

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дискретной математики и информационных технологий

**РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКИХ
МОДЕЛЕЙ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 421 группы
направления 09.03.01 — Информатика и вычислительная техника
факультета КНиИТ
Филиппова Родиона Константиновича

Научный руководитель
доцент, к. э. н.

Г. Ю. Чернышова

Заведующий кафедрой
доцент, к. ф.-м. н.

Л. Б. Тяпаев

Саратов 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	12

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно развиваются и внедряются различные методы принятия решений, в том числе и с использованием нечетко-логических моделей. Среди факторов, которые стимулируют развитие методов принятия решений этого направления, можно отметить повышение роли их использования для решения слабо структурированных и трудно формализуемых задач в условиях неопределенности, неточности, неполноты исходных данных. Развитие соответствующих алгоритмов ведет к необходимости разработки программной реализации подобных методов.

Нечеткие множества обладают огромным потенциалом для решения многокритериальных задач. Нечеткая логика как расширение традиционной логики позволяет реализовать формализацию экспертных оценок с помощью лингвистических переменных.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка web-приложения реализующего многокритериальные методы принятия решений.

В рамках выпускной квалификационной работы должны быть решены следующие задачи:

- анализ особенностей и классификация многокритериальных методов принятия решений;
- обзор существующих архитектурных шаблонов и выбор набора технологий, наиболее подходящих для архитектуры web-приложения, реализующего многокритериальные методы принятия решений с использованием нечетко-логических моделей;
- разработка web-приложения, реализующего многокритериальные методы принятия решений: АНР (метод анализа иерархий) и ФАНР (метод анализа иерархий с использованием нечетко-логических моделей);
- анализ результатов работы приложения.

Объектом исследования являются многокритериальные методы принятия решений с применением нечетко-логических подходов.

В качестве предмета исследования рассматриваются инструментальные средства для реализации алгоритмов принятия решений в условиях многокритериальности.

В качестве методологических основ для бакалаврской работы по теме «Реализация многокритериальных методов принятия решений с использова-

нием нечетко-логических моделей» использовались работы Saaty T., Zadeh L., Chang D.Y., Turskis Z., Zavadskas E., Filev D., Yager R. Петросян М.О., Зеленков П.В., Ковалев И.В., Ефремова С.В.

Теоретическая значимость бакалаврской работы заключается в анализе различных многокритериальных методов принятия решений и подробном разборе алгоритмов работы методов АНР и ФАНР для их последующей реализации в web-приложении.

Практическая значимость бакалаврской работы заключается в разработке web-приложения для реализации многокритериальных методов принятия решений с использованием нечетко-логических моделей.

Выпускная квалификационная работа имеет следующую структуру. В первом разделе рассматриваются различные методы принятия решений и алгоритмы методов АНР и ФАНР. Второй раздел посвящен проектированию web-приложения, а именно, обзору архитектурных шаблонов и инструментальных средств для разработки. Третий раздел описывает процесс разработки web-приложения, выбор хостинга, публикацию в сети Интернет и анализ результатов работы приложения при помощи коэффициента конкордации. Бакалаврская работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников и 7 приложений. Общий объем работы – 43 страницы, из них 40 страниц – основное содержание, включая 15 рисунков, 4 таблицы и 21 формулу, цифровой носитель в качестве приложения, список использованных источников информации – 24 наименования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Первый раздел «Анализ многокритериальных методов принятия решений» посвящен классификации многокритериальных методов принятия решений и содержит алгоритмическое описание методов АНР и FАНР.

Многокритериальные методы принятия решений являются методами, цель которых заключается в ранжировании различных вариантов решений. В конечном итоге необходимо определить и расставить по предпочтениям доступные варианты решений. Анализ в большинстве алгоритмов включает в себя разработку матрицы сравнений вариантов решений и критериев, варианты решений следует ранжировать с учетом значимости критериев. Альтернативами называют варианты принимаемых решений. Критерии – это способ описания вариантов решений, способ выражения различий между ними с точки зрения предпочтения лица, принимающего решения (ЛПР).

В настоящее время существует множество различных многокритериальных методов принятия решений и их различных модификаций. Некоторые из методов перечислены ниже:

- TOPSIS – метод определения последовательности по определению близости решения к идеальному;
- модифицированный fuzzy TOPSIS;
- fuzzy TOPSIS – метод с двукратным лингвистическим представлением значений критериев;
- ARAS – метод оценки аддитивных отношений;
- fuzzy ARAS с нечетким взвешиванием и лингвистическим измерением;
- ARAS-G с использованием интервалов данных;
- SWARA – поэтапный анализ коэффициента оценки веса;
- АНР – метод анализа иерархий;
- АНР с нечетким взвешиванием и лингвистическим измерением;
- ANP – инструмент поддержки принятия решений, использующий интегрированный аналитический сетевой процесс;
- COPRAS – метод комплексной пропорциональной оценки проектов;
- COPRAS-G с использованием интервалов данных;
- fuzzy COPRAS с использованием нечеткого множества данных;
- ELECTRE I – метод использующий четкие бинарные отношения между

альтернативами;

- PROMETHEE – методы формирования рангов предпочтения для обогащения оценок.

Метод анализа иерархий является одним из многокритериальных методов принятия решений, разработанный Саати. АНР является структурированной техникой для организации и анализа сложных решений или вопросов, которые включают в себя субъективные суждения. Другими словами, АНР - это традиционная мощная техника для определения приоритетов среди различных критериев, сравнивая альтернативы для каждого критерия и определение общего рейтинга для каждой альтернативы. Основным преимуществам АНР является обработка нескольких критериев, легко и эффективно работать как с качественными, так и с количественными данными.

В реальном мире большая часть информации или данных, полученная от экспертов, является в какой-либо степени неопределенной из-за неполноты информации, неточности человеческих суждений или неопределенности среды принятия решений. Комбинированная связка теории нечетких множеств и метода анализа иерархий дают нечеткий метод анализа иерархий (ФАНР), как более мощный подход для принятия решений. Использование метода ФАНР, позволяет принимать более эффективные, гибкие и реалистичные решения на основе доступных критериев и альтернатив. Следовательно, можно сделать вывод, что ФАНР найдет применение в различных задачах.

Аналогично АНР, ФАНР обеспечивает иерархическую структуру и вычисляет конечные веса альтернатив, но помимо этого ФАНР облегчает построение матриц парных сравнений и уменьшает несогласованность экспертных оценок.

Существует множество нечетких методов АНР, предложенных различными авторами. Использование треугольных функций принадлежности для описания лингвистических переменных в шкале для парных сравнений в нечетком АНР, и использование метода анализа экстенстов для определения синтетического значения экстенстов парных сравнений считается новым подходом к обработке АНР.

Нечеткая логика является расширением традиционной логики до промежуточных и приблизительных значений, которые отражают значение слов, человеческих рассуждений и принятия решений. Нечеткие системы и логика

берет свое начало в древнегреческой философии. Заде Л. сделал важный шаг в разработке инструмента для решения проблем. Он предложил и разработал концепцию нечеткой логики в своей основополагающих работах.

Чтобы устранить неоднозначность, которая часто возникает из-за особенностей человеческого суждения, теория нечетких множеств была включена во многие методы принятия решений. Матрица сравнений состоит из нечетких значений. Нечеткие арифметические операции должны использоваться для получения окончательных агрегированных оценок для каждой альтернативы. Концепция нечетких интервалов применяется для упрощения этих вычислений и для разрешения операций с различными видами функций принадлежности.

Многокритериальные методы принятия решений с использованием нечетко-логической модели оценивают альтернативные рейтинги и веса критериев в условиях неточности и неопределенности, с помощью лингвистических переменных, которые выражены нечеткими числами.

Второй раздел «Проектирование web-приложения для реализации АНР и ГАНР» посвящен обзору различных архитектурных шаблонов и технологического инструментария.

Существует несколько вариантов для проектирования приложения, которое будет реализовывать многокритериальные методы принятия решений с использованием нечетко-логических моделей. Первый вариант это desktop-приложение, второй – web-приложение. Web-приложение – клиент-серверное решение, в котором клиент взаимодействует с web-сервером при помощи браузера. Логика web-приложения распределена между сервером и клиентом, хранение данных осуществляется, преимущественно, на сервере, обмен информацией происходит по сети. Desktop-приложение работает локально, то есть на компьютере пользователя, причем перед началом работы требуется его установить.

Так как в приложении предстоит реализовывать несколько многокритериальных методов принятия решений и предполагается дальнейшее развитие проекта путем добавления новых многокритериальных методов, была выбрана трехслойная архитектура. Данный архитектурный подход – это классическое решение, подразумевающее разделение приложения на три уровня.

— Presentation layer (уровень представления);

- Business layer (уровень бизнес-логики);
- Data Access layer (уровень доступа к данным).

Для разработки web-приложения были использованы следующие технологии: C#, ASP.NET Core 3.1, MS SQL Server Developer Edition 2019, Bootstrap, Microsoft Visual Studio 2019, CSS, HTML, JS, программная модель ASP.NET Web Pages.

Третий раздел «Реализация многокритериальных методов принятия решений на примере АНР и ФАНР» посвящен разработке web-приложения, реализующего методы АНР и ФАНР, его публикации в сети Интернет и анализу результатов работы.

Для сбора данных, а также функционирования приложения была спроектирована следующая база данных. Для каждого алгоритма АНР и ФАНР создано по 3 таблицы: AHP_Criteria (с полями CriteriaID, CriteriaName, SessionID, CriteriaWeight, Matrix), AHP_Alternative (с полями AlternativeID, AlternativeName, SessionID), AHP_Session (с полями SessionID, CriteriaNumber, AlternativeNumber), FAHP_Criteria (с полями CriteriaID, CriteriaName, SessionID, CriteriaWeight, Matrix, MatrixAlt) FAHP_Alternative (с полями AlternativeID, AlternativeName, SessionID, AlternativeWeight) FAHP_Session (с полями SessionID, CriteriaNumber, AlternativeNumber).

Редактирование данных в таблицах осуществляется при помощи хранимых процедур. Использование хранимых процедур дает ряд преимуществ:

- запросы, выполняющиеся через хранимые процедуры, имеют план выполнения и поэтому выполняются быстрее, в отличие от запросов, которые бы поступали через средства .NET CORE;
- более безопасно, значительно уменьшает вероятность SQL Injection;
- редактирование структуры хранения данных без изменения кода.

Для реализации уровня DAL необходимо создать два проекта – библиотеки классов .NET Standart, один из которых будет предоставлять интерфейсы, а другой классы с их реализацией. В проекте с реализацией интерфейсов необходимо указать ссылку на проект с интерфейсами. В каждом проекте содержатся классы и интерфейсы как для АНР так и для ФАНР. Всего представлено 9 хранимых процедур для АНР и 11 для ФАНР.

Слой бизнес-логики должен содержать в себе всю логику приложения,

то есть всю логику алгоритмов АНР и FАНР, а также предоставлять интерфейсы для доступа к данным для уменьшения связности. Аналогично предыдущему уровню слой бизнес-логики должен содержать 2 проекта, которые являются библиотеками классов .NET Standart, один из них предоставляет интерфейсы, а другой их реализует. Для того чтобы уменьшить связность, нужно добавить интерфейсы, которые помимо реализации методов уровня BLL, будут содержать переопределение интерфейсов из уровня DAL. Уровень бизнес логики реализует 12 методов в интерфейсе для АНР и 15 методов в интерфейсе для FАНР.

Слой представления в отличие от других слоев имеет один проект, это web-приложение ASP.NET Core 3.1 Active Web Pages. Это готовый шаблон web-приложения, который уже содержит некоторые готовые файлы (конфигурация, bootstrap, разметка и так далее), при необходимости данные файлы могут изменяться. На данном уровне осуществляется взаимодействие пользователя с приложением, поэтому необходимо валидировать все входные данные. Это делается для того, чтобы приложение всегда было в допустимом состоянии, иначе неправильный формат введенных данных приведет к зависанию приложения. Валидация выполнена при помощи доступных средств технологии HTML, однако, проверка матриц осуществляется на серверной части.

Для реализации слабого связывания вводится дополнительный уровень Common. Данный слой содержит два проекта, один предназначен для хранения сущностей, другой для создания менеджера зависимостей. Менеджер зависимостей - статический класс имеющий несколько полей, эти поля только для чтения и имеют тип интерфейса. Через эти поля впоследствии будет осуществляться доступ к тому или иному интерфейсу, путем создания объекта типа менеджер зависимостей и обращению к нужным полям через этот объект.

Чтобы пользователь имел доступ к разработанному web-приложению, его необходимо опубликовать в сети Интернет. Для публикации web-приложения нужно выбрать техническую площадку для размещения сайтов – хостинг, предоставляемый специализированными хостинг-компаниями.

При анализе тарифов в различных хостинг-компаниях был выбран хостинг somee.com. Данный хостинг предоставляет услуги с 2004 года, поддер-

живает платформу ASP.NET CORE 3.1, MS SQL Server 2019 с возможностью резервного копирования, восстановления и присоединения баз данных и автоматическим резервным копированием каждые 12 - 24 часа, а также предоставляет круглосуточную техническую поддержку.

Публикация web-приложения осуществляется с помощью FTP. Данный способ легко настроить и он удобен, так как публикация происходит автоматически по нажатию одной кнопки.

В результате разработанное web-приложение опубликовано и доступно по ссылке – mcda-online.somee.com.

Для проверки согласованности результатов работы АНР и ФАНР, был вычислен коэффициент конкордации. Значение коэффициента говорит о наличии высокой степени согласованности результатов работы двух методов АНР и ФАНР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были проанализированы некоторые многокритериальные методы принятия решений, в том числе и методы с использованием нечетко-логических моделей.

В ходе проектирования приложения рассмотрены различные возможные архитектурные шаблоны и подобран наиболее подходящий, а также выбран технологический инструментарий позволяющий разработать web-приложение, реализующее многокритериальные методы принятия решений с использованием нечетко-логических моделей. В результате было разработано web-приложение, которое реализует метод анализа иерархий и метод анализа иерархий с использованием нечетко-логической модели на ASP.NET Core 3.1 и с реляционной базой данных MS SQL Server 2019.

Разработанное web-приложение позволяет осуществлять выбор альтернативы с помощью метода анализа иерархии и нечеткого метода анализа иерархий, выполнять ранжирование альтернатив различными методами.

Анализ результатов работы алгоритмов, реализованных в web-приложении, позволяет оценить согласованность полученных результатов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Петросян М.О., Зеленков П.В., Ковалев И.В., Ефремова С.В. Методы многокритериального анализа решений. – Решетневские чтения, vol. 2, no. 20, 2016 – 76-77 с.
- 2 Saaty T. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. – University of Pittsburgh RWS Publications, 1996.
- 3 Saaty T. Theory and applications of the analytic network process: Decision making with benefits, opportunities, costs, and risks. – RWS publications, 2005.
- 4 Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
- 5 Chang D.Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. – European Journal of Operational Research, vol. 95, 1996. – pp. 649–655.
- 6 Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. — 166 с.
- 7 Turskis Z., Zavadskas E. A new fuzzy additive ratio assessment method (ARAS-F). Case study: the analysis of fuzzy multiple criteria in order to select the logistic centers location. – TRANSPORT 25(4):423–432, 2010.
- 8 Zadeh L. Fuzzy sets, Information and Control. – 8(3): 338–353. doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X, 1965.
- 9 Filev D., Yager R. Essential of Fuzzy Modeling and Control. SIGART Bulletin, Vol. 6, No. 4 – 1994 – pp. 22-23.
- 10 A Study on Fuzzy AHP method and its applications in a “tie-breaking procedure” / Global Journal of Pure and Applied Mathematics. ISSN 0973-1768 Volume 13, Number 6 (2017), pp. 1619-1630.
- 11 Chang D.Y. Extent analysis and synthetic decision, optimization techniques and applications. – Vol. 1, Singapore: World Scientific, 1992. – pp. 352.