

ОТЗЫВ

официального оппонента Царева Романа Юрьевича на диссертацию Казаковцева Владимира Львовича «Алгоритмы ускоренного поиска в векторных базах данных», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 - Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы исследований

Работа Казаковцева В.Л. посвящена повышению эффективности алгоритмов приближенного поиска ближайших соседей за счет разработки классификатора сложности запросов, алгоритма адаптивного поиска приближенных ближайших соседей на основе оценки сложности запроса, а также повышению качества построенного индекса векторной базы данных за счет применения усовершенствованных алгоритмов кластеризации. Кроме того, в работе предлагается новая модель кластеризации мультимодальных данных, которая может быть использована для построения индекса векторной базы мультимодальных данных. Задачи приближенного поиска ближайших соседей активно развиваются в связи с распространением векторных представлений данных и ростом объемов обрабатываемой информации. Во многих прикладных областях (семантический поиск, рекомендательные системы, анализ изображений и др.) требуется многократное выполнение запросов на поиск близких объектов, однако точные методы становятся вычислительно затратными при больших объемах данных и высокой размерности пространств признаков. Приближенные алгоритмы позволяют существенно сократить время ответа и потребление памяти при контролируемом снижении качества результатов.

Многие алгоритмы приближенного поиска используют методы автоматической группировки данных (кластеризации). Кластеризация, являясь базовым методом машинного обучения, решает задачу разделения множества объектов на подмножества (кластеры) таким образом, чтобы объекты внутри кластера были схожи друг с другом и отличались от объектов других кластеров. Этот метод находит широкое применение в различных областях, упрощая анализ больших и сложных данных, структурируя их.

Общая характеристика работы

Диссертация Казаковцева В.Л. представлена на 142 страницах, включая приложения, основной текст состоит из введения, четырех глав и заключения.

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

В первой главе приведен обзор современных алгоритмов приближенного поиска ближайших соседей. Дано описание метода, основанного на инвертированном файле, приведены методы построения

инвертированного файла и описаны современные методы обработки мультимодальных данных.

Вторая глава посвящена новому адаптивному алгоритму поиска ближайших соседей по IVF-индексу. Предложен алгоритм, который динамически определяет сложность входящего запроса на основе анализа количества кластеров, содержащих релевантные векторы на начальном этапе поиска. Для этого вводится классификатор, оценивающий «результативность» кластеров по отношению к запросу. В зависимости от этой оценки алгоритм автоматически регулирует глубину поиска (количество просматриваемых векторов) для достижения заданного целевого уровня полноты (Recall). Экспериментально показано, что данный подход позволяет сократить время обработки запросов на 10–39% по сравнению с неадаптивными методами при сохранении сравнимого качества результатов.

В третьей главе исследуется задача улучшения качества кластеризации данных для построения более эффективного IVF-индекса. Представлены новые эволюционные алгоритмы для решения задачи k -средних. Ключевым вкладом является разработка специализированного оператора мутации, основанного на ускоренной жадной агломеративной процедуре. Этот оператор позволяет эффективно исследовать пространство решений и избегать попадания в локальные оптимумы, характерные для стандартного алгоритма Ллойда. Эксперименты демонстрируют, что предложенные алгоритмы формируют более качественное разбиение данных на кластеры (по метрикам инерции и силуэта), что напрямую ведет к повышению точности и скорости поиска по построенному на их основе IVF-индексу.

В четвертой главе предложен новый подход к кластеризации мультимодальных данных, таких как, например, пары «текст-изображение». Вместо использования сложных нейросетевых архитектур для приведения данных к единому векторному пространству, предложена модель кластеризации, основанная на специальной агрегированной мере расстояния. Эта мера вычисляется как взвешенная комбинация расстояний между объектами в каждом отдельном модальном пространстве. Такой подход позволяет применять классические алгоритмы кластеризации (например, k -средних или иерархическую) непосредственно к исходным разнородным данным. Модель показала свою эффективность на синтетических и реальных наборах данных, предоставляя содержательную группировку объектов без необходимости в глубоком обучении.

В Заключении представлены ключевые выводы и итоги диссертационного исследования, демонстрирующие, что выполнение поставленных задач обеспечило достижение цели диссертационной работы.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе Казаковцева Владимира Львовича проведён анализ современных алгоритмов поиска приближенных ближайших соседей и задач кластеризации для решения задачи приближенного поиска ближайших соседей.

Достоверность результатов подтверждается применением современных методов исследования, которые были протестированы в большом наборе экспериментов на эталонных наборах данных (SIFT1B, BIRCH3, Mopsi-Joensuu, INEPC).

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на международных конференциях и семинарах: научный семинар Омского филиала института математики им. С.Л. Соболева СО РАН «Математическое моделирование и дискретная оптимизация» (2026), International Workshop on Mathematical Models and their Applications (IWMMMA 2025), Hybrid methods of modeling and optimization in complex systems (HMMOCS 2022, 2024), 2021 3rd International Conference on Advanced Information Science and System, AISS 2021, 2020 International Conference on Control, Robotics and Intelligent System, CCRIS 2020.

Значимость результатов для науки

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии методологии автоматической группировки объектов, совершенствовании подходов к поиску информации в векторных базах данных, а также в расширении инструментария методов кластерного анализа для работы с мультимодальными данными, включая обработку больших объемов разнородной информации.

Практическая значимость полученных результатов

Предложенные модели и алгоритмы предназначены для решения задач группировки объектов и поиска данных в информационных системах, работающих с разнородными наборами данных. Разработанные эволюционный алгоритм построения индекса и адаптивный алгоритм приближенного поиска ближайших соседей, включая классификатор сложности запросов, позволяют эффективно работать с векторными базами данных, содержащими сотни миллионов объектов, снижая долю ошибок при поиске. Кроме того, введенная мера расстояния для мультимодальных данных даёт возможность вычислять расстояния между разнородными объектами, адаптировать классические алгоритмы кластеризации к таким данным и выполнять в их пространстве приближенный поиск ближайших соседей.

Замечания по диссертационной работе

1. Первая глава слишком объемная. Слишком подробно описаны алгоритмы приближенного поиска ближайших соседей, которые не используются в диссертационном исследовании.

2. В диссертации не приведено описание используемых мер качества кластеризации.

3. Не приведено теоретическое обоснование используемого способа агрегации модальностей.

4. В таблице 2.10 значения Recall приведены в различных единицах для разных алгоритмов.

5. Стоило бы привести результаты прямого сравнения с другими алгоритмами приближенного поиска ближайших соседей.

6. Не вполне понятно, почему в третьей главе соискателем рассматриваются исключительно эволюционные алгоритмы кластерного анализа. В таблицах 3.1-3.8 приводятся результаты алгоритмов других классов, также использующие агрегативный принцип, и было бы интересно, как могло бы повлиять на их эффективность использование новой агрегативной процедуры.

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

Несмотря на приведенные замечания, диссертационная работа Казаковцева В.Л. является законченным научно-исследовательским трудом на актуальную тему, выполненным самостоятельно и на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения являются обоснованными. Результаты работы направлены на решение важной практической задачи – повышения точности и вычислительной эффективности алгоритмов приближенного поиска ближайших соседей.

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

Официальный оппонент,
Доцент кафедры высшей математики
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский
технологический университет»
(РТУ МИРЭА),

канд. техн. наук, доцент

т. +7-983-166-30-41

e-mail: caryov@mirea.ru

07.05.2026

Адрес организации:

119454 г. Москва, проспект Вернадского, дом 78

Р.Ю. Царев