

Заключение диссертационного совета МГУ.012.1

по диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от «31» марта 2025 г. № 5

О присуждении Щербаковой Елене Михайловне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Матричные и тензорные разложения с условием неотрицательности и их применение» по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите диссертационным советом МГУ.012.1 10.02.2025, протокол № 2.

Соискатель Щербакова Елена Михайловна 1992 года рождения, с 01.10. 2015 по 30.09.2019 года обучалась в аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре вычислительных технологий и моделирования.

С 13.01.2025 года по настоящее время работает по совместительству в должности математика на кафедре вычислительных технологий и моделирования факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре вычислительных технологий и моделирования факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, Тыртышников Евгений Евгеньевич, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительной математики им. Г. И. Марчука Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Крылов Андрей Серджевич – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математической физики факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

2. Логофет Дмитрий Олегович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории математической экологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук,

3. Рахуба Максим Владимирович – кандидат физико-математических наук, доцент департамента больших данных и информационного поиска факультета компьютерных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что оппоненты являются ведущими специалистами по теме диссертации, компетентны в области математического моделирования, численных методов и разработки комплексов программ, результаты их исследований, полученные за последние годы, опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах и близки по теме исследованиям соискателя, что позволяет оппонентам дать всестороннюю глубокую оценку результатам, представленным в диссертационной работе. Один оппонент имеет учёную степень кандидата физико-математических наук, два оппонента имеют учёную степень доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ, из них 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ

по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ:

1. Shcherbakova E. Nonnegative Tensor Train Factorization with DMRG Technique // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2019. – V. 40, № 11. – P. 1863-1872. – (Web of Science, Scopus: SJR 2023 – 0.453) [0.7143/0.7143].

Работа полностью выполнена автором.

2. Тыртышников Е.Е., Щербакова Е.М. Методы неотрицательной матричной факторизации на основе крестовых малоранговых приближений // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2019. – Т. 59, № 8. – С. 1314-1330. – (RSCI, двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1.115) [1.2/1.1]
. Перевод:

Tyrtysnikov E.E., Shcherbakova E.M. Methods for Nonnegative Matrix Factorization Based on Low-Rank Cross Approximations // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2019. – V. 59. – P. 1251–1266. – (Web of Science, Scopus: SJR 2023 – 0.429) [1.2/1.1].

В статье идея редуцированного алгоритма для сепарабельных матриц была предложена автором, автор участвовала в доказательстве лемм и теорем, программная реализация и проведение численных экспериментов были выполнены автором полностью самостоятельно.

3. Shcherbakova E., Tyrtysnikov E. Nonnegative Tensor Train Factorizations and Some Applications // Lecture Notes in Computer Science. – 2020. – V. 11958 – P. 156-164. – (Scopus: SJR 2023 – 0.606) [0.643/0.637].

В работе автор предложила алгоритм, дала оценку точности аппроксимации, выполнила программную реализацию и провела численные эксперименты.

4. Shcherbakova E., Tyrtysnikov E. Fast Nonnegative Tensor Factorizations with Tensor Train Model // Lobachevskii Journal of Mathematics. –

2022. – V. 43, № 4. – P. 882–894. – (Web of Science, Scopus: SJR 2023 – 0.453) [0.929/0.92].

В статье автор реализовала и развила идею точечной корректировки элементов в аппроксимации тензорным поездом с целью получения неотрицательного приближения, предложила двухэтапный подход к построению неотрицательного канонического разложения и разложения Таккера, снизив сложность одной итерации с $O(n^d)$ до $O(dnr^3)$, реализовала все методы программно и провела численные эксперименты.

5. Shcherbakova Elena M., Matveev Sergey A., Smirnov Alexander P., Tyrtysnikov Eugene E. Study of performance of low-rank nonnegative tensor factorization methods // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. – 2023. – V. 38, № 4. – P. 231-239. – (Web of Science, Scopus: SJR 2023 – 0.244) [0.643/0.637].

В работе автор провела численное исследование двух подходов малоранговой неотрицательной тензорной факторизации, которое на практике демонстрирует превосходство предложенных ей ранее алгоритмов.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований созданы новые методы для неотрицательной факторизации матриц и тензоров, указаны оценки алгоритмической сложности, приведены теоретические результаты, доказывающие эффективность алгоритмов для ряда задач. Разработанный комплекс программ позволяет качественно расширить круг задач, доступных для детального изучения методами математического моделирования.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на

защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Разработка и обоснование эффективного редуцированного двухэтапного алгоритма неотрицательной факторизации сепарабельных матриц и матриц ранга 2, исследование применимости метода к возмущенным сепарабельным матрицам, выведение оценки зависимости точности приближения от величины возмущения;

2. Разработка методов построения неотрицательного тензорного произведения для аппроксимации исходного тензора с неотрицательными элементами с использованием двухэтапного подхода и комбинация одного из алгоритмов с техникой DMRG, что позволяет подбирать также ранги аппроксимации, которые в большинстве алгоритмов считаются входными данными;

3. Разработка подхода к построению неотрицательного ТТ-приближения (без требования неотрицательности элементов ядер), основанном на точечной коррекции элементов, данный метод успешно применяется для решения мультикомпонентного уравнения Смолуховского (описывающего математическую модель процессов коагуляции при неупругих соударениях огромного числа частиц) с сохранением неотрицательности;

4. Реализация разработанных методов в виде комплекса программ, проведение ряда численных экспериментов, иллюстрирующих эффективность и точность предложенных методов, описание применения модели неотрицательного ТТ при ранжировании узлов многомерного графа.

На заседании диссертационный совет принял решение присудить Щербаковой Е. М. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.2.2, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за - 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Фомичев В.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.ф.-м.н., член –корр. РАН

Ильин А. В.

Декан факультета ВМК МГУ
Академик РАН

Соколов И.А.

Дата 31.03.2025