

На правах рукописи



Кар

Каратач Сергей Александрович

**Разработка высокопроизводительных методов
интеллектуального анализа данных на основе
нечетких систем при несинглотонной фаззификации**

Специальность 02.03.01 —
«Системный анализ, управление и обработка информации,
статистика»

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Белгород — 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова» (БГТУ им.В.Г.Шухова).

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Синюк Василий Григорьевич

Официальные оппоненты: **Фамилия Имя Отчество,**
доктор физико-математических наук, профессор,
Не очень длинное название для места работы,
старший научный сотрудник
Фамилия Имя Отчество,
кандидат физико-математических наук,
Основное место работы с длинным длинным
длинным длинным названием,
старший научный сотрудник

Защита состоится **DD mmmmmmmm YYYY** г. в **XX** часов на заседании диссертационного совета БелГУ.22.08 при Белгородском государственном национальном исследовательском университете (НИУ «БелГУ») по адресу: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, корпус 14, каб. 1-1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке **ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»).**

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просьба направлять по адресу: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, корпус 14, каб. 1-1, ученому секретарю диссертационного совета БелГУ.22.08.

Автореферат разослан **DD mmmmmmmm**2025 года.
Электронная почта совета: BSU.22.08@bsuedu.ru; zhikharev@bsuedu.ru.

Ученый секретарь
диссертационного совета
БелГУ.22.08,
кандидат технических наук


Жихарев Александр Геннадиевич

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Высокопроизводительный интеллектуальный анализ данных дает возможность принимать обоснованные решения на основе знаний, получаемых посредством обработки данных со скоростью близкой к реальному времени. Семейство методов мягких вычислений с применением техник высокопроизводительного анализа данных открывает возможность находить закономерности и взаимосвязи в данных, содержащих неопределенность. Одним из методов мягких вычислений предназначенным для анализа неопределенных данных являются методы нечеткого моделирования.

В описанной Л. Заде теории нечеткой логики важной проблемой остается задача нечеткого логического вывода. Распространение получили подходы опирающиеся на использование методов нечеткого вывода выработанных Э. Мамдани, П. Ларсеном, Т. Такаги, М. Сугено и Ю. Цукамато. Эти подходы, а также основанные на них производные методы, как правило, используют четкие значения входов и t -норму вместо импликации, что позволяет упростить реализацию нечеткого вывода. Однако такое упрощение приводит к несоответствию с теорией Заде, что можно выявить при рассмотрении лингвистических моделей со многими нечеткими входами, то есть когда используется несингтонный метод фаззификации.

В теории нечеткой логики нечеткий логический вывод реализуется за с помощью обобщенных нечетких правил *modus ponens* и *modus tollens* на основе *композиционного правила вывода*. При нескольких входах вычисление по данным правилом приводит к экспоненциальной зависимости вычислительной сложности от количества входов. Данное ограничение является основным препятствием для применения нечеткого логического вывода с несколькими посылками, тогда как необходимость анализа многомерных данных является актуальной задачей, например,

Разработку нечеткого вывода с использованием несингтонной фаззификации возродил Д. Мендель. Он продемонстрировал прирост качества нечеткого моделирования с использованием фаззификации типа non-singleton, например, в задаче прогнозирования временных рядов. Однако его исследования ограничены проработкой нечеткого вывода типа Мамдани и Такаги-Сугено. Кроме того Мендель строит формальные выкладки процедуры нечеткого вывода при использовании одной и той же t -нормы, что необоснованно сужает гибкость формул вывода.

Проблемы связанные с нечетким выводом и нечетким моделированием в России изучались и прорабатывались И. А. Ходашинским, Н. Г. Ярушкина, А. И. Аверкин.

Целью данной работы является повышение производительности анализа неопределенных данных путем разработки математического и

программного обеспечения на основе нечетких систем при несинглтонной фаззификации.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Провести обзор проблем и предлагаемых подходов построения и реализации нечетких систем анализа данных с качественным описанием.
2. Разработать метод вывода на основе нечеткого значения истинности для системы MISO-структуры логического типа, обеспечивающий полиномиальную вычислительную сложность.
3. Выполнить программную реализацию выработанного метода нечеткого вывода с использованием технологии параллельных вычислений CUDA, обеспечив эффективность реализации за счет внедрения оптимизаций алгоритма вывода.
4. Применить разработанный модуль нечеткого логического вывода для высокопроизводительного анализа зашумленных данных в выбранной предметной области.

Научная новизна:

1. Впервые применено нечеткое значение истинности и принцип обобщения для получения выходного значения при нескольких нечетких входах в соответствии с обобщенным нечетким правилом вывода *modus ponens* для нечетких систем логического типа, в результате чего была получена новая структура базы правил: «Если истинно, то B_k ».
2. Разработан метод нечеткого вывода логического типа с использованием нечеткого значения истинности, имеющий полиномиальную вычислительную сложность при многих нечетких входах.
3. Разработан метод регрессии временных рядов с нечеткими оценками измеренных значений на основе предложенного метода нечеткого вывода логического типа и алгоритм построения базы правил
4. Разработан параллельный алгоритм, реализующий нечеткий вывод на основе нечеткого значения истинности с применением отбора . . .

Теоретическая значимость заключается в расширении класса задач анализа данных, эффективно решаемых при помощи нечеткого моделирования, соответствующего теории нечеткого вывода Л. Заде.

Практическая значимость . . .

Методология и методы исследования. В работе использованы методы теории нечетких множеств, нечетких отношений, нечеткого логического вывода, принятия решений и мягких вычислений.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Метод вывода для нечетких систем логического типа на основе нечеткого значения истинности, имеющий полиномиальную вычислительную сложность при многих нечетких входах.
2. Метод регрессии для временных рядов с нечеткими оценками измеренных значений на основе метода нечеткого вывода логического типа.
3. Разработанный вид нечетких правил «Если *истинно*, то B_k ».
4. Разработанный параллельный алгоритм для предложенного метода вывода и его эффективная реализация на графическом процессоре с поддержкой технологии CUDA.
5. ...
6. ...

Соответствие диссертации научной специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» по следующим областям исследования:

- п. 10 «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах».

Внедрение результатов диссертационного исследования. Результаты диссертационной работы внедрены Предложенные алгоритмы также использованы при выполнении научного проекта при поддержке РФФИ №20-07-00030 «Разработка высокопроизводительных методов интеллектуального анализа данных на основе нечеткого моделирования и создание компьютерной системы поддержки принятия решений для классификации и прогнозирования».

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректным применением математического аппарата, экспериментальными исследованиями, апробацией на научно-практических конференциях, доказанностью выводов.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на:

1. Международная конференция «Перспективные компьютерные и цифровые технологии» (ACDT 2021)», г. Белгород, 2021.
2. XV Международная научная конференция «Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ) 2021»», г. Волгоград, 2021.
3. XI Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте (ИММВ-2022)», г. Коломна, 2022 г.
4. XX Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2022), г. Москва, 2022.
5. XVII Международная научная конференция «Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ) 2021»», г. Санкт-Петербург, 2023.

6. XXI Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2023), г. Смоленск, 2023.
7. X Всероссийская научно-техническая конференция «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (ИТ-НОП-2025), г. Орел, 2025.

Личный вклад. Все изложенные в диссертации результаты исследования получены либо соискателем лично, либо при его непосредственном участии.

Публикации. Основные результаты по теме диссертации изложены в 9 печатных изданиях, 2 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 2 — в периодических научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, 4 — в тезисах докладов. Зарегистрированы 2 программы для ЭВМ.

Содержание работы

Во **введении** обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, приводится обзор научной литературы по изучаемой проблеме, формулируется цель, ставятся задачи работы, излагается научная новизна и практическая значимость представляемой работы. В последующих главах сначала описывается общий принцип, позволяющий ..., а потом идёт апробация на частных примерах: ... и

Первая глава посвящена ...
картинку можно добавить так:

L^AT_EX

а) L^AT_EX



б) Knuth

Рисунок 1 — Подпись к картинке.

Формулы в строку без номера добавляются так:

$$\lambda_{T_s} = K_x \frac{dx}{dT_s}, \quad \lambda_{q_s} = K_x \frac{dx}{dq_s},$$

Вторая глава посвящена исследованию

Третья глава посвящена исследованию

Можно сослаться на свои работы в автореферате. Для этого в файле `Synopsis/setup.tex` необходимо присвоить положительное значение счётчику `\setcounter{usefootcite}{1}`. В таком случае ссылки на работы других авторов будут подстрочными. Изложенные в третьей главе результаты опубликованы в [`\vakbib1`, `\vakbib2`]. Использование подстрочных ссылок внутри таблиц может вызывать проблемы.

В четвертой главе приведено описание

В заклучении приведены основные результаты работы, которые заключаются в следующем:

1. На основе анализа ...
2. Численные исследования показали, что ...
3. Математическое моделирование показало ...
4. Для выполнения поставленных задач был создан ...

При использовании пакета `biblatex` список публикаций автора по теме диссертации формируется в разделе «Публикации.» файла `common/characteristic.tex` при помощи команды `\nocite`

Каратач Сергей Александрович

Разработка высокопроизводительных методов интеллектуального анализа
данных на основе нечетких систем при несинглтонной фаззификации

Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук

Подписано в печать _____._____._____. Заказ № _____

Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз.

Типография _____