

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На диссертационную работу Бабенко Артёма Валерьевича «ЭФФЕКТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ПОИСКА ПО БОЛЬШИМ КОЛЛЕКЦИЯМ ИЗОБРАЖЕНИЙ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Диссертация А.В. Бабенко посвящена задаче поиска изображений по образцу в больших архивах (коллекциях) изображений. По мере построения подобных архивов как в сети Интернет, так и в специализированных системах, и по мере возрастания необходимости организации человеко-машинных интерфейсов доступа к знаниям, хранящимся в данных архивах, а также визуализации данных знаний, задача поиска по образцу приобретает всю большую актуальность.

Для особенно больших архивов (на масштабах от нескольких миллионов до нескольких миллиардов изображений) организация поиска требует построения сложных программных систем, а достижение эффективности поиска требует решения целого ряда подзадач, таких как отображение изображений в векторное пространство (т.е. построение векторных *дескрипторов* изображений), индексация набора дескрипторов (зачастую подразумевающая сжатие с потерями данного набора), эффективный поиск по индексированному и сжатому набору.

В ходе работы над диссертацией А.В. Бабенко был рассмотрен целый набор возникающих подзадач и достигнуты следующие результаты:

- Во-первых, исследована задача построения векторных дескрипторов изображений, обеспечивающих пространственную близость для семантически схожих изображений, на основе глубоких свёрточных нейросетей. В частности, исследованы варианты т.н. *глобальных* дескрипторов, связанных с описанием всего изображения единым векторным дескриптором. Исследованы как возможности использования активаций в полносвязных слоях свёрточной нейросети, так и построение дескрипторов путем комбинации векторов-активаций свёрточных слоёв нейросети, описывающих отдельные части изображения. Во втором случае исследованы различные комбинирующие операторы, а также варианты постобработки данных. В целом, данная часть диссертации имеет наиболее «эвристический» характер, в то же время обладая особенно высокой практической важностью, что подтверждается большим количеством цитирований работ диссертанта, содержащих результаты данной главы, другими исследователями.
- Во-вторых, разработаны новые алгоритмы сжатия с потерями для наборов векторов большой размерности на основе мульти-квантизации. Специфика приложения часто требует возможности эффективного вычисления расстояний и скалярных

произведений между сжатыми и несжатыми векторами. В данной части диссертации представлены два новых способа (*аддитивная квантизация* и *древесная квантизация*), достигающие более выгодного соотношения между степенью сжатия и точностью оценки расстояний и скалярных произведений по сравнению с предыдущими алгоритмами данного класса. Данное преимущество достигается ценой более сложных алгоритмов построения кодов и кодирующих словарей, основанных на лучевом поиске, методе наименьших квадратов и целочисленном программировании. Для новых способов сжатия проведены теоретические оценки сложности и доказаны теоретические оценки на достигаемое качество сжатия, а также проведены сравнения на реальных базах векторов.

- В-третьих, разработан новый подход к индексации больших наборов векторов, основанный на комбинации идей инвертированных индексов и мульти-квантизации. Предложена новая структура данных – инвертированный мульти-индекс. Диссертантом предложены алгоритмы эффективного обхода набора данных при помощи данной индексирующей структуры в задаче приближенного поиска ближайшего соседа. Инвертированный мульти-индекс и его вариации лежат в основах систем приближенного поиска ближайших соседей, достигающих наилучших показателей по соотношению между скоростью поиска, точностью поиска, и количеством расходуемой памяти в целом ряде экспериментальных сравнений, проведенных как в работах диссертанта, так и в работах сторонних исследователей.

Важно отметить, что несмотря на то, что экспериментальные сравнения в диссертации проведены на наборах данных, связанных с изображениями, предложенные способы сжатия наборов векторов, а также индексации наборов векторов применимы во многих контекстах, связанных с эффективной обработкой и передачей в вычислительных комплексах и компьютерных сетях.

Об успешности диссертационного исследования свидетельствует список публикаций, содержащий результаты диссертации. Список включает четыре статьи в трудах конференции CVPR, одну статью в трудах конференции ECCV, одну статью в трудах конференции ICCV, а также статью в журнале ТРАМІ (во всех статьях А.В. Бабенко является первым автором). Такое количество статей в трудах ведущих конференций и журналов существенно превосходит ожидания для защищающихся аспирантов во всех известных мне исследовательских группах, работающих в области компьютерного зрения. Наряду с упоминанием превосходных наукометрических показателей, хотелось бы отметить, что методы, разработанные А.В.Бабенко в процессе работы над диссертацией, успешно используются в сервисах компании «Яндекс», что подтверждает их практическую значимость.

В целом, считаю, что диссертация А.В. Бабенко «ЭФФЕКТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ПОИСКА ПО БОЛЬШИМ КОЛЛЕКЦИЯМ ИЗОБРАЖЕНИЙ» удовлетворяет требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное

обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, а ее автор –
Бабенко Артём Валерьевич – заслуживает присуждения ему искомой степени.

Научный руководитель



Лемпицкий Виктор Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент
Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования
«Сколковский институт науки и технологий», Территория Инновационного Центра
“Сколково”, улица Нобеля, д. 3, Москва 143026, Россия, +7 (495) 280 14 81,
lempitsky@skoltech.ru, <http://sites.skoltech.ru/compvission/members/vilem/>

Подпись Лемпицкого В.С. заверяю,

Вице-президент по связям с организациями в сфере науки и образования

Сафонов А. А.

