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 [6] или управление запасами топлива на станции [3]. А ко вторым анализ развития социально-экономических ситуаций [4] или моделирование инвестиционной деятельности муниципального образования [5]. 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 [7]. 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

ЗАМЕНИТЬ

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

ЗАМЕНИТЬ

* 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. 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.
4. Максимов В. И. Структурно-целевой анализ развитии социально экономических ситуаций // Проблемы управления. 2005. №3.
5. Молочкова В. М. Когнитивная карта инвестиционной деятельности муниципального образования // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. №4.
6. Прокофьев О. В. Савочкин А. Е. Моделирование системы обнаружения предаварийной ситуации на основе нечеткой когнитивной карты // НиКСС. 2018. №2 (22).
7. 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