

ОТЗЫВ

официального оппонента Пимонова Александра Григорьевича
на диссертацию Ма Чжаньцзюня
«Методы обучения графа знаний на основе оптимизации структуры графа
и хэширования», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление
и обработка информации, статистика

Для анализа представлены диссертация общим объемом 188 страниц
и автореферат на 23 страницах текста. Основной текст диссертации включает
введение, четыре главы и заключение.

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности
рекомендательных систем на основе семантических сетей за счет
усовершенствования алгоритмов обучения графов знаний. В работе
последовательно решаются три актуальные проблемы. Первая касается
улучшения качества обучения представлений для несвязных графов знаний
за счёт структурно-семантического двухканального объединения
информации. Вторая связана с переходом к мультимодальной обработке
данных и усилением кросс-модального взаимодействия через моделирование
направленных мультимодальных связей на основе тензорного слияния и учета
взаимной корреляции. Третья проблема – повышение вычислительной
эффективности рекомендательных систем, построенных на графах знаний,
при формировании комбинаторных рекомендаций (наборов объектов).
Существующие подходы демонстрируют низкую вычислительную
эффективность из-за растущих объёмов данных, что требует создания новых,
более совершенных алгоритмов, что и является результатом представленного
диссертационного исследования. *Особую ценность* работе придает ее
направленность на решение как практических задач электронной коммерции
и других отраслей, так и некоторых фундаментальных проблем в области
графов знаний.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертация выполнена в СибГУ имени М.Ф. Решетнева, занимает
188 страниц. Основной текст включает введение, четыре главы и заключение.

Во **введении** обоснована актуальность, сформулированы цель, задачи,
научная новизна, практическая значимость, методы и защищаемые
положения.

В первой главе «Графы знаний и их обучение» рассмотрены базовые понятия графов знаний, проведены обзор и классификация существующих методов обучения, а также выявлены их ограничения.

Во второй главе «Обучение представлению графов знаний для несвязанных графов» описано обучение представлений для графов с одной модальностью. Предложен алгоритм Dual-FusionKG, основанный на многореляционной графовой нейронной сети с максимизацией взаимной информации. Алгоритм использует две сети внимания (слияние сущностей и отношений) для извлечения структурной и семантической информации. Экспериментально подтверждено его преимущество в эффективности и скорости сходимости.

В третьей главе «Обучение представлению мультимодальных графов знаний» представлен разработанный соискателем алгоритм HyperFusion-Net, который эффективно извлекает мультимодальные признаки и информацию о структуре графа. Алгоритм состоит из модуля слияния (низкоранговое тензорное объединение текстовых, визуальных и числовых данных) и модуля агрегации (сеть внимания ERGAT). Сравнительные тесты показали его эффективность на мультимодальных графах знаний.

В четвертой главе «Алгоритм комбинаторных рекомендаций на основе хеширования» диссертантом решается проблема вычислительной эффективности при комбинаторных рекомендациях. Автором предложен алгоритм MCHM-Net для персонализированных рекомендаций на основе хеширования, который находит баланс между скоростью и точностью за счёт представления пользователей и объектов в виде бинарных векторов. Эффективность подтверждена экспериментами и актом внедрения.

В заключении соискателем изложены основные результаты диссертационного исследования и сформулированы выводы.

В приложении представлен акт о внедрении результатов диссертационного исследования.

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов

Автором предложено решение актуальных в научном и прикладном отношении задач обучения несвязанных графов, слияние мультимодальных графов и обеспечения высокой производительности рекомендательных систем. Решение задач диссертантом достигнуто за счет отличающихся научной новизной следующих результатов исследования:

1. Разработан новый алгоритм Dual-FusionKG для обучения представлений в несвязных статических графах знаний, который, в отличие от известных методов, основан на использовании двухканальной архитектуры сети внимания (ERGAT) с максимизацией взаимной информации между

локальными и глобальными представлениями графа, что позволяет эффективно извлекать структурную информацию даже при отсутствии прямых связей между сущностями.

2. Предложен новый алгоритм HyperFusion-Net для обучения представлений мультимодальных графов знаний, основанный на низкоранговом тензорном слиянии текстовых, визуальных и числовых признаков с последующей агрегацией структурной информации через сеть внимания ERGAT, что обеспечивает учет как межмодальных взаимодействий, так и направленности связей в графе.

3. Разработан новый алгоритм персонализированных комбинаторных рекомендаций MCHM-Net, использующий взвешенное хэширование и вероятностное кодирование на основе распределения Бернулли для представления пользователей и элементов в виде бинарных векторов, что позволяет достигать микросекундного времени отклика за счет табличного поиска при сохранении высокой точности рекомендаций.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В работе корректно использованы открытые общедоступные наборы данных, используемые в предметной области исследования. Методы исследования (теория графов, графовое машинное обучение, мультимодальное слияние, приближённый поиск) выбраны адекватно. Результаты согласуются с теоретическими предпосылками и подтверждены экспериментами на эталонных наборах данных.

Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 16 работах и представлены на российских и международных научно-практических конференциях, включая ААРМ (Бухара, 2025), Database and Big Data Workshop (Москва, 2024), «Инновационные исследования: опыт, проблемы внедрения» (Уфа, 2025), «Актуальные проблемы авиации и космонавтики» (Красноярск, 2021, 2023), «Цифровое общество: научные инициативы и новые вызовы» (Москва, 2025), ДНиТ (Красноярск, 2026).

Значимость результатов, полученных в диссертационной работе

Научная ценность работы. Полученные результаты развивают методы структурно-семантического слияния, моделирования мультимодальных взаимодействий и повышения производительности рекомендательных систем на основе графов знаний. Предложенные подходы вносят вклад в развитие методов мультимодального объединения информации, обработки структурной неоднородности и эффективного логического вывода.

Практическая значимость. Предложенные автором алгоритмы могут использоваться для устранения несвязности графов знаний и для разработки рекомендательных систем, в том числе для выработки комбинаторных рекомендаций в таких сферах, как здравоохранение, социальные сети, интеллектуальные вопросно-ответные системы, площадки электронной коммерции (маркетплейсы), а также в любых системах, основанных на семантических сетях, где важны высокая скорость отклика в реальном времени и персонализация.

Замечания по диссертационной работе

1. В таблице 2.4 (с. 96) показано, что MRR RGCN на FB15k-237 составляет всего 0,250, что значительно ниже, чем приблизительно 0,30+ MRR, о котором сообщали Schlichtkrull et al. (0,696 для Hits@10). Правильно ли воспроизведена работа RGCN? Выполнена ли соответствующая настройка гиперпараметров?

2. В таблице 3.4 (с. 121) показано, что разница в производительности между использованием только текстовой модальности (MRR=0,355) и полной модальности (MRR=0,366) составляет всего 3,1%, в то время как использование только визуальной модальности фактически снижает производительность (MRR=0,332). Указывает ли это на то, что фактическая ценность мультимодального слияния преувеличена? Почему бы не сосредоточить ресурсы на оптимизации кодировщика текста?

3. На рис. 3.5 (с. 125) приведены результаты тестирования только для 1-3 слоев GNN. Соискателем не проверяется, происходит ли ухудшение производительности более для глубоких сетей (4-5 слоев) из-за чрезмерного сглаживания.

4. Все три предложенных диссертантом алгоритма были протестированы на англоязычных графах знаний, и их кроссязыковые возможности не были проверены. Почему не были использованы русскоязычные наборы данных, такие как RuBQ, или, например, китайские?

5. Эффективность внедрения алгоритма MCHM-NET (прил. А) значительно ниже результатов, полученных на тестовых данных в главе 4. В работе не объясняется причина такого расхождения.

6. В списке литературы имеется библиографическое описание свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ NCHM-NET (с. 186, [173]), ссылки на которое в диссертации отсутствуют. В диссертации же описан алгоритм MCHM-NET (с. 140). Где опечатка?

7. В автореферате отсутствует краткое содержание первой главы. В итоге результаты второй главы представлены в качестве первой (с. 7), третьей – в качестве второй (с. 13), четвертой – в качестве третьей (с. 17). О четвертой главе вообще не упоминается.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности проведенного диссертационного исследования и не влияют на общую положительную оценку.

**Заключение о соответствии диссертации требованиям,
установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней**

Диссертация Ма Чжаныцзюня является завершённой научно-квалификационной работой, самостоятельно и на высоком научном уровне выполненной на актуальную тему. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения достаточно обоснованы.

Содержание диссертации соответствует п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта» паспорта научной специальности 2.3.1. Автореферат соответствует содержанию диссертации, а ее основные положения опубликованы в научных работах.

Считаю, что представленная диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Ма Чжаныцзюнь, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой
прикладных информационных
технологий ФГБОУ ВО
«Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачёва»,
доктор технических наук,
профессор

30.04.2026 г.

Пимонов Александр
Григорьевич

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям наук).

Адрес: 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28.

Телефон / факс: (3842) 39-69-60.

E-mail: pag_vt@kuzstu.ru.

Веб-сайт: kuzstu.ru.