

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.05,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело N _____
решение диссертационного совета от 09.12.21г. N 10

О присуждении Бардамовой Марине Борисовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмы построения нечетких классификаторов несбалансированных данных на основе метаэвристик «гравитационный поиск» и «прыгающие лягушки» по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики» принята к защите 08 октября 2021 г. (протокол N 9) диссертационным советом Д 212.268.05, созданным на базе ТУСУРа (634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, приказ № 1236/нк от 12.10.2015 г.).

Соискатель Бардамова Марина Борисовна, «10» марта 1995 года рождения, в 2017 г. окончила ТУСУР. С 2017 по 2021 г. обучалась в аспирантуре ТУСУРа. Работает младшим научным сотрудником в лаборатории съема, анализа и управления биологическими сигналами института системной интеграции и безопасности ТУСУРа.

Диссертация выполнена на кафедре комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС) ТУСУРа.

Научный руководитель – доктор технических наук профессор Ходашинский Илья Александрович, профессор кафедры КИБЭВС ТУСУРа.

Официальные оппоненты: Пимонов Александр Григорьевич, д.т.н., проф. зав. кафедрой прикладных информационных технологий Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачёва (г. Кемерово); Гергет Ольга Михайловна, д.т.н., доц., профессор отделения информационных технологий Национального исследовательского Томского политехни-

ческого университета, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова), в своем положительном отзыве, составленном Синюком В.Г., к.т.н., доц., профессором кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем и Поляковым В.М., к.т.н., доц. зав. кафедрой программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, утвержденном Евтушенко Е.И., д.т.н., проф., и.о. ректора, указала, что диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне и обладающее научной новизной. В диссертации содержится решение задачи классификации несбалансированных данных на основе интерпретируемых нечетких систем, имеющей значение для развития теории и практики искусственного интеллекта и машинного обучения, что соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 6 работ – в журналах, рекомендованных ВАК, и 10 работ – в журналах, индексируемых Scopus и/или Web of Science. Общий объем – 12,6 п.л., авторский вклад – 5,1. Получены четыре свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Наиболее значимые работы:

1. A Fuzzy Classifier with Feature Selection Based on the Gravitational Search Algorithm / **M. Bardamova**, A. Konev, I. Hodashinsky, A. Shelupanov // *Symmetry*. – 2018. – Vol. 10, N 11. – 609 (Scopus, WoS – Q2).

2. Application of the Gravitational Search Algorithm for Constructing Fuzzy Classifiers of Imbalanced Data / **M. Bardamova**, A. Konev, I. Hodashinsky, A. Shelupanov // *Symmetry*. – 2019. – Vol. 11, N 12. – 1458 (Scopus, WoS – Q2).

3. Ходашинский И. А. Отбор признаков и построение нечеткого классификатора на основе алгоритма прыгающих лягушек / И. А. Ходашинский, **М. Б. Бардамова**, В. С. Ковалев // *Искусственный интеллект и принятие ре-*

шений. – 2018. – N 1. – С. 76–84

Hodashinsky I.A. Using shuffled frog-leaping algorithm for feature selection and fuzzy classifier design / I.A. Hodashinsky, **M.B. Bardamova**, V.S. Kovalev // Scientific and Technical Information Processing. – 2019. – Vol. 46. N 6. – P. 381–387. (Scopus – Q2, 2019).

4. Ходашинский И.А. Комплексная оценка параметров коагуляции у беременных женщин с помощью нечеткого классификатора / И.А. Ходашинский, И.Б. Бардамова, **М.Б. Бардамова** // Медицинская техника. –2017. – № 3 (303). – С. 52-55.

Hodashinsky I.A. Complex assessment of coagulation parameters in pregnant women using a fuzzy classifier / I.A. Hodashinsky, **M.B. Bardamova**, I.B. Bardamova // Biomedical Engineering. – 2017. – Vol. 51. – N 3. – P. 223-228. (Scopus).

5. **Бардамова, М.Б.** Формирование структуры нечеткого классификатора комбинацией алгоритма экстремумов классов и алгоритма «прыгающих лягушек» для несбалансированных данных с двумя классами / М.Б. Бардамова, И. А. Ходашинский // Автометрия. – 2021. – Т. 57, №4. – С. 54-64.

На диссертацию и автореферат поступило 8 положительных отзывов из следующих организаций: Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток (Грибова В.В., д.т.н., зам. директора по научной работе); Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Карпенко А.П., д.ф.-м.н., проф., зав. кафедрой «Системы автоматизированного проектирования»); Оренбургский государственный университет (Болодурина И.П., д.т.н., проф., зав. кафедрой прикладной математики); Южный федеральный университет, г. Таганрог (Курейчик В.В., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Системы автоматизированного проектирования»), Иркутский государственный университет путей сообщения (Аршинский Л.В., д.т.н., доц., профессор кафедры информационных систем и защиты информации); Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (Катасёв А.С., д.т.н., проф., профессор кафедры систем информационной без-

опасности); Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН, г. Красноярск (Исаева О.С., к.т.н., старший научный сотрудник); Институт проблем управления сложными системами РАН, г. Самара (Смирнов С.В., д.т.н., доц., главный научный сотрудник лаборатории анализа и моделирования сложных систем, зам. директора по научной работе).

В отзывах на автореферат указаны следующие основные замечания: не приведено пояснений, какое значение коэффициента дисбаланса стоит считать настолько критичным, чтобы обращать внимание на наличие несбалансированности; не представлена аргументация в пользу применения из очень большого числа известных мета-эвристик именно мета-эвристик гравитационного поиска и прыгающих лягушек; не представлено обоснование и оценка вычислительной сложности поставленной задачи оптимизации; предложенные в работе алгоритмы ориентированы на построение бинарных нечетких классификаторов, что ограничивает применение указанных алгоритмов для обработки несбалансированных данных реального мира; отсутствует обоснование кратности применяемой в работе кросс-валидации; из автореферата не ясно, проводилось ли исследование совместной работы алгоритмов, выносимых на защиту; не показано влияние на точность решения формы функции принадлежности нечетких классификаторов; в тексте автореферата не содержится деталей решения прикладной задачи или рекомендаций по практическому применению новых методов, хотя это позволило бы расширить область внедрения результатов диссертации и повысило бы к ним интерес прикладных специалистов; не ясен смысл использования приставки «мета» для обозначения эвристик, реализуемых разработанными алгоритмами; расширение терминологической базы исследования, когда правило классификатора именуется еще и вектором, и агентом, и частицей в автореферате не мотивируется и в целом мешает восприятию результатов.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что д.т.н. проф. Пимонов А.Г. является известным специалистом в области построения интеллектуальных систем принятия решений на основе нечеткой логики, не-

четкого вывода и эволюционных алгоритмов; д.т.н., доц. Гергет О.М. защитила докторскую диссертацию по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики», является признанным специалистом в области машинного обучения и создания систем интеллектуального анализа данных, что подтверждается списками публикаций оппонентов.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что БГТУ им. В.Г. Шухова имеет высококвалифицированных специалистов в области методов машинного обучения, нечетких систем и нечеткой логики, которые имеют достаточный объем публикаций по тематике диссертации в ведущих изданиях и способны определить и аргументированно обосновать научную и практическую значимость работы Бардамовой М.Б.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– *разработан* алгоритм формирования базы правил нечеткого классификатора несбалансированных данных, отличительной особенностью которого является применение метаэвристики «прыгающие лягушки» для итерационно повторяющейся процедуры генерации и настройки дополнительного правила для класса с наименьшей долей правильной классификации, позволивший на исследованных несбалансированных наборах данных улучшить среднюю геометрическую точность на 23 процента относительно исходных классификаторов, построенных алгоритмом экстремальных значений признаков классов, и показать большую среднюю геометрическую точность по сравнению с классификаторами, полученными общеизвестными алгоритмами генерации структуры Ishibuchi+SMOTE и E-алгоритмом, а также статистически неразличимую точность при сравнении с комбинациями Chi+SMOTE и HFRBCS+SMOTE;

– *разработан* гибридный алгоритм для оптимизации параметров термов нечетких классификаторов несбалансированных данных, особенность которого заключается в дополнении метаэвристики «гравитационный поиск» локальным поиском из метаэвристики «прыгающие лягушки» для улучшения

средней геометрической точности, позволивший улучшить точность на 24 процента на исследованных несбалансированных наборах данных по сравнению с исходными классификаторами и показавший большую среднюю геометрическую точность относительно Chi+SMOTE, Ishibuchi+SMOTE и E-алгоритма, а также сопоставимую точность в сравнении с HFRBCS+SMOTE, при количестве используемых аналогами правил, превышающем число применяемых соискателем как минимум в 30 раз;

– *разработан* алгоритм настройки весовых коэффициентов признаков при классификации несбалансированных данных, отличительной особенностью которого является применение гибридного метаэвристического алгоритма для поиска оптимального вектора весов признаков в базе нечетких правил, позволивший на исследованных несбалансированных наборах данных увеличить среднюю геометрическую точность классификации на 16 процентов относительно точности до введения весов, и продемонстрировавший статистически неразличимую точность с комбинациями Chi+SMOTE и Ishibuchi+SMOTE и большую точность по сравнению с E-алгоритмом, при количестве используемых аналогами правил, превышающем число применяемых соискателем как минимум в 30 раз.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике диссертации результативно использованы метаэвристические методы оптимизации «гравитационный поиск» и «прыгающие лягушки», а также целевая функция, представленная комбинацией из средней геометрической точности и общей точности, объединенных коэффициентом приоритета, упрощающая достижение компромисса между правильной классификацией положительного и отрицательного классов;

проведена модернизация технологии построения нечетких классификаторов несбалансированных данных, учитывающая наличие весовых коэффициентов признаков и возможность итерационного добавления правил для уточнения структуры классификатора.

Значение полученных соискателем результатов исследования для

практики подтверждается тем, что разработанные алгоритмы *внедрены* в виде программного обеспечения, которое используется в клинико-диагностической лаборатории в ОГАУЗ «Родильный дом №1» г. Томска и в учебном процессе ТУСУРа, что подтверждается соответствующими актами о внедрении. Предложенные соискателем алгоритмы применялись при выполнении проектов, поддержанных грантами РФФИ: «Методы и инструментальные средства построения самообучающихся систем, основанных на нечетких правилах» (№16-07-00034-а) 2016-2018 гг., и «Методы построения нечетких классификаторов несбалансированных данных на основе алгоритма гравитационного поиска» (№19-37-90064-аспиранты), 2019-2021 гг. Результаты диссертационной работы были использованы при выполнении проектов № 8.9628.2017/8.9 «Теоретические основы человеко-машинных интерфейсов» в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, а также при выполнении проекта № 2.8172.2017/8.9 «Методы и модели определения уровня защищенности информационных систем» в процессе исполнения государственного задания в ТУСУРе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что

***идея* применения метаэвристических алгоритмов оптимизации с адекватной для оценки точности классификатора метрикой для улучшения работы нечетких классификаторов на несбалансированных данных *базируется* на обобщении передового опыта, изложенного в научных публикациях по теме диссертации;**

корректно *использованы* математические и статистические методы при проведении экспериментов и анализе результатов;

***установлено*, что полученные соискателем результаты экспериментов согласуются с аналогичными экспериментальными данными, содержащимися в опубликованных по тематике работы исследованиями.**

Личный вклад соискателя состоит в разработке алгоритмов оптимизации нечеткого классификатора несбалансированных данных и их реализации в виде программных средств, проведении экспериментов, апробации по-

лученных материалов исследования на научных мероприятиях; постановка цели и задач научного исследования, интерпретация экспериментальных данных, подготовка публикаций по выполненной работе проводилась совместно с научным руководителем.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не раскрыты достоинства средней геометрической точности как меры оценки классификатора; не описано влияние на работу алгоритма размерности входных данных; следует обдумать критерий оптимальности вектора весовых коэффициентов признаков; не раскрыта специфика несбалансированных данных; не ясно, за счет чего удалось уменьшить количество правил на порядок по сравнению с аналогами; хорошо было бы ориентировать эту работу на количество классов, равное N .

Соискатель Бардамова М.Б. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию: средняя геометрическая точность показала лучшие результаты по распознаванию положительного класса в эксперименте по изучению мер для оценки качества классификации, не имеет параметров, вычисляется на основе точности и положительного, и отрицательного классов. Время работы алгоритмов линейно зависит от количества входных векторов и их размерности, что подтверждается исследованиями исходных метаэвристических алгоритмов. Критерием оптимальности для выбора вектора весов признаков является точность, можно рассмотреть и число оставшихся признаков с ненулевым весом. Алгоритмы смогут работать на сбалансированных данных таким же образом, как и на несбалансированных, поскольку первая задача – проще. При наличии дисбаланса более актуальны алгоритмы оптимизации, имеющие возможность вести поиск и в глобальной, и в локальной области, поскольку рельеф функций для оценки качества классификации более сложен, поэтому был разработан гибридный алгоритм оптимизации. Уменьшить число правил удалось за счет более качественного представления предметной области классификатором с предложенными алгоритмами. Хотя эксперименты проводились на наборах данных

с двумя классами, алгоритмы способны работать с любым количеством классов, что подтверждает четвертая глава.

На заседании 09 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение за решение важной задачи построения нечетких классификаторов несбалансированных данных, имеющей значение для развития научных основ современных информационных технологий присудить Бардамовой М.Б. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ехлаков Юрий Поликарпович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Костюченко Евгений Юрьевич

10.12.2021

