

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

ЮФУ 801.02.06

созданного на базе Научно-исследовательского института
многопроцессорных вычислительных систем
имени академика А.В. Каляева Инженерно-технологической академии
Южного федерального университета,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____,
решение диссертационного совета
от «01» декабря 2023 г. №18

О присуждении Михайличенко Алексею Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и алгоритмы автоматизированной диагностики остеоартрита по рентгенографическим изображениям» по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» принята к защите 08 сентября 2023 г. (протокол заседания №14) диссертационным советом ЮФУ 801.02.06, созданным при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет».

Соискатель Михайличенко Алексей Андреевич 1993 года рождения.

В 2014 г. окончил бакалавриат федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению «Прикладная математика и информатика» (диплом 106104 № 0000795).

В 2016 г. окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (диплом с отличием 106104 № 0001376).

В период с 20.09.2016 по 16.10.2020 обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, по специальности 05.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

С 2022 года по настоящее время работает в научно-исследовательском технологическом центре нейротехнологий Южного федерального университета («НИТЦ нейротехнологий ЮФУ», г. Ростов-на-Дону) в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ) на кафедре прикладной математики и программирования (ПМП) Института математики, механики и компьютерных наук (ИММиКН).

Научный руководитель – Демяненко Яна Михайловна, кандидат технических наук, доцент.

Официальные оппоненты:

1. Ковалев Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Ростовского филиала АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»;

2. Дрюченко Михаил Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологий обработки и защиты информации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет».

Соискатель имеет 13 печатных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 научных работ, 1 из которых издана в рецензируемом научном журнале, входящем в Перечень ВАК РФ, 4 – в научных журналах и изданиях, индексируемых Scopus, 5 – в сборниках трудов конференций и

тезисах докладов общим объемом 21 страница (62,5% авторских). Соискателю выдано одно свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2022665581, «Программа для автоматической диагностики остеоартрита коленного сустава по рентгенографическому изображению». В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научной степени работах, виде, авторском вкладе и объеме научных изданий.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Михайличенко, А. А. Аналитический обзор методов оценки качества алгоритмов классификации в задачах машинного обучения / А. А. Михайличенко // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2022. – № 4 (311). – С. 52-59. – DOI: 10.53598/2410-3225-2022-4-311-52-59 (ведущий рецензируемый журнал, входит в перечень ВАК).

В работе Михайличенко А.А. проведен обзор существующих методов оценки качества работы алгоритмов классификации с привязкой к задаче автоматической классификации остеоартрита по рентгенографическим изображениям, а также представлено обоснование выбранного в диссертации метода оценивания точности.

2. Михайличенко, А. А. Использование блоков сжатия и возбуждения для повышения точности автоматической классификации остеоартрита коленного сустава при помощи сверточных нейронных сетей / А. А. Михайличенко, Я. М. Демяненко // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46, № 2. – С. 317-325. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-897 (в издании, входящем в международную базу цитирования Scopus).

В работе Михайличенко А.А. осуществлена интеграция блоков сжатия и возбуждения в существующие архитектуры сверточных нейронных сетей, решающих задачу автоматической классификации степени остеоартрита коленного сустава, а также выполнена проверка их эффективности.

3. Mikhaylichenko, A. Automatic Grading of Knee Osteoarthritis from Plain Radiographs Using Densely Connected Convolutional Networks / A.

Mikhaylichenko, Y. Demyanenko // Recent Trends in Analysis of Images, Social Networks and Texts. AIST 2020. Communications in Computer and Information Science. – 2021. – Vol. 1357. – P. 149-161. – DOI: 10.1007/978-3-030-71214-3_13 (в издании, входящем в международную базу цитирования Scopus).

В работе Михайличенко А.А. проведено исследование применимости сверточных нейронных сетей с плотно связанными блоками для задачи автоматической классификации ОА.

4. Mikhaylichenko, A. Automatic Detection of Bone Contours in X-Ray Images / A. Mikhaylichenko, Y. Demyanenko, E. Grushko // CEUR Workshop Proceedings. Proceedings on 5th International Conference on Image Analysis, Social Networks and Texts. – 2016. – Vol. 1710. – P. 212-223. – Режим доступа: <https://ceur-ws.org/Vol-1710/paper21.pdf> (режим доступа 30.06.2023, в издании, входящем в международную базу цитирования Scopus).

В работе Михайличенко А.А. разработан новый метод выделения контуров костей на рентгенограммах.

5. Михайличенко, А. А. Выделение контуров костей коленного сустава на медицинских рентгенограммах / А. А. Михайличенко, Я. М. Демяненко // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 3. – С. 455-463. – DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-3-455-463 (в издании, входящем в международную базу цитирования Scopus).

В работе Михайличенко А.А. предложен алгоритм постобработки контуров для решения проблемы детектирования ложных границ разработанным ранее методом выделения контуров костей на рентгенограммах.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022665581, Российская Федерация. Программа для автоматической диагностики остеоартрита коленного сустава по рентгенографическому изображению; правообладатель Михайличенко А.А.

Вклад Михайличенко А.А. в создание зарегистрированной программы для ЭВМ состоит в разработке и реализации алгоритмов выделения контуров

костей на рентгенограммах, а также в обучении и интеграции готовых моделей сверточных нейронных сетей для решения задачи локализации коленного сустава и классификации остеоартрита.

По всем работам, выполненным в соавторстве, определен личный вклад автора.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- официального оппонента доктора технических наук, профессора, С.М. Ковалева, 3 замечания;

- официального оппонента кандидата технических наук, доцента, М.А. Дрюченко, 4 замечания;

- ДВФУ, г. Владивосток. Отзыв подписала д.т.н., профессор, заместитель директора, профессор департамента программной инженерии и искусственного интеллекта Института математики и компьютерных технологий Артемьева И. Л., 2 замечания;

- ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск. Отзыв подписал к.т.н., доцент, декан факультета информационных технологий и управления Гринченков Д.В., 3 замечания;

- Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджан. Отзыв подписал к.т.н, директор центра высокопроизводительных вычислений (НРС) Исмайылов Эльвиз Анвар оглы, 1 замечание;

- ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщений», г. Ростов-на-Дону. Отзыв подписала д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры Связь на железнодорожном транспорте Таран В.Н., 1 замечание;

- ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара. Отзыв подписала д.т.н., профессор, заведующая кафедрой информационных технологий Колоденкова А.Е., 3 замечания;

- ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград. Отзыв подписала д.т.н., доцент, заведующая

кафедрой программного обеспечения автоматизированных систем Орлова Ю.А., 2 замечания;

– Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджан. Отзыв подписал д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и прикладной математики Алиев Араз Рафиг оглы, 2 замечания;

– Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск. Отзыв подписал д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Сорокин С.Б., замечания отсутствуют;

– АО «Объединенная металлургическая компания», г. Выкса. Отзыв подписал главный специалист по компьютерному зрению лаборатории цифровых технологий Рыбаков А.В., 2 замечания.

Все отзывы положительные, во всех отзывах отмечено, что работа соответствует специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», технические науки.

Наиболее существенные замечания:

1. Не обоснован способ выбора точек, являющихся исходными для процедуры поиска пути в общем алгоритме устранения разрывов границы объектов на изображении.

2. Отсутствует обоснование существования верхнего порога бинаризации в алгоритме детектирования контуров объектов.

3. Не проведено сравнение предложенного алгоритма выделения контуров с алгоритмами, основанными на использовании нейронных сетей.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их достижениями в данной отрасли науки и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Доктор технических наук, профессор Ковалев Сергей Михайлович является специалистом в области искусственного интеллекта, имеет необходимое количество публикаций в рецензируемых ведущих научных

журналах по тематике диссертации, в том числе за последние 5 лет 4 публикации в журналах из списка ВАК и в изданиях, индексируемых в базах SCOPUS и Web of Science. Д.т.н., профессор Ковалев С.М. не является членом аттестационной комиссии ЮФУ и членом диссертационного совета ЮФУ 801.02.06.

Кандидат технических наук, доцент Дрюченко Михаил Анатольевич является специалистом в области обработки изображений, машинного обучения, а также математического и программного обеспечения вычислительных систем, имеет необходимое количество публикаций в рецензируемых ведущих научных журналах по тематике диссертации, в том числе за последние 5 лет 6 публикаций в журналах из списка ВАК и в изданиях, индексируемых в базах SCOPUS и Web of Science. К.т.н., доцент Дрюченко М.А. не является членом аттестационной комиссии ЮФУ и членом диссертационного совета ЮФУ 801.02.06.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие научные результаты, обладающие новизной и свидетельствующие о личном вкладе соискателя в науку:

1) метод локализации искомого объекта на рентгенограмме, **отличающийся** от существующих методов применением нейросетевой архитектуры Single Shot Detector в сочетании с разделимыми по глубине свертками, что позволило существенно снизить время обработки и повысить точность локализации;

2) метод повышения точности автоматической диагностики стадии остеоартрита при помощи нейросетей, **отличающийся** от существующих использованием блоков сжатия и возбуждения, ансамблей и модификацией шкалы оценки, что позволило повысить точность классификации;

3) алгоритм выделения и отслеживания контуров костей на медицинских рентгенографических изображениях, **отличающийся** от существующих специальной процедурой устранения разрывов границы

объектов и учетом направления градиента, что дает возможность не использовать априорную информацию о форме объекта и работать с сильно искаженными объектами.

Все научные результаты диссертации получены автором лично.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии методов обработки рентгенографических медицинских изображений, в частности в создании метода локализации объектов, метода повышения точности классификации остеоартрита сверточными нейронными сетями, а также алгоритма выделения и отслеживания контуров костей, не использующего априорную информацию о форме объекта.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы: методы теории вероятностей, методы обработки изображений, методы оптимизации, теория распознавания образов, методы машинного и глубокого обучения, статистические методы оценки результатов экспериментов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные автором методы и средства обработки медицинских изображений нашли применение при решении ряда задач, связанных с автоматизированной диагностикой остеоартрита, а именно: предложенный метод локализации на базе модифицированной нейросетевой архитектуры Single Shot Detector позволил получить точность локализации, в среднем в 2 раза превосходящую точность методов, основанных на сопоставлении с шаблоном, и на 1,9% и 4,9% превышающую результаты методов на основе нейросетевых моделей YOLOv2 и FCN соответственно; разработанные алгоритмы для повышения точности классификации остеоартрита сверточными нейронными сетями позволили в сумме повысить точность до 20,64% по сравнению с известными результатами; разработанный алгоритм выделения контуров позволил корректно выделить контуры на 85% объектов, а еще на 5% показал результаты, пригодные к использованию после дополнительной обработки, что превышает точность известных методов.

Результаты диссертации, а именно алгоритм автоматической классификации, вместе с готовыми нейросетевыми моделями и исходным кодом для их обучения и тестирования, были **использованы** для создания автоматического алгоритма классификации объектов на изображении, что отражено в акте внедрения в ООО «Наука» от 2 декабря 2022 года.

Также, результаты диссертации были использованы при реализации программного комплекса для автоматической локализации и классификации объектов по графическим данным, обеспечивающего точность классификации выше 90%, и **внедрены** в ООО «Изоскан» (акт от 5 октября 2022 года).

Кроме того, результаты диссертации **использованы** в учебном процессе Института математики, механики и компьютерных наук ЮФУ, акт от 19 сентября 2022 года.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе научных результатов подтверждаются корректностью и непротиворечивостью результатов экспериментов, а также внедрениями научных и практических результатов в различных организациях, что подтверждается соответствующими актами. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на российских и международных научных и научно-технических конференциях и семинарах, где Михайличенко А.А. выступал с докладами по данной проблематике и получил положительный отзыв научной общественности.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении всех этапов диссертационного исследования: постановке и формулировке задач исследования; проведении исследований, включая: разработку метода локализации искомого объекта на рентгенограмме, отличающегося от существующих методов применением нейросетевой архитектуры Single Shot Detector в сочетании с разделимыми по глубине свертками; разработку метода повышения точности автоматической диагностики стадии остеоартрита при помощи нейросетей, отличающегося от существующих использованием блоков сжатия и возбуждения, ансамблей и модификацией шкалы оценки;

разработку нового алгоритма детектирования контуров костей на медицинских рентгенограммах, отличающегося от существующих использованием процедуры устранения разрывов границы; проведения машинных экспериментов; апробации полученных результатов и их внедрении в организациях РФ; подготовки публикаций по результатам выполненных исследований.

На заседании 1 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Михайличенко А.А. ученую степень кандидата технических наук, так как в его диссертации содержится **решение актуальной научной задачи** разработки методов и алгоритмов повышения точности автоматизированной диагностики остеоартрита по цифровым рентгенограммам без использования априорной информации о форме объектов. Предложенные автором диссертации решения строго обоснованы и оценены по сравнению с другими известными решениями. В диссертации отсутствуют заимствования без ссылок на авторов или источник заимствования. Приведены ссылки на все использованные в диссертации результаты научных работ, выполненные соискателем лично и в соавторстве. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Диссертация Михайличенко Алексея Андреевича на тему «Методы и алгоритмы автоматизированной диагностики остеоартрита по рентгенографическим изображениям» является завершенной научно-квалификационной работой, обладающей теоретической и практической значимостью, внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку и соответствует критериям положения «О присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (в редакции от 30.11.2021 г., приказ №260-ОД) предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

11