информации. По мере проектирования этой структуры у нас формируется все более полное понимание проблемы.

1.4 Выводы по разделу

В данном разделе был рассмотрен метод анализа иерархий, а также методика его применения и определение иерархической структуры для данного метода.

2 Обзор существующих программ

2.1 Система поддержки принятия решений «Выбор»

Система поддержки принятия решений (СППР) "Выбор" - аналитическая система, основанная на методе анализа иерархий (МАИ), является простым и удобным средством, которое поможет:

- структурировать проблему;

- построить набор альтернатив;

- выделить характеризующие их факторы;

- задать значимость этих факторов;

- оценить альтернативы по каждому из факторов;

- найти неточности и противоречия в суждениях лица принимающего реше-ние;

- провести анализ решения и обосновать полученные результаты.

Система опирается на математически обоснованный метод анализа иерархий Томаса Саати.

СППР "Выбор" на основе МАИ может использоваться при решении следующих типовых задач:

- оценка качества организационных, проектных и конструкторских решений;

- определение политики инвестиций в различных областях; задачи размеще-ния (выбор места расположения вредных и опасных производств, пунктов обслуживания);

- распределение ресурсов;

- проведение анализа проблемы по методу "стоимость-эффективность";

- стратегическое планирование;

- проектирование и выбор оборудования, товаров;

- выбор профессии, места работы, подбор кадров.

Данная программа разрабатывается Центром Изучения и Развития Информационных Технологий и Автоматизированных Систем (ЦИРИТАС)[4].

Операционная система – Microsoft Windows.

Язык интерфейса – русский.

2.2 Мыслитель

Мыслитель – простая программа помогающая принимать сложные решения. Программа Мыслительпоможет Вам выбрать один из нескольких альтернативных вариантов действий[5].

Данная программа имеет минимальный набор возможностей. В наличии лишь базовый функционал для применения метода анализа иерархий.

Операционная система – Microsoft Windows.

Язык интерфейса – русский.

2.3 MPRIORITY

|  |
| --- |
| Диалоговая система "MPRIORITY 1.0" (My Priority) предназначена для поддержки принятия решений в различных сферах человеческой деятельности. "MPRIORITY 1.0" может стать незаменимым помощником для руководителей фирм, подразделений, лабораторий, всем, кто желает или вынужден по роду своей деятельности принимать обоснованные рациональные решения[6].  Программная система базируется на зарекомендовавшем себя на практике Методе Анализа Иерархий (МАИ). Основное назначение метода — решение слабоструктурированных задач принятия решений.  В основе МАИ лежат используемые человеком в процессе познания декомпозиция и синтез, с помощью которых создается структура задачи принятия решения (ПР) — иерархия. В вершине иерархии в МАИ располагается основная цель, далее, на уровень ниже — подцели, и, наконец, на самом нижнем уровне — альтернативы, среди которых производится выбор или ранжирование. Для процесса парного взвешивания экспертом элементов иерархии в МАИ используется интуитивно обоснованная качественная шкала.  Систему "MPRIORITY" от своих аналогов отличает диалоговый интерфейс, адаптированный под особенности МАИ и восприятие пользователя. Программа содержит диалоговые средства, позволяющие получать наиболее полную информацию о проведенных попарных сравнениях и устранять возможные несогласованности в матрицах попарных сравнений.  Использование присутствущего в программной системе механизма шаблонов (шаблон — готовая иерархия для одной из задач принятия решений), позволяет пользователю адаптировать программную систему под область своей деятельности. |
| Перечислим примеры задач ПР для которых возможно применение "MPRIORITY": |
| 1) выбор руководителем фирмы будущего делового партнера;  2) рациональное распределение доходов предприятия по отраслям;  3) отбор лучших претендентов на рабочие места фирмы;  4) оценка работы персонала фирмы;  5) выбор программного обеспечения для нужд фирмы;  6) оценка культурных ценностей (картин, скульптур и т.д.);  7) выбор наилучшей стратегии;  8) выбор наилучшей конструкции (варианта) технического изделия;  9) покупка квартиры, дачи, участка, автомобиля;  10) выбор будущего учебного заведения для ребенка;  11) выбор будущего рабочего места.  Операционная система – Microsoft Windows.  Язык интерфейса – русский. |

2.4 Super Decisions

Зарубежное проприетарное программное обеспечение, разрабатываемое Creative Decisions Foundation. В программе реализован метод анализа иерархий, а также набор дополнительных возможностей, таких как экспорт результатов, сохранение истории, визуализация иерархии[7].

Операционная система – Microsoft Windows.

Язык интерфейса – английский.

2.5 MakeItRational

Также является зарубежным проприетарным программным обеспечением, разрабатываемым компанией Transparent Choice. Программа вышла относительно недавно и активно развивается. Кроме метода анализа иерархий, в ней присутствует набор дополнительных возможностей, таких как экспорт результатов, сохранение истории, визуализация иерархии[8].

Операционная система – Microsoft Windows.

Язык интерфейса – английский.

2.6 PriEsT

PriEsT (Priority Estimation Tool) ещё один представитель зарубежного программного обеспечения. Имеются версии для десктопных и мобильных платформ. Также присутствуют дополнительные возможности такие как экспорт результатов, хранение истории, визуализация иерархии[9].

Операционная система – Microsoft Windows, Linux, OS X, Android, iOS.

Язык интерфейса – английский.

2.7 Выводы по разделу

В данном разделе были рассмотрены шесть программ реализующих метод анализа иерархий. Для каждой программы были отмечены такие признаки как русскоязычный интерфейс, операционная система, требуемая для работы. Также стоит отметить, что есть два вида программ, которые не попали в сравнение – это программы без графического интерфейса пользователя (работающие в режиме командной строки) и коммерческие программы у которых нет бесплатной ознакомительной версии.

В следующем разделе будет проведено сравнение рассмотренных программ.

3 Сравнение программ по критериям

3.1 Постановка критериев сравнения

Оценивать программы будем по определённым критериям, каждый критерий будет оцениваться в некоторое количество баллов. Программа с наибольшим количеством баллов будет лучшей из представленных.

Для сравнения программ зададим критерии:

а) графический интерфейс пользователя(ГИП), 1 балл – есть, 0 - нет;

б) русификация – наличие русифицированного интерфейса, 1 балл – есть, 0 - нет;

в) история – возможность хранить исходные данные опросов и их результаты, 1 балл – есть, 0 - нет;

г) экспорт – возможность экспортирования данных в другие программы, например в форматах .txt, .csv, .xlsx и т.п., 1 балл – есть, 0 - нет;

д) поддержка – состояние программы, поддерживается ли разработчиком, выпускаются ли новые версии, 1 балл – есть, 0 – нет;

е) кроссплатформенность – возможность запуска в различных операционных системах. Определимся с основными платформами: десктопные операционные системы(Microsoft Windows, Linux, OS X), мобильные операционные системы(Android, iOS), веб-приложение(для исполнения программы требуется только веб-браузер). Баллы будут распределяться следующим образом: 0 – строгая привязка к одной конкретной операционной системе, 1 – или десктопная или мобильная платформа, 2 – и дескптопная и мобильная платформы, 3 – веб-приложение;

ж) лицензия – соглашение, по которому распространяется программа. На данный момент существует большое количество разнообразных лицензий, однако для нашей задачи выделим три основных группы: открытая(программа распространяется бесплатно и исходные коды открыты), свободная(программа распространяется бесплатно, но исходные коды недоступны), проприетарная(программа распространяется платно, исходные коды недоступные). Баллы будут распределяться следующим образом: 2 – открытая лицензия, 1 – свободная лицензия, 0 - проприетарная;

з) информация об экспертах – возможность создания и хранения различной информации об экспертах(профили экспертов), 1 балл – есть, 0 – нет;

и) информация о согласованности и компетентности экспертов – наличия математической обработки оценок по этим параметрам, 1 балл – есть, 0 – нет.

3.2 Сравнительная таблица программ по критериям

Для проведения анализа сделаем сравнительную таблицу, куда занесём все критерии, а также программы, рассмотренные в предыдущем разделе.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Программа    Критерий | СППР «Выбор» | Мыслитель | MPRIORITY | Super Decisions | MakeItRational | PriEsT |
| ГИП | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Русификация | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| История | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Экспорт | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Поддержка | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Кроссплатформенность | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Лицензия | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Информация об экспертах | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Согласованность и компетентность | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Итоговый результат: | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 7 |

Рисунок 2 – Сравнительная таблица возможностей программ

3.3 Выводы по результатам сравнения

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы о соответствии возможностей программ поставленной задаче:

- русифицированный интерфейс присутствует лишь в трёх программах из шести;

- четыре из шести программ являются проприетарными и ни у одной не открыты исходные коды;

- ни одна из программ не позволяет хранить информацию об экспертах;

- ни одна из программ не даёт информацию о согласованности оценок и компетентности экспертов;

- лишь одна из программ является кроссплатформенной, остальные имеют строгую привязку к Microsoft Windows.

Таким образом для достижения цели не подходит ни одна из программ, даже PriEsT, у которой был наивысший балл из всех. Что в свою очередь приводит к необходимости разработки собственной программы, в которой эти недостатки отсутствуют и которая позволит достигнуть поставленной цели.

3.4 Формулировка требований к программе

На основании вышесказанного и согласно требованиям задания разрабатываемая программа должна соответствовать следующим требованиям:

- кроссплатформенность;

- графический интерфейс пользователя;

- наличие базы данных, в которой бы хранились данные опросов, экспертов, критериев, альтернатив;

- возможность управления этой базой (добавление, изменение, удаление);

- определение согласованности и компетентности экспертов;

- возможность экспорта данных в другие форматы;

- интерфейс на русском языке

3.5 Выводы по разделу

По результатам сравнения существующих программ был сделан вывод, что ни одна не подходит для достижения цели выпускной квалификационной работы. В результате чего возникла необходимость разработки своей программы. Также на основе критериев сравнения и их результатов были сформулированы требования к разрабатываемой программе.

4 Алгоритмическая и математическая постановка задачи

4.1 Алгоритмическая модель

Для написания программы отвечающей поставленным в предыдущем разделе требованиям необходимо разработать алгоритм.

При разработке алгоритма в первую очередь необходимо определить исходные данные, поступающие на вход алгоритма. Исходные данные для разрабатываемой программы таковы:

- данные об экспертах;

- данные об опросе;

- данные о проблеме;

- данные об альтернативах;

- данные о критериях, по которым будут сравниваться альтернативы.

Данные сохраняются в базу данных. И в дальнейшем считываются в процессе работы программы.

Сам алгоритм можно формализовать следующим образом. На вход программы поступают исходные данные. Затем происходит опрос экспертов. Полученные оценки проходят обработку через МАИ. Результат обработки оценок также анализируется тремя способами – на согласованность, агрегирование и время выставления оценок.

Результат работы программы выводится на экран и сохраняется в базу.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма работы программы

Представленный алгоритм полностью реализует работу программы. Далее необходимо разработать математическую модель программы.

4.2 Математическая модель

Математическая модель работы программы показывает как изменяются данные в процессе. Для начала необходимо показать входные данные. Это будут выставленные оценки экспертов.

В общем виде оценки экспертов представляют собой квадратную матрицу размерностью n. Элементы главной диагонали всегда равны единице[2, с.36].

Пусть An – матрица, где элементами выступают оценки экспертов.

Далее необходимо рассчитать вектора приоритетов для каждого критерия.

Пусть Xn собственные значения локальных критериев, тогда:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Получив собственные значения локальных критериев, вычисляем коэффициенты важности локальных критериев:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Исходя из коэффициентов важности локальных критериев рассчитаем максимальное собственное значение матрицы парных сравнений локальных критериев λmax.

В результате получим следующую формулу:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Теперь осталось определить согласованность полученной матрицы парных сравнений локальных критериев. Для вычисления потребуется параметр R – значение индекса согласованности для несимметричных матриц. Это значение является табличным, определено экспериментальным путём Т.Саати для матриц размерностью от 1 до 15[1, с.76].

Таблица 1 – Значения индекса согласованности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядок матрицы, n | R | Порядок матрицы, n | R | Порядок матрицы, n | R |
| 1 | 0,00 | 6 | 1,24 | 11 | 1,51 |
| 2 | 0,00 | 7 | 1,32 | 12 | 1,48 |
| 3 | 0,58 | 8 | 1,41 | 13 | 1,56 |
| 4 | 0,90 | 9 | 1,45 | 14 | 1,57 |
| 5 | 1,12 | 10 | 1,49 | 15 | 1,59 |

Выбираем нужное значение индекса согласованности согласно порядку матрицы и подставляем в формулу:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Согласно теории[1, с.77] если отношение согласованности меньше 0.1, то матрица парных сравнений является полностью согласованной и значения критериев можно использовать для принятия решений. В противном случае данные значения нежелательны для использования и настоятельно рекомендуется провести повторный опрос эксперта.

Для завершения необходимо посчитать сумму оценок локальных критериев Xn. Воспользуемся следующей формулой:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Получив сумму оценок локальных критериев осталось только вычислить нормализованные оценки Ci для каждого. Для этого значение оценки критерия Xn делим на сумму S.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Таким образом были получены нормализованные оценки для каждого из критериев. Последний шаг – лицо принимающее решение должно на основе этих оценок сделать свой выбор.

Как дополнительная функция в программе будет представлена возможность расчёта компетентности экспертов. Где под компетентностью понимается отклонение оценок эксперта от средней оценки. Пусть Cin нормализованная i-ая оценка n-ого эксперта, тогда отклонение будет равно:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

Вообще говоря, нет строгих критериев по компетентности, но в рамках данной работы положим, что отклонение больше чем в 0.5 раз от среднего считается проявлением некомпетентности эксперта и рекомендуется произвести повторный опрос либо заменить его.

4.3 Выводы по разделу

В данном разделе были определены исходные данные и разработан алгоритм программы согласно требованиям задания.

Также была разработана математическая модель обработки данных опросов и методы оценки экспертов.

5 Разработка программы

5.1 Структура программы

Структурная схема программы представляет собой набор подсистем (модулей) программы, взаимодействующих между собой. Следует отметить, что все подсистемы имеют возможность обновления и добавления новых функций. Структура программы представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Структурная схема программы

Входные данные поступают в программу через подсистему ввода информации. Все обращения к базе данных происходят через подсистему работы с базой данных. Она осуществляет все операции по взаимодействию с базой данных, такие как чтение, добавление, обновление, удаление и т.п.

Подсистема анализа оценок экспертов и подсистема шкал включается в работу при создании нового опроса.

Подсистема формирования отчётов предназначена для поиска среди имеющейся информации в базе, а также для экспорта во внешний файл формата .txt.

Подсистемы не имеют жёсткой связи друг с другом, что позволяет изменять отдельные компоненты систем независимо от других.

5.2 Обоснование средств разработки

Для разработки программы был выбран язык программирования Python 3. Язык был выбран за счёт наличия большого количества математических библиотек, упрощающих реализацию метода анализа иерархий. К таковым можно отнести пакет NumPy. В нём есть готовые функции для работы с матрицами.

Также для языка Python есть фреймворк PyQt, благодаря которому можно сделать графический интерфейс пользователя. В его состав входит визуальный редактор интерфейса Qt Designer.

Средой разработки была выбрана IDE PyCharm от JetBrains.

Т.к. программа написана на языке Python её можно запустить в любой операционной системе, в которой предустановлен интерпретатор языка версии 3. Иначе говоря для программы подходят операционной системы Windows, Linux, Mac OS.

5.3 Разработка интерфейса

В интерфейсе программы определены несколько форм.

Первая – главное окно программы. Оно представлено на рисунке 7.

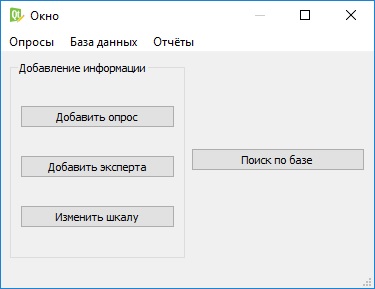


Рисунок 7 – Главное окно программы

С главной формы можно добавить опрос, добавить эксперта, изменить шкалу измерений. Также есть возможность осуществить поиск по базе опросов, экспертов.

Для проведения опроса вызывается форма «Создание нового опроса», представленная на рисунке 8.

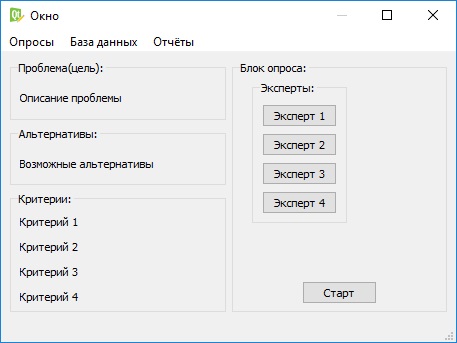


Рисунок 8 – Форма создания нового опроса

Для просмотра содержимого базы предусмотрена форма поиска, она показана на рисунке 9.

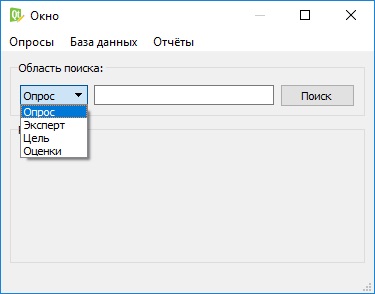


Рисунок 9 – Форма поиска

В этой форме можно выбрать объект поиска, такой как опрос, эксперт, цель, оценки. И в поле ввода ввести ключевые слова. Если оставить поле ввода пустым, то будут выданы все результаты в данной категории.

5.4 Выводы по разделу

В данном разделе была рассмотрена структурная схема программы, дано описание подсистем (модулей). Также был выбран язык программирования, среда разработки, библиотеки и фреймворк.

Был разработан интерфейс программы, дано краткое описание всех форм, продемонстрированы скриншоты интерфейса.

6 Применение программы

Пример, тестирование и отладка.

Продемонстрировать один или несколько живых примеров.

Перечислить несколько проблем в таком виде:

- проблема;

- альтернативы;

- критерии;

- эксперты.

Далее показать их оценки, в матрице парных сравнений. Показать компетентность, согласованность экспертов. Сказать, что всё сохранено в базе и что осталось только пользователю сделать выбор(???).

Пользователь получает в результате:

- список альтернативы с указанием веса каждой;

- характеристики экспертов(согл, комп).

Перейти к следующей проблеме.

Отметить, что изменение шкалы с 1…9 на 1..5 не влияет на конечный результат. Вообще Т. Саати оставил выбор шкалы на совести тех кто использует метод, и официальная шкала считается просто «рекомендуемой».

Разделы.

6.1 Выбор автомобиля

Описание примера.

Пример с двумя видами шкал 1…5, 1…9. Сказать, что результаты одинаковые и что время опроса для меньшей шкалы – меньше. Т.е. люди отвечают быстрее.

Для проведения опроса была выбрана цель – выбор автомобиля. Для неё определены альтернативы и критерии лицом принимающим решение. В качестве альтернатив были выбраны: Honda Civic, Toyota Corolla, Mitsubishi Lancer. Под критериями были выбраны: цена, расход топлива, комфорт, дизайн, управляемость.

Уже на этапе выбора критериев можно отметить одно из достоинств метода анализа иерархий – он позволяет работать с критериями, которые не измеряются количественно, такие как дизайн, комфорт и т.п.

В качестве эксперимента – опрос будет проводиться по шкалам разного диапазона. В первом случае шкала будет от 1 до 9, а во втором от 1 до 5.

После опроса получена матрица парных сравнений представленная в таблице 2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 2 – Матрица парных сравнений | | | | | |
|  | Цена | Расход | Комфорт | Дизайн |
| Цена | 1 | 3 | 1 | 1/5 |
| Расход | 1/3 | 1 | 9 | 3 |
| Комфорт | 1 | 1/9 | 1 | 4 |
| Дизайн | 5 | 1/3 | 1/4 | 1 |

Данная таблица представляет собой матрицу сравнений для первого эксперта для первой альтернативы. Оставшиеся матрицы получаются по аналогии.

Среднее время простановки оценки – 11.3 секунды. Результат получен с помощью модуля программы, отсчитывающего время выставления каждой оценки.

После проведения всех сравнений будут получены нормализованные оценки для каждого из критериев. На основе которых будет сделан выбор.

Для второго опроса применим шкалу от 1 до 5. Также будут составлены матрицы парных сравнений и получены нормализованные оценки альтернатив.

Следует отметить, что среднее время простановки оценки снизилось до 6.5 секунд. При это распределение весов альтернатив осталось прежним.

6.2 Выводы по разделу

В данном разделе было показано применение разработанной программы для проведения опросов экспертов. В ходе которого было установлено, что стандартная шкала может быть уменьшена в диапазоне без нарушения порядка распределения экспертных оценок в опросе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной научно-практической работы были некоторые программы поддержки принятия решений. Проведено сравнение их по заданным критериям. В ходе чего выяснилось, что ни одна из программ полностью не способна решить поставленную задачу.

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы было проведено сравнение существующих программ реализующих метод анализа иерархий и установлено, что ни одна не удовлетворяет поставленным требованиям.

На основании этого была сформулирована задача на разработку программы для решения задач выпускной квалификационной работы.

Для программы были разработаны алгоритм и математическая модель, реализующие метод анализа иерархий. Программа разработана согласно требования выпускной квалификационной работы.

На основе требований и проведённого анализа была поставлена задача на разработку системы поддержки принятия решений по указанным требованиям.

Таким образом, все цели научно-практической работы успешно достигнуты.

В результате проведенного исследования были решены следующие задачи:

- сравнение существующих программ реализующих метод анализа иерархий (МАИ), на основе этого сформулировать требования к разрабатываемой программе;

- на основе этих требований разработана программа;

- разработанная программа применена на практике для проведения опросов;

- применить программу для улучшения МАИ (шкалы оценок).

Разработанная информационная система поддержки принятия решений ориентирована на широкий круг пользователей, среди которых могут быть лица, в силу профессиональной специфики связанные с решением задач выбора, а именно: руководители, научные сотрудники, социологи, политики, консультанты и др. Кроме того, благодаря использованию механизма учета мнения нескольких экспертов, становится возможным привлечь специалистов, обладающих компетенциями в различных областях знаний, что сделает получаемый результат принятия решения более объективным и качественным.

Перечень задач, решаемых с использованием разработанной системы, может быть безграничным. Наиболее типичные из них: конкурсная оценка, выбор наиболее выгодного товара для продажи, оценка недвижимости, профориентация абитуриентов, составление рейтинга клиентов компании, анализ рисков, распределение ресурсов, выбор оптимальной стратегии развития, принятие кадровых решений и т. д.

Отличительной чертой системы является возможность ее расширения в рамках используемых инструментов для проведения анализа. К перспективам стоит отнести следующие пункты:

- представление оценок как нечётких множеств, использование лингвистических переменных;

- изменения веса оценок эксперта, в зависимости от истории его прошлых оценок;

- добавление новых методов анализа оценок экспертов;

- замена фронтэнда программы на веб-сайт, для проведения удалённых опросов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Саати Томас Л. Принятие решений при обратных зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. /Науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. Изд. 4-е. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 360 с.

2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике: Учебник. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 464 с.: ил.

3. Экспертное оценивание – Википедия – https://ru.wikipedia.org/wiki/ Экспертное\_оценивание – [Электронный ресурс] – Дата обращения 14.11.2016.

4. ЦИРИТАС – http://www.ciritas.ru/product.php?id=10#39 – [Электронный ресурс] – Дата обращения 12.11.2016.

5. Статьи Мыслитель – http://www.softkey.info/reviews/review15623.php – [Электронный ресурс] – Дата обращения 18.11.2017.

6. MPRIORITY 1.0 Анализ Иерархий – http://www.tomakechoice.com/ mpriority.html – [Электронный ресурс] – Дата обращения 18.11.2017.

7. Super Decisions Software – http://www.superdecisions.com/category /features/software/ – [Электронный ресурс] – Дата обращения 18.11.2017.

8. MakeItRational AHP – http://makeitrational.com/analytic-hierarchy-process/ahp-software – [Электронный ресурс] – Дата обращения 18.11.2017.

9. PriEsT AHP – https://sourceforge.net/projects/priority/ – [Электронный ресурс] – Дата обращения 18.11.2017.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Руководство оператора (пользователя)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Текст программы