



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе Сколковского
института науки и технологий, д.т.н.,
профессор Анна Юрьевна Деревнина

Деревнина «27» марта 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

автономной некоммерческой образовательной организации высшего
образования «Сколковский институт науки и технологий»

Диссертация Кузьмина Андрея Игоревича «Методы обучаемой регуляризации в задачах сопоставления изображений» выполнена в Центре по научным и инженерным вычислительным технологиям для задач с большими массивами данных Сколковского института науки и технологий.

В период подготовки диссертации с 2013 по 2017 г. Андрей Игоревич Кузьмин обучался в очной аспирантуре автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

В 2011 г. окончил «Новосибирский Государственный Университет», магистерская программа по направлению «Физика», специализация «Информационные процессы и системы».

Справка о результатах сдачи кандидатских экзаменов выдана в 2017 г. в автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий».

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Виктор Сергеевич Лемпицкий работает в автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» в должности доцента.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Актуальность темы.

Задача сопоставления изображений является одной из центральных задач компьютерного зрения, которая возникает во многих приложениях, таких как бинокулярная стерео-реконструкция, детекция движения на видеопоследовательностях и анализ медицинских ультразвуковых снимков.

Диссертационная работа посвящена рассмотрению непараметрического плотного сопоставления, которое является наиболее общим случаем задачи: каждый пиксель изображения получает независимую трансформацию, при этом число степеней свободы пропорционально числу пикселей.

Наболее важной характеристикой методов сопоставления является ошибка сопоставления на реальных данных. В настоящее время наилучшее качество достигается при применении методов, основанных на глубоком машинном обучении. При этом, большинство таких методов имеют высокую вычислительную сложность, что не позволяет применять их в режиме

реального времени (25 кадров и выше) на реальных данных. В связи с этим особый интерес представляет разработка методов глубокого машинного обучения, имеющих низкую вычислительную сложность на этапе исполнения, при этом представляется важным возможность эффективного использования современных графических ускорителей.

Таким образом, диссертационная работа Кузьмина А.И. является актуальной, имеет важное научное и практическое значение.

Диссертация изложена грамотным техническим языком на 133 страницах. Структура диссертации состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы, состоящего из 145 источников. В аналитическом обзоре литературы показано текущее состояние исследований в области сопоставления изображений. В конце аналитического обзора произведена постановка целей и задач научного исследования. В основной части диссертации полно описаны предложенные в работе методы, проведенные эксперименты и приведены их результаты. В заключении отражены основные результаты работы, подчеркивающие высокую практическую значимость полученных результатов, а также предложен ряд направлений дальнейших исследований.

Обоснованность научных положений.

Научные положения, описанные в работе, являются обоснованными, основаны на экспериментах с использованием реальных изображений из открытых коллекций, созданных с целью сравнения различных методов сопоставления изображений. В работе приведены количественные сравнения с другими методами, опубликованными в литературе. Результаты, полученные для сопоставления ультразвуковых медицинских изображений, подтверждены экспериментами на основе специально изготовленных фантомов, а также сравнениями с изображениями других модальностей.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации.

Все результаты, изложенные в диссертации, получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Личное участие автора состоит в выборе темы работы, проведении аналитический обзор литературы и текущего состояния исследований по данному направлению, систематизации методов сопоставления изображений, определения цели, постановке и решении задач исследования.

В ходе исследования автором разработаны новые методы глубокого машинного обучения, имеющие низкую вычислительную сложность на этапе исполнения, а также проведена их программная реализация с использованием графических ускорителей и экспериментальная верификация на реальных данных.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Результаты проведенных исследований не вызывают сомнения. Достоверность результатов подтверждается строгостью применяемого

математического аппарата, а также серией сравнительных численных экспериментов по сопоставлению изображений с использованием методов, разработанных автором, и современных методов, предлагаемых в литературе, с использованием публичных коллекций реальных данных. Кроме этого, можно указать, что достоверность результатов и обоснованность выводов подтверждается их признанием научной общественностью – основные результаты, полученные в диссертации, были доложены на ведущих международных научно-технических конференциях, а также опубликованы в ведущих международных рецензируемых изданиях по тематике исследования.

Научная новизна работы.

Научная новизна работы состоит в разработке и применении ряда новых моделей для сопоставления изображений в применении к различным прикладным задачам. Новизна работы состоит в следующем:

1) Предложен новый метод сопоставления, используемый в стереорекострукции. В отличие от известных подходов, основанных на глубоком машинном обучении, опубликованных в литературе, предложенный метод основан на комбинировании сверточной и рекуррентной нейросети, что позволяет получить алгоритм, эффективный на этапе исполнения. Предложенный метод позволяет избежать сравнения большого количества визуальных дескрипторов большой размерности, которое является ключевым и наиболее вычислительно трудоемким этапом прочих методов, основанных на глубоком машинном обучении.

2) Разработана новая архитектура нейросети для задачи сопоставления изображений в приложении к вычислению оптического потока. Предложенный метод основан на обучении оператора регуляризации. При этом представление этапов вычислений эффективного оптимизационного алгоритма в качестве слоев нейросети позволило получить более низкую вычислительную сложность по сравнению с методами, известными в литературе.

3) Предложен новый метод сопоставления ультразвуковых изображений, который позволяющий улучшить качество сопоставления на основе трех кадров. Предложенный подход основан на применении адаптивной регуляризации, что позволяет улучшить качество сопоставления и уменьшить число выбросов в участках неверного сопоставления. При этом высокая вычислительная эффективность алгоритма достигается за счет обобщения функционала полной вариации. Такой функционал является выпуклым и может быть минимизирован с использованием эффективного двойственного градиентного метода.

Практическая значимость результатов исследований.

Представленная работа направлена на решение одной из важных задач современной информатики – разработку методов, позволяющих применять глубокое машинное обучение для задачи сопоставления изображений в реальном времени для ряда прикладных задач. В частности, разработанный метод стерео-сопоставления позволяет производить реконструкцию геометрии

дорожных сцен в реальном времени с применением коммерчески доступных графических ускорителей. Алгоритм может быть использован в автоматических системах управления автомобилями при создании беспилотных транспортных средств для обнаружения и распознавания препятствий на пути автомобиля. Быстрый метод вычисления оптического потока, разработанный автором, может быть также использован при создании программного обеспечения для видеонаблюдения и контроля.

Разработанные методы анализа ультразвуковых медицинских снимков позволяют получать сопоставления высокого качества на основе серии изображений для наблюдения объемной картины пространственного расположения объектов исследования и диагностики в режиме реального времени, за счет низкой вычислительной сложности предложенного метода, позволяющего обрабатывать данные со скоростью, превосходящей скорость получения снимков. Предложенные методы потенциально могут использоваться при разработке программного обеспечения устройств ультразвуковой медицинской диагностики.

Апробация работы.

Работа была представлена на 4 международных конференциях:

1. “Machine Can See Summit”, Москва, 2017.
2. “IEEE Workshop on Machine Learning for Signal Processing”, Токио, 2017.
3. “IEEE 13th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)”, Прага, 2016.
4. “IEEE 37th Annual International Conference on Medicine and Biology Society (EMBC)”, Милан, 2015.

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 5 работах общим объемом 51 п.л. в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов научных исследований, и реферируемых иностранных изданиях.

Работы, опубликованные автором в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science, Scopus, а также в список журнал, рекомендованных для опубликования результатов научных работ ВАК:

1. Kuzmin Andrey, Mikushin Dmitry, Lempitsky Victor. End-to-end Learning of Cost-Volume Aggregation for Real-time Dense Stereo // Machine Learning for Signal Processing, 2017. MLSP 2017. IEEE Conference on / IEEE. 2017.
2. Fast low-cost single element ultrasound reflectivity tomography using angular distribution analysis / Andrey Kuzmin, Xiang Zhang, Jonathan Finche [и др.] // Biomedical Imaging (ISBI), 2016 IEEE 13th International Symposium on / IEEE. 2016. С. 1021–1024.
3. A single element 3D ultrasound tomography system / Xiang Zhang, Jonathan Fincke, Andrey Kuzmin [и др.] // Engineering in Medicine and Biology Society

(EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE / IEEE. 2015. С. 5541–5544.

4. Multi-frame elastography using a handheld force-controlled ultrasound probe / Andrey Kuzmin, Aaron M Zakrzewski, Brian W Anthony [и др.] // IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control. 2015. Т. 62, № 8. С. 1486–1500.
5. Set2Model networks: Learning discriminatively to learn generative models / Alexander Vakhitov, Andrey Kuzmin, Victor Lempitsky // Computer Vision and Image Understanding. 2017, № 8.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения.

Ценность научных работ соискателя ученой степени.

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что в них поставлена и решена научная задача по разработке методов, позволяющих применять глубокое машинное обучение для задачи сопоставления изображений в реальном времени для ряда прикладных задач. В научных публикациях полностью отражены все результаты исследования, изложенные в диссертации. В четырех научных публикациях, три из которых за первым авторством, опубликованы предложенные методы сопоставления изображений применительно к анализу дорожных сцен и ультразвуковых медицинских снимков.

Диссертация Кузьмина Андрея Игоревича «Методы обучаемой регуляризации в задачах сопоставления изображений» является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям пунктов 9, 10, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а также паспорту научной специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Диссертация Кузьмина Андрея Игоревича «Методы обучаемой регуляризации в задачах сопоставления изображений» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Заключение принято на научном семинаре Центра по научным и инженерным вычислительным технологиям для задач с большими массивами данных автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» «6» сентября 2017 г., протокол №1.

Присутствовало на заседании 6 человек. Результаты голосования: «за» – 6 человек, «против» – 0 человек, «воздержалось» – 0 человек.

Директор Центра по научным
и инженерным вычислительным технологиям
для задач с большими массивами данных,
к.ф.-м.н., д.х.н, проф.,
Максим Валериевич Федоров


