

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический
университет», д.т.н., доцент

Башкиров Алексей Викторович

«9» апреля 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» на диссертационную работу Ма Чжаньцзюня на тему «Методы обучения графа знаний на основе оптимизации структуры графа и хэширования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы исследования

Работа посвящена повышению эффективности алгоритмов обучения графов знаний (семантических сетей). В диссертации решаются три актуальные взаимосвязанные задачи. Первая задача связана с улучшением способности алгоритмов к обучению представлений несвязных графов знаний посредством применения структурно-семантического двухканального слияния. Вторая задача связана с переходом к одновременной обработке данных нескольких модальностей и повышением эффективности кросс-модального взаимодействия за счет моделирования направленности мультимодальных связей на основе слияния тензоров низкого ранга с использованием сложных пространственных операций взаимной корреляции. Третья задача связана с повышением вычислительной эффективности рекомендательной системы на основе графа знаний при переходе к комбинаторным рекомендациям (рекомендациям комплектов объектов). Решение вышеперечисленных задач с учетом постоянного увеличения объема обрабатываемых данных выявляет низкую вычислительную эффективность существующих алгоритмов. Таким образом, для решения поставленных задач требуется разработка новых более эффективных алгоритмов обучения представлению графов знаний, в том числе используемых в рекомендательных системах.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» и изложена 188 страницах, включая приложение. Основной текст состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во введении обоснована актуальность, поставлена цель и указаны задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, изложены методы исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1 посвящена основным понятиям в области графов знаний, обзору и классификации существующих алгоритмов обучения графов знаний, а также связанных с ними проблем.

В **главе 2** исследуется обучение представлению графов знаний с единственной модальностью данных. Исходя из проблемы непересекаемости в графах знаний, предлагается алгоритм обучения на основе многореляционной графовой нейронной сети Dual-FusionKG, основанный на максимизации взаимной информации в графах. Кроме того, в главе подробно представлена базовая модель кодирования данных, используемая в диссертации – разновидность реляционной графовой нейронной сети, также известная как сеть внимания графа слияния сущностей и связей. Предлагаемый алгоритм Dual-FusionKG извлекает информацию о структуре графа, а также семантическую информацию графа знаний с помощью двух сетей внимания, основанных на слиянии сущностей и отношений, соответственно. Эксперименты по оценке производительности показывают, что предложенный в этой главе алгоритм превосходит другие алгоритмы не только по эффективности, но и по скорости сходимости в процессе обучения.

В **главе 3** исследуется обучение представлению мультимодального графа знаний, и на основе представления мультимодальной информации предлагается алгоритм HyperFusion-Net, который эффективно реализует извлечение мультимодальной информации и представление информации о структуре графа. В этой главе также кратко представлено современное состояние исследований в области обучения представлению мультимодального графа знаний. Предлагаемый алгоритм HyperFusion-Net в основном состоит из модуля слияния информации и модуля агрегирования информации. Первый модуль слияния информации реализует извлечение мультимодальной информации, а второй модуль агрегирования информации реализует представление информации о структуре графа. В ходе сравнительных экспериментов показано, что предложенный алгоритм HyperFusion-Net обеспечивает лучшее представление на мультимодальных графах знаний. Кроме того, проведены эксперименты для подтверждения вклада информации отдельных модальностей в обучение представлению мультимодального графа знаний.

В главе 4 исследуется проблема эффективности алгоритмов формирования комбинаторных рекомендаций. Предложен алгоритм МСНМ-Net для персонализированных комбинаторных рекомендаций на основе хеширования, позволяющий решить проблему сложного баланса между эффективностью и персонализацией в задачах комбинаторных рекомендаций из-за быстрого роста сложности задач при переходе к многомерному комбинаторному пространству. Алгоритм повышает вычислительную эффективность за счет представления элементов и пользователей в виде бинарных векторов и поддерживает точность персонализированных рекомендаций, вычислительную эффективность, что подтверждается Актом внедрения.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты, показано, что решение поставленных задач привело к достижению цели диссертации.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе Ма Ч. проведены исследования задач обучения представлению графов знаний (семантических сетей) и предложены новые алгоритмы для решения таких задач. При этом использованная в диссертации исходная информация получена из открытых источников, используемых в данной предметной области. Выбор и применение методов научных исследований представляются корректными. Основные научные результаты, выводы и предложения, полученные соискателем, соответствуют теоретическим предположениям и использованы в практической деятельности.

Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в 16 работах, докладывались и обсуждались на национальных и международных научно-практических конференциях «Инновационные исследования: опыт, проблемы внедрения результатов и пути решения» (г.Уфа, 2025), Database and Big Data Workshop (Москва, 2024), «Актуальные проблемы авиации и космонавтики» (г.Красноярск, 2021 и 2023 гг.), Прикладная физика и математика (AAPM-IV 2025, г.Бухара, Узбекистан), ВНИК «Цифровое общество: научные инициативы и новые вызовы» (2025, г.Москва), V Всероссийская (национальная) научная конференция «Достижения науки и технологий» (ДНиТ-V-2026, Красноярск)

Значимость результатов для науки

Результаты обогащают методы структурно-семантического слияния, моделирования мультимодального взаимодействия и повышают эффективность рекомендательных систем на основе графов знаний.

Практическая значимость полученных результатов

Предложенные алгоритмы могут применяться при решении практических задач, связанных с завершением (устранением несвязности)

графа знаний и комбинаторными рекомендациями, в таких областях, как здравоохранение, социальные сети, интеллектуальные системы вопрос-ответ, системы электронной коммерции (маркетплейсы), и в других системах на основе семантических сетей с высокими требованиями производительности в реальном времени и персонализации вырабатываемых рекомендаций.

Замечания к диссертационной работе

1. В обзорной первой главе подробно описана область исследования – графы знаний, но при этом уделено недостаточно внимания механизмам (алгоритмам) формирования рекомендаций.

2. Соискатель допускает стилистические ошибки, иногда достаточно вольно применяя гиперболу как риторический прием. Так, например, на стр. 52 не вполне ясно, что автор подразумевает под «взрывом многомерного комбинаторного пространства». Вероятно, подразумевается резкий рост сложности задач при переходе к таким пространствам, но соискателю следовало бы использовать более точную терминологию.

3. На стр. 61 и 62 используется понятие «сигнал графа», суть которого не раскрывается. На стр. 65 не раскрывается понятие «сшивание векторов». На стр. 63 вместо термина «решение обратной матрицы Лапласа» следовало бы говорить о вычислении такой матрицы, а на стр. 132 под «проблемой алгоритмов хэширования», очевидно подразумевается соответствующая задача.

4. В псевдокоде Алгоритма 2.1 некорректна нумерация шагов: два шага имеют номер 3. Поскольку на данные номера в тексте ссылок нет, можно было бы вообще отказаться от нумерации.

5. Структура глав 2,3 и 4 примерно одинакова: обзор существующих алгоритмов – новый алгоритм – исследование сравнительной эффективности. При этом автор не приводит структуру известных алгоритмов, без чего иногда сложно воспринимать особенности нового алгоритма и его отличия от известных.

6. В разделе 2.1 (стр. 56-57) приводится пример несвязного графа и и приводится статистика по компонентам связности для FB15k-237 (41 компонента) и WN18RR (430). Однако не раскрыто, как эти компоненты распределены по размеру. Возможно, 41 компонента — это 1 огромный граф и 40 изолированных узлов. Это меняет интерпретацию проблемы.

7. В алгоритме 3.1 (стр. 111-113) в модуле агрегирования информации используется $\text{UpdateRelation}(r_{\text{emb}_i}^{(t-1)}, W_i)$. Из описания (стр. 110, формула 3.10) следует, что обновление связи происходит через матрицу (W_i). Однако в псевдокоде не указано, как именно происходит это обновление. Также непонятно, почему матрица (W_i) инициализируется отдельно от параметров внимания.

8. Эффект от внедрения алгоритма MCHM-NET, о котором говорится в Приложении А, значительно ниже показателей сравнительной

эффективности, полученных на тестовых данных в главе 4. В диссертации не поясняется, чем обусловлены такие различия в оценке сравнительной эффективности алгоритма.

Заключение о соответствии диссертации требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Несмотря на приведенные замечания, диссертационная работа Ма Ч. является законченным научно-исследовательским трудом на актуальную тему, выполнена самостоятельно и на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения являются обоснованными.

Особую ценность работе придает её направленность на решение как практических задач, возникающих в связи с быстрым развитием таких отраслей, как платформы электронной коммерции (маркетплейсы), так и на преодоление фундаментальных проблем в области графов знаний, связанных с их несвязностью и мультимодальностью хранимых и обрабатываемых данных.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждения ученых степеней» Постановления правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Ма Чжаньцзюнь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и утвержден на заседании кафедры управления, протокол № 8 от 09 апреля 2026 г.

Заведующий кафедрой
управления ВГТУ,
д-р техн. наук, профессор

Баркалов Сергей Алексеевич

Подпись Баркалова Сергея Алексеевича заверяю

Проректор по науке и
инновациям
д.т.н., доцент

Башкиров Алексей Викторович

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»
Почтовый адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.
Телефон: +7(473)207-22-20.
E-mail: rector@cchgeu.ru