МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске

Кафедра вычислительной техники

УДК: 004.05 (079.2)

О-66

**Орлов Артем Игоревич**

СПОСОБ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Выпускная квалификационная работа на соискание квалификации

**Магистр**

Направление подготовки

**09.04.01 – Информатика и вычислительная техника**

Профиль подготовки

**Информационное и программное обеспечение автоматизированных систем**

Студент группы ВМ-21 (маг) А. И. Орлов

Научный руководитель

д.т.н., профессор В. В. Борисов

*Допускается к защите*

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор А. С. Федулов

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

Смоленск – 2023

Аннотация

ЗАМЕНИТЬ

ABSTRACT

ЗАМЕНИТЬ

Оглавление

[ВВЕДЕНИЕ 6](#_Toc132804669)

[1 АНАЛИЗ ЗАДачИ И СПОСОБОВ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ 8](#_Toc132804670)

[1.1 Задача структурно-парамеметрической настройки нечетких когнитивных моделей и ее приложения 8](#_Toc132804671)

[1.2 Анализ существующих способов структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей 8](#_Toc132804672)

[1.3 Анализ существующих программных средств струкрутно-параметричекой настройки нечетких когнитивных моделей 8](#_Toc132804673)

[1.4 Постановка задачи исследования 8](#_Toc132804674)

[1.5 Выводы по главе 8](#_Toc132804675)

[2 РАзработка способа структурно-параметрической настройки нечетких конгитивных моделей на основе генетических алгоритмов 9](#_Toc132804676)

[2.1 Требования к разрабатываемому способу структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей 9](#_Toc132804677)

[2.2 Генетический алгоритм структно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей 9](#_Toc132804678)

[2.3 Алгоритмы генетических операторов 9](#_Toc132804679)

[2.4 Выводы по главе 9](#_Toc132804680)

[3 разработка программных средств структурно-параметрической настройки нечетких конгитивных моделей на основе генетических алгоритмов 10](#_Toc132804681)

[3.1 Требования к функционалу программных средств 10](#_Toc132804682)

[3.2 Разработка архитектуры программных средств 10](#_Toc132804683)

[3.3 Разработка основных алгоритмов 10](#_Toc132804684)

[3.4 Разработка пользовательского интерфейса 10](#_Toc132804685)

[3.5 Выводы по главе 10](#_Toc132804686)

[4 Оценка качества и оперативности разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетки когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов 11](#_Toc132804687)

[4.1 Методика оценки качества разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей 11](#_Toc132804688)

[4.2 Методика оценки производительности разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей 11](#_Toc132804689)

[4.3 Оценка качества и оперативности разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на примере когнитивной модели «Качество городской среды города Москвы» 11](#_Toc132804690)

[4.4 Оценка качества и оперативности разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на примере когнитивной модели «Управление IT-проектом» 11](#_Toc132804691)

[4.5 Выводы по главе 12](#_Toc132804692)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 13](#_Toc132804693)

[Перечень сокращений и условных обозначений 14](#_Toc132804694)

[Список литературы 15](#_Toc132804695)

[Приложение А 16](#_Toc132804696)

[Приложение Б 22](#_Toc132804697)

[Приложение В 23](#_Toc132804698)

ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Одним из активно развивающихся направлений исследований в области поддержки и принятия решений является изучение возможности управления сложными и слабоструктурированными системами и ситуациями [1]. Такие системы плохо поддаются традиционным методам исследования и моделирования из-за отсутствия точной количественной информации о происходящих в них процессах, а доступная исследователю качественная информация часто является неполной и противоречивой. Другая трудность связана с тем, что управленческие решения зачастую приходится принимать быстро и в постоянно изменяющихся условиях.

Несмотря на вышеперечисленные сложности, существуют подходы, позволяющие исследовать такие системы, среди которых особо выделяется нечеткий когнитивный подход. Он позволяет формализовать разрозненные, неполные и противоречивые знания экспертов о слабоструктурированной системе с помощью единой когнитивной модели. Такая модель задается в виде ориентированного взвешенного графа. Вершины графа соответствуют концептам – значимым для цели моделирования и управления факторам системы, а дуги отражают причинно-следственные связи между концептами.

Когнитивный подход нашел широкое применение для моделирования и управления различными организационно-технологическими и социально-экономическими системами. К первым, например, можно отнести моделирование предаварийной ситуации [7] или управление запасами топлива на станции [4]. А ко вторым анализ развития социально-экономических ситуаций [5] или моделирование инвестиционной деятельности муниципального образования [6]. Повышение качества и оперативности такого моделирования и управления является перспективным направлением для дальнейших исследований.

Для нечетких когнитивных моделей разработаны различные модели динамики, позволяющих ответить на вопрос о том, как моделируемая система будет изменяться с течением времени [8]. Однако кроме прогнозирования такое моделирование по времени может помощь в принятии управленческих решений. Сформулировав цель управления, эксперт может обозначить такое состояния когнитивной модели, достижение которого, по его мнению, будет обозначать достижение поставленной цели. После этого можно попытаться настроить структуру и начальные параметры когнитивной модели таким образом, чтобы она в конечном итоге попала в желаемое конечное состояние. Настроенную когнитивную модель возможно использовать для получения списка управленческих задач, выполнение которых в реальном мире приведет к выполнению цели управления.

Однако задача структурно-параметрической настройки нечеткой когнитивной модели является сложной. Классические алгоритмы оптимизации не обладают достаточной оперативность для ее решения при большом количестве концептов и связей в модели. Одним из многообещающих подходов является использование генетических алгоритмов, методов оптимизации, вдохновленных естественным процессом эволюции [2]. Этот подход может помочь повысить качество и оперативность структурно-параметрической настройки нечеткой когнитивной модели.

Кроме разработки способа структурно-параметрической оптимизации, необходимо предоставить удобный инструмент для его применения менеджерами и экспертами в различных областях. Большинство существующих приложений для разработки когнитивных моделей являются десктопными, что осложняет совместную работу над моделью и возможность делиться результатами. Поэтому разработка веб-приложения для осуществления структурно-параметрической настройки с возможностью совместной работы над когнитивной моделью является важной задачей.

Таким образом, задача разработки способа и программных средств структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов является актуальной, т.к. ее выполнение позволит повысить качество и оперативность управления сложными и слабоструктурированными системами при помощи когнитивного подхода.

**Объектом исследования** процессы настройки нечетких когнитивных моделей в ходе анализа сложных систем и процессов. **Предметом исследования** является способ и программные средства структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов.

**Целью исследования** является повышение качества и оперативности структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе использования генетических алгоритмов.

**Научная задача** квалификационной работы заключается в разработке и исследовании способа и программных средств структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов.

Для этого необходимо решить следующие **задачи**:

1. Проанализировать нечеткие когнитивные модели, а также методы и подходы к их структурно-параметрической настройке.
2. Создать способ структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов.
3. Разработать алгоритмы и программные средства структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов.
4. Оценить качество и оперативность структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе предлагаемого способа и программных средств.

В ходе работы над квалификационной работой использованы следующие **методы исследований**: нечеткого когнитивного моделирования, объектно-ориентированного и функционального проектирования и программирования, модульного тестирования.

**Обоснованность** научных результатов и выводов, представленных в работе, определяется корректным применением использованных методов исследования и подтверждается результатами компьютерного моделирования. **Достоверность** научных положений подтверждена соответствием теоретических положений и результатов экспериментов на основе компьютерного моделирования и итогами применения разработанного программного средства, а также апробацией основных результатов.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

Разработан новый способ структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов, позволяющий повысить качество и оперативность такой настройки для решения задачи управления сложными и слабоструктурированными системами.

**Практическую значимость** работы составляют следующие результаты:

1. Разработан генетический алгоритм, обеспечивающий программную реализацию предложенного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей.
2. Созданы программные средства структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов.

**На защиту выносятся** следующие положения:

1. Способ структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов.
2. Алгоритмы и программные средства, реализующие структурно-параметрическую настройку нечетких когнитивных моделей с помощью предложенного способа.

**Апробация работы.** ЗАМЕНИТЬ

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня сокращений и условных обозначений и списка литературы, включающего X наименований. Работа содержит X страниц машинописного текста, X рисунков, X таблиц, 3 приложения.

Во введении определена актуальность темы исследования, определены цель и задачи исследования, представлено краткое содержание по главам.

В первой главе ЗАМЕНИТЬ

Во второй главе ЗАМЕНИТЬ

В третьей главе ЗАМЕНИТЬ

В четвертой главе ЗАМЕНИТЬ

В заключении охарактеризованы результаты выпускной квалификационной работы.

В приложениях представлено задание на выпускную квалификационную работу, исходный код разработанной системы и скриншоты тестирования.

1. АНАЛИЗ ЗАДачИ И СПОСОБОВ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ
   1. Задача структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей и ее приложения

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Анализ существующих способов структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Анализ существующих программных средств структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Постановка задачи исследования

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Выводы по главе

ЗАМЕНИТЬ

1. РАзработка способа структурно-параметрической настройки нечетких конгитивных моделей на основе генетических алгоритмов
   1. Требования к разрабатываемому способу структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей

В рамках рассматриваемого способа структурно-параметрической настройки из всех концептов нечеткой когнитивной модели выделяют управляющие и целевые. Первые отражают факторы, на которые можно повлиять и скорректировать таким образом поведение и конечное состояние моделируемой слабоструктурированной системы. Вторые представляют собой важные для исследования факторы, которые невозможно изменить непосредственно. Конечное состояние целевых концептов зависит от начального состояния управляющих.

Среди связей нечеткой когнитивной модели также выделяют управляющие связи. Значение силы этих связей не известно исследователю заранее, а может изменяться в некотором разрешенном диапазоне. Изменение силы управляющей связи приводит к изменению конечного состояния целевых концептов в результате моделирования.

Разрабатываемый способ структурно-параметрической настройки нечеткой когнитивной модели должен позволять подбирать начальное состояния ее управляющих концептов, а также значений управляющих связей таким образом, чтобы в результате ее моделирования по времени, целевые концепты максимально приблизились к желаемому состоянию. Настройка начального состояния управляющих концептов отражает параметрическую оптимизацию, а настройка силы управляющих связей – структурную. Желаемое конечное состояние задается экспертом исходя из целей моделирования. Моделируемая предметная область может иметь определенные ограничения, поэтому эти ограничения должны быть отражены в ограничениях на состояние управляющих концептов и управляющих связей.

Моделирование по времени может осуществляться с помощью различных моделей динамики:

,

,

,

,

где , – дискретные моменты времени; – номер выходного концепта; – общее число концептов карты; , – состояние и приращение значения j-го выходного концепта ; , – состояние и приращение значения i-го входного концепта; – вес влияния концепта на концепт ; – число входных концептов для -го выходного концепта [3].

Для различных моделируемых систем, а также отдельных концептов, могут подходить различные модели динамики, поэтому разрабатываемы способ должен позволять исследователю выбирать наиболее подходящую модель.

Не все когнитивные модели являются устойчивыми, и их моделирование при помощи той или иной модели динамики может никогда не закончиться. Исходя из этого, целесообразно дать исследователю возможность ограничивать максимальное модельное время.

* 1. Генетический алгоритм структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей

Исходя из перечисленных требований

* 1. Алгоритмы генетических операторов

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Выводы по главе

ЗАМЕНИТЬ

1. разработка программных средств структурно-параметрической настройки нечетких конгитивных моделей на основе генетических алгоритмов
   1. Требования к функционалу программных средств

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Разработка архитектуры программных средств

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Разработка основных алгоритмов

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Разработка пользовательского интерфейса

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Выводы по главе

ЗАМЕНИТЬ

1. Оценка качества и оперативности разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетки когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов
   1. Методика оценки качества разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Методика оценки производительности разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Оценка качества и оперативности разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на примере когнитивной модели «Качество городской среды города Москвы»

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Оценка качества и оперативности разработанного способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на примере когнитивной модели «Моделирование системы обнаружения предаварийной ситуации»

ЗАМЕНИТЬ

* 1. Выводы по главе

ЗАМЕНИТЬ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЗАМЕНИТЬ

Перечень сокращений и условных обозначений

ЗАМЕНИТЬ

Список литературы

1. Авдеева З. К., Коврига С. В., Макаренко Д. И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // УБС. 2006. №16.
2. Аверкин А.Н., Паринов А.А. Генетический алгоритм обучения нечетких когнитивных карт // Научные труды Вольного экономического общества России. 2010. №.
3. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А. С.. Нечёткие модели и сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
4. Дулесов А. С., Пантелеев В. И., Баркова Д. В. Когнитивное моделирование как инструмент управления запасами топлива на станции // Журнал СФУ. Техника и технологии. 2013. №1.
5. Максимов В. И. Структурно-целевой анализ развитии социально экономических ситуаций // Проблемы управления. 2005. №3.
6. Молочкова В. М. Когнитивная карта инвестиционной деятельности муниципального образования // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. №4.
7. Прокофьев О. В. Савочкин А. Е. Моделирование системы обнаружения предаварийной ситуации на основе нечеткой когнитивной карты // НиКСС. 2018. №2 (22).
8. Робертс Ф. С. Дискретные модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, 1986

Приложение А

Задание на выпускную квалификационную работу

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске

Кафедра вычислительной техники

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

НА СОИСКАНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ

**Магистр**

Тема: СПОСОБ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Направление подготовки

**09.04.01 – Информатика и вычислительная техника**

Профиль подготовки

**Информационное и программное обеспечение автоматизированных систем**

Студент группы ВМ-21 (маг) А. И. Орлов

Руководитель

д.т.н., профессор В. В. Борисов

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор А.С. Федулов

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_2023 г.

Место выполнения выпускной квалификационной работы: филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, кафедра вычислительной техники

Смоленск – 2023

1. Обоснование выбора темы выпускной квалификационной работы

Нечеткие когнитивные модели являются отличным иструментом для анализа сложных и слабоструктурированных систем и ситуаций. Они находят широкое применение в различных областях, таких как прогнозирование, сценарное моделирование, принятие решений, диагностика, классификация и управление. Однако, несмотря на их эффективность, процесс настройки таких моделей может быть достаточно трудоемким и требовать значительных затрат времени и ресурсов.

Генетические алгоритмы являются хорошим способом оптимизации, применяемым в различных областях. Использоватение генетических алгоритмов для структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей может позволить значительно ускорить процесс настройки и повысить качество получаемых результатов. Поэтому разработка способа применения генетических алгоритмов для настройки нечетких когнитивных моделей является важной и актуальной задачей.

1. Основание для разработки

Государственный общеобразовательный стандарт высшего образования. Направление 09.04.01 – «Информатика и вычислительная техника».

1. Назначение и цель разработки

Целью данной работы является, во-первых, создание способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов, который позволит настроить когнитивную модель таким образом, чтобы в результате ее моделирования по времени, целевые концепты максимально приблизились к желаемому состоянию. Во-вторых, разработка программных средств, реализующих разработанный способ сруктурно-параметрической настройки. В-третьих, выполнение оценки качества и оперативности настройки нечетких когнитивных моделей с использованием предлагаемого способа и программных средств.

1. Технические требования

4.1 Требования к функциональным характеристикам

Разрабатываемая система должна реализовывать основные функции, обеспечивая возможность осуществления структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей.

Пользовательский интерфейс должен обеспечивать наглядность предоставляемой информации, быть эргономичным и интеллектуально понятным.

* 1. Требования к структуре и функционированию

Разрабатываемая программа должна предоставлять пользователю простой и интеллектуально понятный интерфейс и иметь следующие основные функциональные возможности:

* регистрация и авторизация пользователей;
* создание проектов нечетких когнитивных моделей и добавление пользователей в проект;
* редактирование нечеткой когнитивной модели (добавление/удаление концептов и связей);
* редактирование параметров генетического алгоритма структурно-параметрической настройки нечеткой когнитивной модели;
* запуск генетического алгоритма структурно-параметрической настройки нечеткой когнитивной модели;
* сохранение промежуточных и окончательных результатов структурно-параметрической настройки нечеткой когнитивной модели.

4.3 Требования к надёжности

Все внутренние ошибки системы должны обрабатываться корректным образом, информация об ошибке должна выводиться на экран.

Необходимо предусмотреть контроль правильности вводимой информации.

4.4 Требования к защите информации от несанкционированного доступа

Аккаунты всех пользователей системы должны быть защищены паролем.

4.5 Требования по сохранению информации при авариях

Защита от сбоев в сети питания осуществляется путём использования устройства бесперебойного питания и программ, корректно завершающих работу приложений при отключении питания.

4.6 Требования к видам обеспечения

* + 1. Информационное обеспечение

Диалог осуществляется через пользовательский интерфейс системы в браузере.

* + 1. Лингвистическое обеспечение

Серверная логика системы разрабатывается с использованием языка программирования Rust и фреймворка Rocket. Клиентская часть формируется с помощью языка TypeScript и фреймворка Nuxt.js.

* + 1. Программное обеспечение

Для серверной части: операционная система Ubuntu Server, СУБД PostgreSQL, Rust, Node.js.

Для клиентской части: наличие браузера Mozilla Firefox или браузера на основе Chromium.

* + 1. Техническое обеспечение

Для работы серверной части программного продукта рекомендуется компьютер, оснащенный процессором с тактовой частотой не ниже 3 ГГц, двухъядерный или более; 8 ГБ ОЗУ; минимум 50 ГБ свободного места на жестком диске.

* + 1. Организационное обеспечение

Программа не требует дополнительного организационного обеспечения.

* + 1. Требования к тестированию

Тестирование должно показать полную работоспособность программного продукта, правильное выполнение поставленных задач. Тестирование разработанной системы следует проводить в соответствии с ГОСТ Р ИСО МЭК 12207-99.

1. Требования к программной документации

Программная документация будет оформлена в виде пояснительной записки. Пояснительная записка должна быть выполнена согласно ГОСТ 2.105-95.

6 План работы над выпускной квалификационной работой

| Планируемая работа | Трудоёмкость  % | Срок выполнения | Отметка о выполнении |
| --- | --- | --- | --- |
| Анализа задачи структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей | 5 | 20.02.2023 |  |
| Анализа существующих способов и программных средств структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей | 10 | 13.03.2023 |  |
| Разработка способа структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей на основе генетических алгоритмов | 20 | 03.04.2023 |  |
| Разработка генетического алгоритма структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей | 10 | 17.04.2023 |  |
| Создание программных средств, реализующих предложенный способ структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей | 30 | 08.05.2023 |  |
| Оценка качества и оперативности структурно-параметрической настройки нечетких когнитивных моделей с использованием предлагаемого способа и программных средств | 10 | 15.05.2023 |  |
| Оформление пояснительной записки | 15 | 12.06.2023 |  |
| Сдача проекта на проверку | – | 12.06.2023 |  |

1. Перечень графического материала

* Техническое задание
* Диаграммы UML
* Модульная структура программных средств
* Результаты тестирования

8 Рекомендуемая литература

1. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. – 2-е изд., стереотип. – М.:Горячая линия – Телеком, 2012. – 284 с.; ил.
2. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке – М.: ИНПРО-РЕС, 1995.
3. Bart Kosko. Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic / Bart Kosko. – New York : Hyperion, 1993. – 320 p.

**Сведения об авторе выпускной квалификационной работы:**

Домашний адрес: г. Смоленск, ул. Академика Петрова, д. 5, кв. 48.

Телефон: 8-905-698-31-03.

Электронная почта: squakrazv@yandex.ru.

Приложение Б

Текст программы

ЗАМЕНИТЬ

Приложение В

Скриншоты тестирования

ЗАМЕНИТЬ