

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации

Резаиана Наима

«Методика семантического анализа мультимодальных больших данных на основе применения методов машинного обучения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы диссертации

Диссертация посвящена решению двух взаимосвязанных и крайне актуальных задач современной обработки больших данных: эффективной интеграции разнородных мультимодальных источников информации и обеспечению устойчивости анализа при наличии шума, пропусков и артефактов. С одной стороны, в условиях экспоненциального роста объемов гетерогенных данных простая конкатенация признаков приводит к потере сложных межмодальных корреляций, а прямое использование тензорных представлений в явном виде к проблеме «проклятия размерности». Переход к тензорным представлениям и их низкоранговым аппроксимациям, осуществленный в работе, позволяет сохранить многомерную структуру данных и выявить латентные семантические зависимости.

С другой стороны, реальные мультимодальные массивы неизбежно содержат значительную долю искажений, что резко снижает качество работы глубоких нейронных сетей. Разработанные соискателем методы удаления шума и восстановления недостающей информации на основе рандомизированных низкоранговых тубальных аппроксимаций тензоров впервые обеспечивают одновременное достижение высокой точности и вычислительной эффективности. Таким образом, комплексное решение обеих задач в рамках единой тензорной парадигмы обладает высокой научной и практической значимостью для задач компьютерного зрения, интеллектуальных систем мониторинга, биомедицинского анализа и робототехники.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения и выводы диссертации основываются на тщательно проведенном обзоре современного состояния исследований в области мультимодальных данных, в рамках которого рассмотрены ключевые стратегии слияния, а также современные архитектуры нейросетей для мультимодального анализа. На этой основе сформулированы теоретические предпосылки разработки

тензорной методики слияния и восстановления информации. Предложенные в диссертации методы опираются на строгое математическое описание тензорных разложений (Tucker, Tensor Train, Tensor Ring), а также на формальный анализ свойств низкоранговых аппроксимаций и рандомизированных алгоритмов тубальной аппроксимации. Автор корректно формулирует критерии качества, приводит условия применимости методов и обсуждает влияние выбора рангов и параметров рандомизации.

Полученные выводы подкреплены как теоретическими рассуждениями, так и результатами численных экспериментов на реальных и синтетических данных, что свидетельствует о достаточной обоснованности научных положений.

Новые научные результаты, полученные соискателем

1) Разработана структурная модель интеграции мультимодальных данных на основе тензорного представления. Слияние реализуется в едином многомерном пространстве признаков, обеспечивает сохранение межмодальных связей, уменьшение размерности без потери существенных признаков и повышение информативности объединенного представления.

2) Разработан подход к мультимодальному слиянию на основе семейства низкоранговых тензорных разложений, включая Tensor Ring, что позволяет единообразно описывать и сравнивать модели Tucker, Tensor Train и Tensor Ring в задачах интеграции признаков. Показано, что TR-разложение, благодаря кольцевой топологии, обеспечивает лучшее качество аппроксимации и устойчивость к изменению рангов по сравнению с традиционными схемами разложения.

3) Созданы адаптированные рандомизированные алгоритмы (single-pass и fixed-precision) для аппроксимации тензоров с низким тубальным рангом, демонстрирующие устойчивость к параметрам скетча и сокращение времени вычислений при восстановлении шумных данных.

4) Проведен комплексный экспериментальный анализ предложенного метода снижения шума и восстановления информации в мультимодальных данных.

Ключевым вкладом является разработка тензорной системы для интеграции и обработки мультимодальных данных, включая шумоподавление и реконструкцию с учетом взаимосвязей, что значительно усиливает устойчивость, скорость и семантическую точность в машинном обучении.

Практическая значимость работы

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке тензорных алгоритмов интеграции мультимодальных данных, обеспечивающих сохранение межмодальных зависимостей и повышение точности последующей обработки. Полученные результаты могут быть использованы в системах компьютерного зрения, интеллектуального видеонаблюдения, биомедицинской диагностики и робототехнике, где требуется надежная обработка сложных, зашумленных и частично утраченных данных.

Достоверность результатов исследования

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием современного математического аппарата тензорных разложений и рандомизированных численных методов, корректным выбором набора данных, позволяющего сопоставить предложенные методы с известными аналогами, проведением серии сравнительных экспериментов с базовыми методами (LMF, Tucker, TT, T-SVD, T-CUR, тензорный скетч), в которых продемонстрировано улучшение качества при сопоставимой или меньшей вычислительной сложности. Сопоставление разных тензорных форматов, наряду с рассмотрением нескольких задач (семантический анализ, сжатие, суперразрешение, предобработка для детекции объектов), дополнительно подтверждает достоверность полученных результатов.

Замечания к работе

1. В главе 1 говорится об использовании однородных данных. Однако, в главе 3 не приводится ни одного эксперимента на таких данных – все эксперименты выполнены на неоднородных (гетерогенных) мультимодальных данных.

2. В предложенном подходе снижения шума (раздел 2.2) не приведено сравнение с классическими методами.

3. В экспериментах по суперразрешению (п. 3.2.4) достигнуто пиковое отношение сигнал/шум $PSNR \approx 27$ дБ. Это хороший результат для тензорных методов, но значительно уступающий современным диффузионным методам.

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки исследования – диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная задача, имеющая теоретическое и практическое значение.

Заключение

Диссертация «Методика семантического анализа мультимодальных больших данных на основе применения методов машинного обучения» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук Положением о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденным 22.01.2024 ученым советом РУДН (протокол заседания № УС-1), а ее автор, Резаиан Наим, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» института архитектуры и строительства ВолгГТУ
д.т.н. (05.23.17), доцент



Игнатьев Александр Владимирович

« 12 » 12 20 25 г.

Подпись А.В. Игнатьева удостоверяю.
Ученый секретарь ученого совета
института архитектуры и
строительства ВолгГТУ



А.В. Савченко
12.12.2025г.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ)
Почтовый адрес: 400005, г. Волгоград, пр-т им. Ленина, д. 28
Телефон: +7(8442)96-99-45, вн. 12-45
E-mail: digital@vgasu.ru