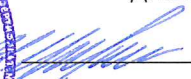


УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ТУСУР,

д.т.н., доцент

 В.М. Рулевский

«13» сентября 2021 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Томский государственный университет систем  
управления и радиоэлектроники».

Диссертация «Алгоритмы построения нечетких классификаторов несбалансированных данных на основе метаэвристик «гравитационный поиск» и «прыгающие лягушки» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на кафедре комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС).

В период подготовки диссертации соискатель Бардамова Марина Борисовна обучалась в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на кафедре комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем. Во время обучения в аспирантуре Бардамова М.Б. совмещала научную и педагогическую деятельность. В настоящее время она работает в должности старшего преподавателя кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем и младшего научного сотрудника лаборатории съема, анализа и управления биологическими сигналами института системной интеграции и безопасности.

В 2017 году Бардамова М.Б. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» по специальности «Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2021 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Научный руководитель – Ходашинский Илья Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

#### **Оценка выполненной соискателем работы.**

Диссертация Бардамовой М.Б. является законченным научным исследованием, содержит решение актуальной научно-технической задачи в области построения нечетких классификаторов, основанных на правилах, в условиях несбалансированного распределения экземпляров данных.

#### **Актуальность темы и направленность исследования.**

В диссертационной работе Бардамовой М.Б. рассматривается применение метаэвристических алгоритмов оптимизации на различных этапах построения нечетких классификаторов. Актуальной является разработка алгоритмов, позволяющих улучшить качество классификации несбалансированных данных нечеткими классификаторами без необходимости исправления данных. Наличие этапа предобработки, направленного на генерацию новых образцов наименьших классов или удаление экземпляров наибольших, является ключевым недостатком существующих методик построения классификаторов, так как приводит к возникновению и распространению ошибок в данных или потери важной информации. Целью диссертационной работы является повышение средней геометрической точности нечетких классификаторов несбалансированных данных за счет использования метаэвристических алгоритмов на различных этапах построения классификатора.

#### **Личное участие автора в получении результатов.**

Постановка цели и задач научного исследования, интерпретация экспериментальных данных, подготовка публикаций по выполненной работе проводилась совместно с научным руководителем, профессором, д.т.н. Ходашинским И.А. Автором самостоятельно разработаны и реализованы алгоритмы формирования структуры нечеткого классификатора несбалансированных данных, настройки весовых коэффициентов признаков, настройки параметров термов на основе комбинации двух метаэвристик; получены результаты экспериментов, проведена апробация разработанных алгоритмов. Разработка программного обеспечения для ОГАУЗ «Родильный дом №1» проведена автором совместно с сотрудниками родильного дома.

#### **Степень достоверности результатов диссертации.**

Достоверность обеспечивается корректностью применения математических методов, результатами проведенных экспериментов, статистически сопоставимых с результатами, полученными исследователями других научных групп.

#### **Научная новизна диссертации.**

В диссертации получены следующие новые научные результаты.

1. Разработан авторский алгоритм формирования базы правил нечеткого классификатора несбалансированных данных, отличительной особенностью которого является применение метаэвристики "прыгающие лягушки" для итеративной процедуры генерации и настройки дополнительного правила для класса с наименьшим процентом правильной классификации.
2. Разработан новый гибридный алгоритм оптимизации параметров нечетких классификаторов несбалансированных данных, особенность которого заключается в дополнении метаэвристики «гравитационный поиск» локальным поиском из метаэвристики «прыгающие лягушки» для улучшения эффективности оптимизации.
3. Разработан авторский 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.

#### **Практическая значимость диссертации.**

Практическая значимость работы подтверждается применением полученных в ней результатов для решения практической задачи оценки свертываемости крови у беременных женщин. Результаты внедрены в ОГАУЗ «Родильный дом №1» города Томска.

Разработанные алгоритмы использованы при выполнении следующих проектов:

– научный проект при поддержке РФФИ «Методы и инструментальные средства построения самообучающихся систем, основанных на нечетких правилах» (№16-07-00034-а), 2016-2018 гг. (№ государственной регистрации АААА-А16-116021210312-4);

– научный проект при поддержке РФФИ «Методы построения нечетких классификаторов несбалансированных данных на основе алгоритма гравитационного поиска» (№19-37-90064-аспиранты), 2019-2021 гг. (№ государственной регистрации АААА-А19-119101790046-5);

– государственное задание Министерства образования и науки Российской Федерации на 2017–2019 гг., проект № 2.8172.2017/БЧ «Методы и модели определения уровня защищенности информационных систем» (№ государственной регистрации АААА-А17-117073110015-3);

– государственное задание Министерства образования и науки Российской Федерации на 2017-2019 гг., проект № 8.9628.2017/8.9 «Теоретические основы человеко-машинных интерфейсов» (№ государственной регистрации АААА-А17-117073110013-9).

Разработанные алгоритмы применимы при построении нечетких классификаторов для решения практических задач классификации и в научно-исследовательских целях при анализе данных.

#### **Полнота изложенных материалов диссертации в печатных работах, опубликованных автором.**

По материалам диссертации опубликовано 28 печатных работ, из которых в рекомендованных ВАК РФ периодических изданиях – 6. Десять работ проиндексированы в международной базе SCOPUS, четыре – в Web of Science. Получены 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Работы, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК:

1. *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 (Scopus).

2. *Ходашинский, И. А.* Построение нечеткого классификатора алгоритмом гравитационного поиска / И. А. Ходашинский, М. Б. Бардамова, В. С. Ковалев // Доклады ТУСУР. – 2017. – Т. 20, № 2. – С. 84–87.

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 решений. – 2018. – № 1. – С. 76–84 (Scopus).

4. Аутентификация пользователя по динамике подписи на основе нечеткого классификатора / И. А. Ходашинский, Е. Ю. Костюченко, М. Б. Бардамова [и др.] // Компьютерная оптика. – 2018. – № 42(4). – С. 657–666 (Scopus, WoS).

5. *Бардамова, М. Б.* Способы адаптации алгоритма прыгающих лягушек к бинарному пространству поиска при решении задачи отбора признаков / М. Б. Бардамова, А. Г. Буймов, В. Ф. Тарасенко // Доклады ТУСУР. – 2020. – Т. 23, № 4. – С. 57–62.

6. 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.

Помимо статей под номерами 1, 3 и 4, в Scopus и WoS проиндексированы статьи:

7. *Hodashinsky, I. A.* Tuning fuzzy systems parameters with chaotic particle swarm optimization / I. A. Hodashinsky, M. B. Bardamova // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2017. – Vol. 803, No. 1. – P. 012053 (Scopus, WoS).

8. A Fuzzy Classifier with Feature Selection Based on the Gravitational Search Algorithm / M. Bardamova, A. Konev, I. Hodashinsky, A. Shelupanov // *Symmetry*. – 2018. – Vol. 10, No. 11. – P. 609 (Scopus, WoS).

9. Fuzzy classifier design for network intrusion detection using the gravitational search algorithm / M. Bardamova, A. Konev, I. Hodashinsky, A. Shelupanov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – Vol. 1145, No. 1. – P. 012008 (Scopus).

10. Gravitational search for designing fuzzy rule-based classifiers for handwritten signature verification / M. Bardamova, A. Konev, I. Hodashinsky, A. Shelupanov // *Journal of Communications Software and Systems*. – 2019. – Vol. 15, No. 3. – P. 254–261 (Scopus).

11. 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, No. 12. – P. 1458 (Scopus, WoS).

12. *Bardamova, M. B.* Optimization of fuzzy classifier parameters with a combination of gravitational search algorithm and shuffled frog leaping algorithm / M. B. Bardamova, I.A. Hodashinsky // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Vol. 1611, No. 1. – P. 012068 (Scopus).

13. Bardamova, M. Hybrid Algorithm for Tuning Feature Weights in a Fuzzy Classifier / M. Bardamova, I. Hodashinsky // *2021 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT)*. – IEEE, 2021. – P. 0354-0357 (Scopus).

Другие работы, опубликованные по теме диссертации.

14. Прогнозирование результатов исследования реологических свойств крови у беременных женщин для оценки свертывающей системы с использованием нечеткого классификатора / И. А. Ходашинский, И. Б. Бардамова, М. Б. Бардамова [и др.] // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции в рамках I Конгресса «Здравоохранение России. Технологии опережающего развития»*. – Томск: STT, 2015. – С. 95–98.

15. *Бардамова, М. Б.* Применение нечеткого классификатора для прогнозирования риска возникновения и развития сердечно-сосудистых заболеваний / М. Б. Бардамова, В. С. Ковалёв, И. В. Горбунов // *Материалы докладов XI Международной научно-технической конференции «Электронные средства и системы управления»*. – Томск: В-Спектр, 2015. – Ч. 1. – С. 248-252.

16. *Бардамова, М. Б.* Построение нечеткого классификатора для оценки состояния системы гемостаза у беременных женщин / М. Б. Бардамова // *Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции «Молодежь и современные информационные технологии»*. – Томск: ТПУ, 2016. – Т. 2. – С. 294–295.

17. Метаэвристические методы оптимизации параметров нечетких классификаторов / И. А. Ходашинский, А. Е. Анфилофьев, М. Б. Бардамова [и др.] // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. – 2016. – № 1. – С. 73-80.

18. Сравнительный анализ эффективности метаэвристических алгоритмов при построении нечетких классификаторов / М. Б. Бардамова, А. Е. Анфилофьев, В. С. Ковалев, И. В. Филимоненко // *Сборник научных трудов IV Международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту «Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы»*. – СПб.: Политехника-сервис, 2017. – С. 22–31.

19. *Бардамова, М. Б.* Бинаризация непрерывных метаэвристик в задачах отбора признаков для нечетких классификаторов / М. Б. Бардамова, И. А. Ходашинский // *Труды VII всероссийской научной-практической конференции «Нечеткие системы, мягкие вычисления и интеллектуальные технологии»*. – СПб.: Политехника-сервис, 2017. – Т. 2. – С. 18–25.

20. Метаэвристические методы отбора информативных классифицирующих признаков / И. А. Ходашинский, А. Е. Анфилофьев, М. Б. Бардамова, К. С. Сарин //

Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2017. – № 2 (6). – С. 11–18.

21. Bardamova, M. B. Designing fuzzy classifiers with feature selection by the binary gravitational search algorithm for imbalanced data / M. B. Bardamova // *Материалы докладов XIV Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления»*. – Томск: В-Спектр, 2018. – Ч.2 – С. 266–269.

22. *Ходашинский, И. А.* Применение ранжирования и схем кроссвалидации при отборе признаков для нечеткого классификатора / И. А. Ходашинский, Ф. Е. Анфилофьев, М. Б. Бардамова [и др.] // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. – 2018. – № 2 (10). – С. 31–41.

23. *Ходашинский, И. А.* Исследование эффективности бинарного гравитационного алгоритма при построении нечетких классификаторов с отбором признаков / И. А. Ходашинский, М. Б. Бардамова // *Материалы IV Всероссийской Поспеловской конференции с международным участием «Гибридные и синергетические интеллектуальные системы»*. – Калининград: Изд-во БФУ им. Иммануила Канта, 2018. – С. 448–455.

24. *Бардамова, М. Б.* Нечеткий классификатор несбалансированных медицинских данных с применением алгоритма прыгающих лягушек / М. Б. Бардамова // *Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР*. – Томск: В-Спектр, 2019. – Т. 1, № 1-2. – С. 41–44.

25. *Бардамова, М. Б.* Формирование структуры нечеткого классификатора алгоритмом на основе экстремумов классов, дополненного алгоритмом прыгающих лягушек / М. Б. Бардамова // *Сборник избранных статей по материалам международной научно-технической конференции «Научная сессия ТУСУР»*. – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 2. – С. 49–51.

26. *Бардамова, М. Б.* Оптимизация параметров нечеткого классификатора комбинацией алгоритмов гравитационного поиска и прыгающих лягушек / М. Б. Бардамова // *Сборник трудов XVII Международной конференции «Перспективы развития фундаментальных наук»*. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – Т. 7. – С. 23–25.

27. *Ходашинский, И. А.* Модификации алгоритма прыгающих лягушек для отбора признаков в нечетком классификаторе при аутентификации пользователя по рукописной подписи / И. А. Ходашинский, М. Б. Бардамова // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. – 2020. – 4(20). – С. 75–83.

28. *Bardamova, M. B.* Binarization of the Shuffled frog leaping algorithm for feature selection in fuzzy classifiers / M. B. Bardamova // *Электронные средства и системы управления: материалы докладов XVI Международной научно-практической конференции*. – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 2. – С. 232–235.

#### **Соответствие содержания диссертации избранной специальности**

Диссертационная работа Бардамовой М.Б. по своему содержанию соответствует профилю специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики», в частности, по следующим пунктам:

5. *Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечения*

13. *Применение бионических принципов, методов и моделей в информационных технологиях.*

Диссертация «Алгоритмы построения нечетких классификаторов несбалансированных данных на основе метаэвристик «гравитационный поиск» и «прыгающие лягушки» Бардамовой Марины Борисовны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Заключение принято на заседании научно-технического семинара «Интеллектуальные системы моделирования, проектирования и управления» кафедры комплексной


информационной безопасности электронно-вычислительных систем факультета безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Присутствовало на заседании 21 чел. Результаты голосования: «за» – 21 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 356 от 26 июня 2021 г.

Председатель семинара,  
доктор техн. наук, профессор,  
заведующий каф. КИБЭВС

  
А.А. Шелупанов

Ученый секретарь семинара,  
канд. техн. наук, доцент каф. КИБЭВС

  
Е.Ю. Костюченко