

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
стратегическому развитию
МФТИ, член-корреспондент
РАН



Аушев Тагир
Абдул - Хамидович

«срезали» 2017 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
(МФТИ)

Диссертация «Эффективные алгоритмы поиска по большим коллекциям изображений» выполнена на кафедре анализа данных Московского физико-технического института (государственного университета) Министерства образования и науки Российской Федерации.

В период подготовки диссертации с 2012 г. по настоящее время соискатель **Бабенко Артем Валерьевич** работал на кафедре анализа данных МФТИ в должности ассистента.

В 2012 г. Бабенко А.В. окончил Московский физико-технический институт (государственный университет) по специальности «прикладная математика и физика». В 2016 г. окончил очную аспирантуру МФТИ. Справка об обучении в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2017 г. в Московском физико-техническом институте (государственном университете).

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Лемпицкий Виктор Сергеевич. Основное место работы – Сколковский институт науки и технологий, Центр по научным и инженерным вычислительным технологиям для задач с большими массивами данных, профессор.

По итогам обсуждения диссертации «Эффективные алгоритмы поиска по большим коллекциям изображений» *принято следующее заключение.*

Тема диссертации является актуальной для современных поисковых систем. В связи с тем, что в количество изображений в сети Интернет стремительно растет, современным поисковым системам приходится обрабатывать коллекции из миллиардов изображений, причем размер этих коллекций постоянно увеличивается. Для эффективной индексации и поиска по коллекциям такого объема необходимо разрабатывать специальные

алгоритмы, позволяющие отвечать на поисковые запросы пользователей за несколько миллисекунд. Эффективные методы поиска по коллекциям изображений необходимы также и в более узких областях, таких как распознавание лиц и диагностика заболеваний на основе медицинских изображений.

Цели и задачи диссертации:

1. Разработать метод построения компактных дескрипторов изображений, размерность которых не превышает нескольких сотен.
2. Исследовать существующие методы сжатия векторов высокой размерности, оценить границы их применимости, разработать новый метод сжатия с меньшими потерями без увеличения бюджета потребляемой памяти
3. Разработать алгоритм поиска ближайших векторов, способный обрабатывать запросы к коллекциям из миллиарда векторов за несколько миллисекунд с бюджетом по памяти несколько байт на вектор.

Основные результаты диссертации:

1. Разработано два метода построения дескрипторов изображений на основе сверточных нейросетей, а также предложен способ повышения качества путем адаптации используемой нейросети к конкретной поисковой задаче. Также продемонстрировано, что формируемые дескрипторы могут быть успешно скомбинированы с существующими методами снижения размерности.
2. Предложена новая модель аппроксимации векторов с помощью суммы небольшого числа векторов-слов. На основе этой модели разработано два новых алгоритма сжатия векторов высокой размерности. Экспериментально показано, что разработанные методы достигают лучшего качества сжатия по сравнению с передовыми существующими алгоритмами для данных различной природы.
3. Разработано две структуры данных для эффективного поиска ближайших соседей, способные искать по миллиардам высокоразмерных векторов за несколько миллисекунд. Также доказан теоретический результат об эффективности основных операций в предложенных структурах данных.

Все результаты диссертации получены лично соискателем при научном руководстве к.ф.-м.н., профессора Лемпицкого В.С.

Научная новизна работы заключается в том, что предложенные методы построения дескрипторов изображений используют технологию глубоких сверточных нейросетей, что позволяет формировать гораздо более

компактные дескрипторы. Разработанные методы сжатия векторов используют квантизацию с неортогональными словарями, что позволяет превзойти существующие методы по точности кодирования. Впервые разработаны структуры данных, способные искать по коллекциям из миллиардов векторов за несколько миллисекунд с высокой точностью.

Практическая ценность результатов диссертации заключается в разработке целостной системы визуального поиска, включающей все основные компоненты: построение дескрипторов, сжатие, эффективное нахождение соседей. Предложенные подходы используются в поиске по изображениям компании ООО "Яндекс".

Достоверность (высокая степень точности измерений и объективности оценок) результатов исследования обеспечена

- строгостью и корректностью математических доказательств и рассуждений;
- детально описанными протоколами экспериментов, которые могут быть воспроизведены.
- Положения и выводы, сформулированные в диссертации, получили квалифицированную апробацию на международных и российских научных конференциях и семинарах. Достоверность также подтверждается публикациями результатов исследования в рецензируемых научных изданиях.

Обоснованность выводов и рекомендаций подтверждена

- опытом практической использования предложенных алгоритмов в поисковой системе ООО «Яндекс»;
- обсуждением результатов исследования на международных научных конференциях;
- публикациями результатов исследования в рецензируемых научных изданиях.

Материалы диссертации опубликованы автором достаточно полно в следующих работах:

1. Babenko Artem, Lempitsky Victor. The inverted multi-index // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2012, 3069-3076.
2. Babenko Artem, Lempitsky Victor. Additive Quantization for Extreme Vector Compression // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2014, 931—938.
3. Babenko Artem, Slesarev Anton, Chigorin Alexander, Lempitsky Victor. Neural Codes for Image Retrieval // Lecture Notes in Computer Science. Proceedings of the 13th European Conference on Computer Vision (ECCV 2014), Springer. — 2014, 584—599.
4. Babenko Artem, Lempitsky Victor. Tree quantization for large-scale similarity search and classification // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2015, 4240—4248.

5. Babenko Artem, Lempitsky Victor. Aggregating Deep Convolutional Features for Image Retrieval // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). — 2015, 1269—1277.
6. Babenko Artem, Lempitsky Victor. The Inverted Multi-Index // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI). — 2015, 1247—1260.
7. Babenko Artem, Lempitsky Victor. Efficient Indexing of Billion-Scale Datasets of Deep Descriptors // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2016, 2055—2063.

Личный вклад соискателя в работах[1-7] с соавторами заключается в исследовании существующих методов, разработке предложенных алгоритмов и структур данных, доказательстве теоретических результатов, программной реализации предложенных подходов.

Основные результаты работы докладывались на следующих научных конференциях и семинарах:

1. 54-я научная конференция МФТИ, Долгопрудный, 2011
2. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Providence RI, USA, 2012
3. 56-я научная конференция МФТИ, Долгопрудный, 2013
4. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Columbus, USA, 2014
5. IEEE European Conference on Computer Vision (ECCV), Zurich, Switzerland, 2014
6. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, USA, 2015
7. Научный семинар Школы анализа данных Яндекса, Москва, 2015
8. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Santiago, Chile, 2015
9. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, USA, 2016
10. Научно-исследовательский семинар им. М. Р. Шура-Бура, ИПМ им. М.В.Келдыша, Москва, 2016

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.11 – математическое обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, в частности, пунктам:

- п. 3 – Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем.
- п. 4 – Системы управления базами данных и знаний.
- п. 7 – Человеко-машинные интерфейсы; модели, методы, алгоритмы и программные средства машинной графики, визуализации, обработки изображений, систем виртуальной реальности, мультимедийного общения.

- п. 9 – Модели, методы, алгоритмы и программная инфраструктура для организации глобально распределенной обработки данных.

Диссертация «Эффективные алгоритмы поиска по большим коллекциям изображений» Бабенко Артема Валерьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Заключение принято на заседании кафедры анализа данных МФТИ. Присутствовало на заседании 10 человек. Результаты голосования: «за» – 10 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет. Протокол №1 от 16 января 2017 года.



Бунина Елена Игоревна,
д.ф.-м.н., профессор,
заместитель заведующего
кафедрой анализа данных МФТИ