

«Утверждаю»



Ректор Таджикского национального
университета, д.ю.н., профессор

Э.С. Насриддинзода

2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Бобоева Шарафа Асроровича на тему «Построение регрессионных зависимостей с использованием квадратичной функции потерь в методе опорных векторов (LS-SVM)» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.7 – Теоретические основы информатики

Соответствие паспорту специальности. Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 1.2.7 – Теоретические основы информатики (с учетом добавления двух новых пунктов) (5. Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечениях разработка и исследование методов и алгоритмов анализа текста, устной речи и изображений; 14. Разработка теоретических основ создания программных систем для новых информационных технологий; 17. Разработка методов обеспечения обработки информации и обеспечения помехоустойчивости систем обработки данных с целью разработки новых вычислительных систем; 18. Исследование и разработка моделей и алгоритмов анализа данных различной природы: текстов, устной речи и изображений с использованием регрессионного анализа, методов машинного обучения и анализа закономерностей; разработка инструментов для извлечения знаний из неструктурированной информации и моделирования эмпирического опыта).

Работа охватывает положения, связанные с разработкой и исследованием моделей и алгоритмов анализа данных, методов машинного обучения и регрессионного анализа, а также созданием программных средств интеллектуального анализа данных.

Актуальность темы исследования. Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена возрастающей ролью методов машинного обучения и анализа данных в задачах прогнозирования,

моделирования и поддержки принятия решений в условиях неопределенности и зашумленности данных.

Особую значимость имеет задача построения робастных и разреженных регрессионных моделей, поскольку классические параметрические методы и стандартные версии LS–SVM обладают рядом ограничений, связанных с чувствительностью к выбросам и плотностью решений.

Использование непараметрических методов, в частности LS–SVM, в сочетании с робастными критериями и алгоритмами разреживания, является актуальным направлением современных исследований в области интеллектуального анализа данных.

Тематика работы соответствует приоритетным направлениям научно-технического развития Республики Таджикистан и стратегическим документам в области науки и инноваций.

Степень обоснованности научных положений, выводов и предложений. Научные положения, выводы и предложения диссертационной работы являются обоснованными и аргументированными.

Обоснованность обеспечивается:

- использованием аппарата теории вероятностей, математической статистики и вычислительной математики;
- строгой постановкой задач оптимизации и регрессионного моделирования;
- сравнительным анализом предложенных методов с известными подходами;
- экспериментальной проверкой алгоритмов на тестовых и прикладных данных.

Все выводы логически следуют из результатов теоретического анализа и численных экспериментов.

Научная новизна и достоверность полученных результатов. Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- разработаны новые робастные варианты критерия скользящего контроля (RLOO-P, RLOO);
- предложены новые способы получения робастных регрессионных моделей на базе метода LS–SVM с использованием метода псевдонаблюдений и взвешенного метода на основе функций потерь Хьюбера;
- предложен адаптивный вариант функции потерь Хьюбера для получения псевдонаблюдений и весовой функции потерь;
- предложены новые способы разбиения выборки на части с использованием методов планирования эксперимента для

получения разреженных регрессионных моделей на базе метода LS-SVM;

- разработаны новые способы (алгоритмы) разбиения выборки на части с использованием критериев оценки качества моделей для получения разреженных регрессионных моделей на базе метода LS-SVM.

Достоверность результатов подтверждается корректным применением математического аппарата, повторяемостью экспериментов и согласованностью полученных решений с результатами известных методов.

Научная и практическая значимость результатов диссертации. Научная значимость работы состоит в развитии теории робастного и разреженного регрессионного моделирования на основе LS-SVM, а также в расширении методологического аппарата оценки качества моделей.

Практическая значимость заключается в:

- разработке и программной реализации алгоритмов получения робастных и разреженных решений;
- возможности применения предложенных методов в задачах анализа временных рядов, обработки сигналов, биомедицинских и экономических данных;
- использовании результатов в учебном процессе и научных исследованиях.

Разработанные алгоритмы реализованы в зарегистрированном программном продукте.

Степень достоверности, точность и обоснованность результатов исследования. Степень достоверности результатов исследования является высокой. Она обеспечена:

- использованием корректных математических моделей;
- применением многомерного статистического анализа;
- апробацией результатов на научных конференциях;
- сравнением с результатами применения известных методов.

Полученные результаты отличаются устойчивостью, воспроизводимостью и точностью.

Личный вклад автора заключается в:

- постановке задач исследования;
- разработке новых алгоритмов робастного и разреженного LS-SVM;
- разработке критериев оценки качества моделей;
- программной реализации предложенных методов;

- проведении вычислительных экспериментов и анализе результатов.

Все основные научные результаты получены лично соискателем.

Публикации по теме диссертации. По результатам выполненных в работе исследований опубликованы 21 печатных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ и ВАК при Президенте РТ, 3 статьи в изданиях, индексируемых в наукометрических системах «Scopus» и «Web of Science», 10 статей в прочих изданиях и 1 свидетельство №2018619675 о государственной регистрации программы для ЭВМ в Российской Федерации.

Оценка содержания диссертации и степени ее завершенности. Диссертация представляет собой завершенное научно-квалификационное исследование, в котором решена актуальная научная задача разработки робастных и разреженных регрессионных моделей на основе LS–SVM.

Работа отличается логической структурой, внутренней согласованностью и полнотой изложения. Все поставленные цели и задачи достигнуты, а полученные результаты имеют научную и практическую ценность.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 160 страницах и состоит из: введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложений А, Б и В. Список литературы содержит 126 наименований. Работа иллюстрирована 53 рисунками и 32 таблицами.

Во введении, общей характеристике работы обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определены степень изученности научной проблемы, объект и предмет исследования, цель и задачи, теоретическая и практическая основы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе диссертационной работы рассмотрены теоретические и методологические подходы к построению регрессионных моделей на основе метода опорных векторов с квадратичной функцией потерь (LS–SVM). Изложены основные концепции регрессионного анализа, приведено описание ядерных функций, применяемых в рамках метода LS–SVM, выполнен обзор критериев оценки качества регрессионных моделей. Также представлены алгоритмы построения регрессионных моделей и методы подбора метапараметров алгоритма LS–SVM.

Во второй и третьей главах диссертации изложены разработанные автором алгоритмы и критерии оценки качества регрессионных моделей.

Во второй главе рассмотрены основные подходы к построению робастных регрессионных моделей. В качестве базовых подходов

использованы метод М-оценивания, реализуемый на основе метода псевдонаблюдений, а также метод взвешивания. Для построения робастных регрессионных моделей применялись стандартная и адаптивная (предложенная автором) функции потерь Хьюбера. Разработаны и предложены робастные варианты критерия скользящего контроля, с использованием которых осуществлялся подбор метапараметров алгоритма LS-SVM и оценка качества полученных робастных моделей. Кроме того, в работе рассмотрены функции потерь Эндрюса и биквадратная функция потерь Тьюки, проведено сравнение их эффективности и выявлены преимущества и недостатки по сравнению с функциями потерь Хьюбера.

В третьей главе исследованы способы разбиения выборки на обучающую и тестовую части с использованием D-оптимального плана и внешних критериев оценки качества моделей. Проведены исследования по подбору метапараметров алгоритма LS-SVM на основе внешних критериев качества. Выполнен сравнительный анализ эффективности различных критериев разбиения выборки и оценки качества получаемых разреженных регрессионных моделей.

В четвертой главе рассмотрены способы применения метода LS-SVM для решения практических задач. В качестве объектов исследования использованы известные экспериментальные выборки LIDAR и Motorcycle. Кроме того, продемонстрировано применение метода LS-SVM для задачи определения равновесной концентрации химических элементов при комплексообразовании.

В пятой главе представлен разработанный автором программный продукт, реализующий предложенные в диссертации алгоритмы и методы. Приведено описание функциональных возможностей программного обеспечения, а также иллюстрации основных окон интерфейса. Дополнительно рассмотрены виды функций генерации шумов, используемых в вычислительных экспериментах, и приведены соответствующие математические выражения.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Оформление диссертации соответствует действующим требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, что подтверждается корректностью структуры, списка литературы, оформления таблиц, рисунков и приложений.

Соответствие научной квалификации соискателя для получение ученой степени. Научная квалификация соискателя Бобоева Ш.А. полностью соответствует требованиям, предъявляемым к соискателям ученой степени кандидата технических наук представленной научной специальности 1.2.7 –

Теоретические основы информатики, так как соискатель в период с 2004 по 2009 годам учился и закончил механико-математический факультет Таджикского национального университета по специальности «Информатика» и получил квалификацию «Инженер-программист».

Предложенные в диссертации алгоритмы робастного и разреженного регрессионного моделирования на основе LS–SVM обладают элементами научной новизны, доведены до практической реализации и апробированы на реальных и модельных данных.

Объем и уровень публикационной активности соискателя, включая статьи в рецензируемых научных журналах и зарегистрированное программное обеспечение, подтверждают его способность к самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

Замечания и спорные вопросы по поводу формирования диссертации. Независимо от достигнутых результатов и целенаправленных предложений, данная диссертация имеет недостатков и ошибок.

В частности,

1. В первой главе диссертации значительное внимание уделено обзору существующих подходов и методов построения регрессионных моделей на основе LS–SVM. При этом в ряде мест обзор носит описательный характер. Представляется целесообразным усилить аналитическую составляющую обзора за счет более формализованного сравнения методов с точки зрения вычислительной сложности и робастности.

2. В работе предложено несколько робастных критериев и алгоритмов, однако не для всех из них в равной степени подробно рассмотрены вопросы вычислительной устойчивости и масштабируемости при обработке сверхбольших выборок, что могло бы расширить практическую применимость полученных результатов.

3. В третьей главе при анализе способов разбиения выборки основное внимание уделено D–оптимальному плану и внешним критериям качества моделей. Дополнительное рассмотрение альтернативных схем перекрестной проверки могло бы сделать сравнительный анализ еще более полным.

4. В четвертой главе приведены убедительные примеры практического применения предложенных методов. В то же время расширение круга прикладных задач, например, за счет задач с многомерным откликом, могло бы дополнительно подчеркнуть универсальность разработанных алгоритмов.

5. Во всех основных главах, в которых приводится алгоритм метода LS–SVM в виде системы линейных алгебраических уравнений, целесообразно

было бы представить эту систему в более развернутом виде, что позволило бы сделать изложение более наглядным и понятным.

6. Отдельные обозначения и термины в тексте диссертации могли бы быть унифицированы и введены более компактно, что улучшило бы читаемость и восприятие материала.

Следует подчеркнуть, что приведённые замечания носят рекомендательный и дискуссионный характер и не влияют на научную состоятельность, новизну и практическую значимость диссертационной работы. В целом диссертационная работа отличается логической целостностью, завершённостью и высоким научно-методическим уровнем. Вместе с тем анализ содержания диссертации позволяет сформулировать ряд замечаний и дискуссионных положений, которые не снижают общей положительной оценки работы и могут быть учтены автором в дальнейших исследованиях.

Автореферат диссертации соответствует требованиям Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267, и подготовлен в полном соответствии с установленным порядком присуждения учёной степени. Автореферат в полном объёме отражает основное содержание диссертационного исследования. В нём обоснованно и полно представлены научная новизна, цели и задачи исследования, основные результаты, выводы и практические рекомендации. Значимые научные результаты изложены корректно, доступно и находятся в полном соответствии с текстом диссертации.

Заключение по диссертации. В целом, диссертация Бобоева Шарафа Асрорвича на тему «Построение регрессионных зависимостей с использованием квадратичной функции потерь в методе опорных векторов (LS-SVM)», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.7 – Теоретические основы информатики, выполнена на высоком научно-методическом уровне и по содержанию соответствует существующим требованиям.

На основании вышеизложенного диссертация рекомендуется к защите, а его автор достоин присуждению ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв подготовлен в соответствии с пунктами 76-79 и 81 Порядка присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, № 267.

Отзыв обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедр «Информатика», «Математическое и компьютерное моделирование» и

«Информационно-коммуникационных технологий» (протокол № ___ от 11 февраля 2026 года).

На расширенном заседании кафедр присутствовали: 16 человек.

Результаты голосования: за – 16 человек, против – нет, воздержавшиеся – нет.

Председатель заседания:

д.ф.-м.н., профессор, заведующий
кафедрой математического анализа
и теории функций



Раджабова Л.Н.

Эксперт:

к.т.н., доцент, декан
механико-математического
факультета



Саидзода И.М.

Секретарь заседания:

к.ф.-м.н., доцент кафедры
информационно-коммуникационных
технологий



Одилзода О.О.

Подписи Раджабовой Л.Н., Саидзода И.М. и Одилзода О.О. подтверждаю:

Начальник отдела кадров
и специальных работ ТНУ



Шодихонзода Э.Ш.

Адрес: 734025, Республика Таджикистан,
город Душанбе, проспект Рудаки, 17.

тел.: +992 (37) 221-62-25

E-mail: info@tnu.tj; Официальный сайт: www.tnu.tj.

«11» 02 2026 г.