

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора

Сизикова Валерия Сергеевича

на диссертационную работу Егошина Ивана Александровича на тему

«Исследование методов и разработка алгоритмов обработки

суммационных маммографических изображений»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических

наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование,

численные методы и комплексы программ»

Целью диссертационной работы Егошина И.А. является повышение точности и достоверности неинвазивной диагностики рака молочной железы посредством разработки и улучшения алгоритмов обработки и анализа суммационных маммографических изображений.

Актуальность выбранной темы исследования. В настоящее время имеет место большой интерес к цифровым технологиям обработки и анализа медицинских изображений, так как их внедрение в клиническую практику позволяет повысить выявление различных патологических процессов на их ранних стадиях и, соответственно, раньше начать необходимое лечение.

В диссертационной работе Егошина И.А. в качестве медицинских изображений рассматриваются *суммационные маммографические изображения* (маммограммы с учетом суммирования структур на разной глубине), которые являются результатом рентгенографии молочной железы и используются для скрининга онкологических (раковых) заболеваний. Рак молочной железы характеризуется высокими показателями как заболеваемости, так и смертности, поэтому актуальным является применение любых систем компьютерной диагностики, позволяющих повысить его выявление.

При реализации таких систем используются различные *методы обработки* цифровых изображений, включая методы на основе адаптивного порога и методы глубокого обучения, которые считаются перспективными на сегодняшний день. Однако эффективность этих методов в клинической практике может быть недостаточно стабильной из-за различий в характеристиках маммографических изображений и патологических очагов, встречающихся на них.

Соискатель Егошин И.А. предлагает новые алгоритмы и методы обнаружения, сегментации и классификации патологических образований молочной железы на маммограммах на основе предложенных модельных положений, основными идеями которых яв-

ляется то, что линии уровня, построенные в окрестности вершины патологического образования, являются подобными фигурами, а модуль градиента подозрительного изменения на маммограмме растет в направлении от вершины изменения к его границе. Также автор уделяет особое значение использованию нетипичных патологических случаев при оценке эффективности работы алгоритмов, что более значимо в клинической практике.

Обзор диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех основных глав, выводов, заключения и практических рекомендаций. Текст диссертации изложен на 155 страницах.

Во *введении* Егошин И.А. представляет тему работы, обосновывает ее актуальность, формулирует цели и задачи диссертационного исследования.

В *первой главе* автор анализирует особенности маммографических изображений молочных желез, описывает основные характеристики различных патологических изменений на них и предоставляет данные о частоте их выявления врачами-рентгенологами в процессе маммографического скрининга. Результаты анализа демонстрируют необходимость разработки систем *автоматической диагностики изменений в молочных железах*. Далее в первой главе рассматриваются существующие методы обнаружения, сегментации и классификации изменений молочной железы, которые разделены на четыре группы: методы на основе адаптивного порога, методы на основе анализа областей изображения, методы на основе анализа краев или контурного поиска и методы машинного обучения. В конце Егошиным И.А., на основе проведенного анализа состояния проблемы обработки медицинских изображений, поставлены задачи диссертационного исследования.

Во *второй главе* автором представлены наборы данных маммографии, которые использовались для разработки и тестирования предложенных далее алгоритмов и методов обнаружения, сегментации и классификации патологических изменений. Рассмотрена математическая модель яркости пикселей образования МЖ на маммограмме в виде модели поверхности второго порядка, особенностью которой является то, что линии уровня, построенные в окрестности вершины образования, являются подобными фигурами, а модуль градиента подозрительного изменения растет в направлении от вершины изменения к его границе. На основе рассмотренной модели Егошиным И.А. предлагается оригинальный *алгоритм вложенных контуров*, способный обнаруживать патологические изменения, особенностью которого является анализ линий уровня изображения маммограммы. Затем для задачи обнаружения образований автором рассмотрена возможность использования одноэтапного детектора глубокого обучения YOLOv4, где для обучения модели использовалось более 500 маммограмм. Далее в диссертации предложена *методика сегментации изменений* без искажения границ исследуемого объекта, особенностью которого является

учет особенностей перепада яркости пикселей маммографического изображения, основанная на ранее предложенных модельных положениях. В этой же главе Егошиным И.А. предложены *две методики классификации очаговых изменений на маммограммах*. Отличительной особенностью первого подхода является то, что классифицирующие признаки Харалика, Тамуры и моменты Хью извлекались не по одному изображению, а использовались также его производные, которые были получены дополнительной фильтрацией исходного изображения. Отличительной особенностью второго подхода является использование сети глубокого обучения Inception-ResNet только для извлечения признаков из изображения, а классификация производится методом опорных векторов. Кроме того, для отбора значимых признаков в обоих подходах используется сразу несколько методов: ReliefF, FSCNCA и LASSO. Далее во второй главе автором рассматривается отдельная проблема при обнаружении и классификации изменений являющимися скоплениями кальцинатов, которые не позволяет обнаружить предложенный алгоритм вложенных контуров. Поэтому Егошиным И.А. была разработана отдельная методика, где такие кальцинаты рассматривались в виде модели ярких однородных точек, имеющие резкий перепад яркости на их границах, а сами скопления имеют разное количество объектов разной площади в кластере, разную форму и рассеянность по кластеру.

В *третьей главе* соискателем приводятся *результаты тестирования* разработанных алгоритмов и методов, численные эксперименты и их анализ. Представлены таблицы с результатами работы методик и их эффективность для различных типов изменений на маммограммах. Также автором приводятся сравнения разработанных алгоритмов с существующими методами.

В заключении Егошин И.А. резюмирует основные результаты работы.

В списке используемой литературы содержится 175 наименований.

Значимость полученных результатов. Теоретическая значимость работы состоит в разработке *алгоритма вложенных контуров*, анализирующего линии уровня на изображении. Приведенные результаты дают основания полагать, что подобный подход к анализу изображения обладает точностью, превосходящей или сопоставимой с известными решениями. Считаю, что изучение предложенного алгоритма представляет интерес и потенциально способно повысить качество и эффективность решения прикладных задач.

Практическая значимость работы определяется тем, что использование разработанных методов и алгоритмов повышает точность *анализа маммографических изображений*. Эти методы могут быть применены для создания компьютерной системы диагностики опухолей на ранних стадиях, что помогает в принятии решений о необходимости и стратегии последующего обследования пациентов. Методика на основе алгоритма вложенных

контуров потенциально способна обнаруживать образования на более ранней стадии, что критически важно для повышения шансов на выживание пациенток. Таким образом, внедрение предложенных алгоритмов и методов в клиническую практику может улучшить выявляемость различных вариантов рака молочной железы на ранних стадиях и повысить выживаемость пациенток.

Степень обоснованности и достоверности результатов работы. Все положения и выводы диссертации детально описаны и полностью обоснованы. Достоверность результатов подтверждается численными экспериментами, выполненными с использованием разных данных. Эффективность разработанных алгоритмов подтверждена натурными испытаниями и повторяемостью результатов на больших объемах экспериментальных данных. Результаты Егошина И.А. являются непротиворечивыми, согласуются с результатами, публикуемых в научных трудах. Работа апробирована на научно-технических международных конференциях.

Новизна исследования. Проведенные в рамках диссертационной работы исследования и полученные результаты являются новыми с научной точки зрения. Считаю, что научной новизной обладают следующие полученные автором *результаты*:

- Новый метод для выявления патологических изменений на маммограммах, использующий алгоритм вложенных контуров на основе рассматриваемой модели яркости пикселей образования молочной железы.
- Оригинальный метод сегментации подозрительных изменений на маммографических изображениях, основанный на предложенной модели, где модуль градиента растет в направлении от вершины образования к его границе.
- Новая методика обнаружения кальцинатов на маммографических изображениях, обеспечивающая высокую чувствительность в их выявлении.
- Новый подход к классифицированию доброкачественных и злокачественных скоплений кальцинатов на маммографических изображениях, учитывающий скопления кальцинатов в сосудах в виде модели линейных объектов.

Основные замечания по автореферату и диссертации. В качестве *замечаний* по работе Егошина И.А. можно сформулировать следующие:

1. Не пояснено, что такое суммационные маммографические изображения и чем отличается маммография от рентгеновской компьютерной томографии (РКТ), а также инфракрасной томографии (ИКТ) и ядерно-магнитно-резонансной томографии (МРТ).
2. В работе не обосновано, почему в качестве метода решения задачи обнаружения патологических изменений на маммограммах выбран именно метод YOLO -- метод одноэтапного детектора глубокого обучения.

3. Для предложенной методики обнаружения скоплений кальцинатов не приведено сравнение с другими известными методами. Это позволило бы расширить значимость данного исследования.

4. Приведение в тексте исследования автора возможных областей применения разработанных методов и алгоритмов в других задачах, отличающихся от использования маммограмм, позволило бы расширить применимость диссертационного исследования.

Данные замечания не снижают общей высокой оценки работы в целом.

Общая оценка работы. Диссертационную работу Егошина И.А. «Исследование методов и разработка алгоритмов обработки суммационных маммографических изображений» следует квалифицировать как завершённое научное исследование, выполненное на актуальную тему. Полученные результаты обоснованы и имеют теоретическое и практическое значение. Положения, выносимые на защиту, обладают научной новизной и отражают результаты работы. Эти результаты опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в полной мере прошли апробацию на международных конференциях. Автореферат достаточно полно отражает содержание, основные научные положения и результаты диссертационной работы. Работа выполнена по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и соответствует паспорту специальности.

Заключение. Диссертация Егошина И.А. выполнена на высоком уровне, в которой разработаны, теоретически обоснованы и экспериментально протестированы алгоритмы и методы обработки суммационных изображений. Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку работы. Автореферат раскрывает основное содержание диссертационной работы и отвечает требованиям ВАК.

С учетом вышесказанного, диссертация Егошина И.А. «Исследование методов и разработка алгоритмов обработки суммационных маммографических изображений» является законченной научно-исследовательской работой, и соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней». Считаю, что Егошин Иван Александрович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор,
профессор факультета Программной инженерии и компьютерной техники
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
дом. адрес: 192174, Санкт-Петербург, ул. Седова, 87, кор. 4, кв. 29

моб. тел.: 8-964-380-44-21, e-mail: sizikov2000@mail.ru

Сизиков Валерий Сергеевич

«19» декабря 2024 г.

Фин

Подпись д.т.н. Сизикова Валерия Сергеевича удостоверяю

Ученый секретарь Ученого совета Университета ИТМО

М.Я.

д.т.н., профессор Марусина М.Я.



Подпись
удостоверяю
Начальник ОК
Университета ИТМО *Марусиной М.Я.*
В.М.И.

Полное название организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО)»

Адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А

Телефон: +7(812)232-87-85, <http://www.itmo.ru>, e-mail: od@itmo.ru