

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального
государственного учреждения
«Федеральный исследовательский
центр Институт прикладной
математики им. М.В. Келдыша
Российской академии наук»
член-корреспондент РАН,
А.И. Аптекарев



« 02 » апреля 2021г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша
Российской академии наук»

Диссертация «Исследование и разработка алгоритмов поиска и восстановления населенных пунктов на наборе аэрофотоснимков» выполнена в отделе №2 «Компьютерная графика и вычислительная оптика» Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

В период подготовки диссертации соискатель Новоторцев Леонид Владимирович обучался в аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной

математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» с 26 августа 2013 года по 25 августа 2017 года и работал программистом в Акционерном обществе «Ракурс».

В 2013 году окончил факультет вычислительной математики и кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «Математик, системный программист».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана 22 сентября 2020 года Федеральным государственным учреждением «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

Научный руководитель – Волобой Алексей Геннадьевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Оценка работы, выполненной соискателем ученой степени.
Диссертационная работа Новоторцева Л.В. посвящена актуальной проблеме компьютерного зрения – поиску и трехмерной реконструкции населенных пунктов на наборе аэрофотоснимков с использованием данных об элементах внешнего ориентирования. В настоящее время имеющаяся информация часто устаревает с огромной скоростью. В связи с этим возникает задача ее быстрой актуализации. Задача становится более сложной в случаях, когда данные перед использованием требуют предварительной обработки. Одними из областей, сочетающими в себе большие объемы данных, необходимость в их быстрой обработке и высокие требования к точности результатов, являются

фотограмметрия и картография. В этих областях ручная обработка данных занимает крайне много времени, в результате чего полученные результаты могут быть уже неактуальными на момент завершения данного процесса. Это приводит к необходимости в увеличении скорости извлечения необходимой информации из «сырых» данных. Автоматический или даже полуавтоматический режимы обработки информации значительно ускоряют весь процесс, что в свою очередь ведет к увеличению актуальности результирующих данных. Одной из часто встречающихся задач картографии, связанных с анализом аэрофотоснимков, является обнаружение на них строений и их дальнейшая трехмерная реконструкция, чему и посвящена данная работа.

Соискателем был предложен новый подход, решающий задачу распознавания и построения трехмерных моделей строений по снимкам, полученным в результате надирной аэрофотосъемки в автоматическом режиме, за счет выделения и сопоставления отрезков. Разработанные алгоритмы распознавания и сопоставления имеют высокую точность, не уступающую существующим методам. При этом предложенный подход имеет большую скорость работы. Им были предложены оригинальная модификация метода обнаружения отрезков, основанная на разбиении изображения на области и последующем объединении отрезков, а также модификация алгоритма перебора плоскостей, позволившая на порядок его ускорить при сохранении точности итогового результата. Также соискатель предложил и разработал новый алгоритм ускорения обработки аэрофотоснимков за счет выделения областей интереса и их сопоставления, позволяющий в несколько раз ускорить весь процесс. Все разработанные алгоритмы и методы были реализованы и интегрированы в индустриальный программный продукт Photomod.

Личный вклад соискателя. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в проведенное исследование. Разработка и реализация всех алгоритмов,

модификаций методов и конечное внедрение в программный продукт выполнены Новоторцевым Л.В. лично.

Достоверность результатов, полученных соискателем, подтверждается публикациями в рецензируемых научных изданиях, а также апробацией на российских и международных конференциях и семинарах.

Научная новизна. Предложен новый подход обнаружения и трехмерной реконструкции населенных пунктов по аэрофотоснимкам, состоящий в том, что производится анализ каждого из снимков по отдельности с выделением областей интереса, их сопоставление и последующая реконструкция строений посредством перебора полуплоскостей, образованных ранее найденными отрезками. Разработана оригинальная модификация метода выделения отрезков, позволяющая более точно выделять отрезки на аэрофотоснимках большого размера, что в свою очередь, существенно увеличивает точность остальных методов и алгоритмов, используемых в данной работе. Представлен новый алгоритм выделения областей интереса (областей, в которых проводятся дальнейшие операции), позволяющий сократить в несколько раз площадь снимков, подвергающихся дальнейшей обработке. Предложен новый быстрый алгоритм сопоставления областей, опирающийся на поиск и анализ горизонтальных отрезков, а также на анализ взаимного положения областей. В данной работе также разработана оригинальная модификация метода перебора плоскостей, позволяющая на порядок ускорить перебор при сохранении точности итогового результата.

Практическая и теоретическая значимость работы. В рамках данной диссертационной работы предложен новый многоэтапный подход, опирающийся на выделение, анализ и сопоставление линейных черт (отрезков) на снимках, а также их взаимное расположение. Это позволяет увеличить как скорость работы всей технологии, так и точность выделения и трехмерной реконструкции населенных пунктов. На основе проведенного исследования разработана система обнаружения и восстановления населенных пунктов,

которая позволяет производить обработку аэрофотоснимков как в полностью автоматическом режиме, так и в полуавтоматическом режиме с незначительным участием оператора. На основе предложенного подхода была реализована и внедрена программная компонента в программное обеспечение Photomod. Этот продукт, а с ним и программная компонента, используется в «Роскартография» и в Федеральном агентстве кадастра объектов недвижимости «Роснедвижимость».

Соответствие диссертации специальности. Диссертация соответствует специальности 05.13.11 – математическое обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. Диссертационная работа написана на высоком научном уровне. Результаты, представленные в работе, получены автором самостоятельно, являются новыми и представляют научный интерес.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором. Основные результаты диссертационной работы были доложены и опубликованы в трудах международных научных конференций, таких как конференция по компьютерной графике и машинному зрению «Графикон», International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision «WSCG – World Society for Computer Graphics», международной конференции «CAD/CAM/PDM». Основные положения и результаты диссертации отражены в 15 научных печатных работах, из них 5 публикаций – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Основные публикации:

1. Новоторцев Л.В., Волобой А.Г. Улучшенный алгоритм обнаружения отрезков для реконструкции строений по аэрофотоснимкам // Приволжский научный журнал, 2014, № 4, с. 49–53.
2. Новоторцев Л.В., Волобой А.Г. Нахождение областей, содержащих здания, на аэрофотоснимках // Труды 25-й международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению «Графикон». Протвино. 2015, с. 85–88.

3. Novotortsev L., Voloboy A. Automated Detection of Buildings on Aero Images // 23rd International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision WSCG'2015, Poster paper proceedings. Czech Republic, Plzen. 2015, pp. 23–28.
4. Новоторцев Л.В., Волобой А.Г. Постобработка прямых и ломаных, полученных методом Хафа // Труды 26-й международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению «Графикон». Нижний Новгород. 2016, с. 100–104.
5. Новоторцев Л.В., Волобой А.Г. Обнаружение и сопоставление областей, содержащих строения, на аэрофотоснимках // Труды 26-й международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению «Графикон». Нижний Новгород. 2016, с. 404–408.
6. Новоторцев Л.В., Волобой А.Г. Ускорение алгоритма распознавания зданий по нескольким аэрофотоснимкам за счет предобработки изображений // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2016. № 35.
7. Новоторцев Л.В., Волобой А.Г. Улучшенный метод перебора плоскостей при реконструкции строений по аэрофотоснимкам // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2018. № 207.
8. Новоторцев Л.В., Волобой А.Г. Обнаружение и трехмерная реконструкция строений по аэрофотоснимкам // Программирование. 2019, № 6, с. 13–22.

English translation: L.V. Novotortsev, A.G. Voloboy. Detection and 3D Reconstruction of Buildings from Aerial Images // Programming and Computer Software, 2019, vol. 45, No. 6, pp.311–318.

Диссертационная работа Новоторцева Леонида Владимировича «Исследование и разработка алгоритмов поиска и восстановления населенных пунктов на наборе аэрофотоснимков» удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к диссертационным работам, выдвигаемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, и рекомендуется к защите по специальности 05.13.11 – Математическое и программное

обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

Заключение принято на расширенном заседании научного семинара направления «Программирование» им. М.Р. Шура-Бура в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Присутствовало на заседании 23 чел. Результаты голосования: «за» – 23 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 5 от «25» апреля 2019 г.

Руководитель семинара, зав. информационно-издательским отделом,
д.ф.-м.н.

02.04.21



М.М. Горбунов-Посадов