




САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086
Тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36
Сайт: www.ssau.ru, e-mail: ssau@ssau.ru
ОКПО 02068410, ОГРН 1026301168310
ИНН 6316000632, КПП 631601001

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор - проректор
по научно-исследовательской работе
Самарского университета
Д.Т.Н., доцент

 Прокофьев А.Б.

2024 года

10 СЕН 2024

№ 252-4702

На № _____ от _____



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Аль-Дарраджи Часиб Хасан Аббуди

«Автоматизированная классификация черезкожных ультразвуковых изображений поджелудочной железы на основе спектрального представления контуров ее границы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения
(технические науки)

Актуальность темы исследования

Алгоритмы машинного обучения способны анализировать огромные объемы данных, выявляя тонкие признаки, которые могут быть упущены человеческим глазом. Это приводит к более точной и ранней диагностике различных заболеваний. Автоматизация классификации медицинских изображений позволяет значительно сократить время, необходимое для анализа изображений, что особенно важно при массовых скринингах и в условиях ограниченных ресурсов. Также необходимо отметить, что результаты, полученные с помощью алгоритмов, менее подвержены влиянию субъективных факторов, таких как усталость врача или индивидуальные особенности восприятия. Алгоритмы могут быть обучены на больших данных, что позволяет выявлять редкие заболевания и патологии, диагностика которых затруднена для человека.

Таким образом, применение автоматизированной классификации черезкожных ультразвуковых изображений поджелудочной железы (ПЖ) приводит к ранней и точной диагностике, что позволяет начать лечение на более ранних стадиях заболевания ПЖ, что, в свою очередь, повышает шансы на успешный исход.

Работа выполнена в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» и в соответствии с научным направлением Юго-Западного государственного университета «Разработка медико-экологических информационных технологий».

Структура и содержание диссертации

Диссертация Аль-Дарраджи Часиб Хасан Аббуди состоит из введения, четырех разделов основного текста, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературных источников.

Список литературы состоит из 118 наименований на русском и английском языках. Анализ состояния проблемы, проведенный в первом разделе диссертации, является достаточно подробным и полным. Итогом такого анализа является обоснование целесообразности решаемых задач, сформулированных в специальном подразделе первого раздела - задач диссертационного исследования.

Во втором разделе диссертации разработаны методы и алгоритмы автоматической сегментации полутонных сложноструктурированных растровых изображений ультразвуковых снимков ПЖ. В целях улучшения обработки изображений предлагается использовать нормализацию проксимальной части ультразвукового изображения.

Исследования, описанные во втором разделе, показали, что анализ трех частот преобразования Уолша в локальном окне может приводить к распознаванию нескольких состояний каждого конкретного пикселя: пиксель может принадлежать области с определенной (пониженной, средней, повышенной) экзогенностью, пиксель может быть границей вертикального или горизонтального перехода экзогенности. Предложено использовать работу

нейронной сети, на входы которой подаются значения частот преобразования Уолша, а с выхода снимаются числовые данные, соответствующие решениям о состоянии каждого пикселя. Предлагается использовать для определения контура ПЖ первые частоты преобразования Уолша вместе с разделением изображения ПЖ на четыре части, что приводит к разбиению задачи поиска контура ПЖ на четыре подзадачи. В каждой подзадаче в зависимости от характера контура ПЖ (горизонтального, вертикального, комбинированного) предлагается использовать свои частоты преобразования Уолша в качестве первичных поисковых признаков.

Так как контур ПЖ должен быть непрерывным и не должен иметь явных разрывов, то перед выделением контура для фильтрации помех рекомендуется производить сглаживание (низкочастотную фильтрацию) изображения.

В третьем разделе разработаны метод и алгоритм поиска пикселей, входящих в границу контура ПЖ. В начале поиска использовалась реперная точка на срединной линии УЗИ снимка, которую определяют по графику свертки изображения с импульсной характеристикой одномерного вейвлета Хаара, что позволяет повысить согласованность, точность и эффективность определения контура.

После определения реперной точки определяется система признаков на изображении для детектирования контура переднего края ПЖ. Разработаны алгоритмы поиска контура ПЖ по зонам поиска. В наиболее сложном для поиска заднем секторе делается вывод, что разные фильтры более эффективны на разных участках этой части контура. Поэтому предлагается вместо одного слабого классификатора использовать композицию (ансамбль) классификаторов. Для настройки композиции классификаторов используют хорошо исследованные алгоритмы машинного обучения – бустинга, в частности, в работе применен метод AdaBoost (Adaptive Boosting).

В четвертом разделе диссертации проведены экспериментальные исследования, отражающие теоретические положения анализа и классификации сложноструктурируемых изображений, обоснованные во втором и третьем разделе диссертации. Осуществлено формирование обучающей выборки для

комбинированного классификатора, на основе которой были обучены и протестированы алгоритм, основанный на AdaBoost для выделения контура границы ПЖ и классификатор заболеваний ПЖ, основанный на спектральном анализе границы сегмента ПЖ.

Разработан комбинированный классификатор для поиска контура границы ПЖ, позволяющий на основе информативных признаков, полученных в результате нелинейных двумерных спектральных преобразований в окнах 32x32 пикселя селектировать пиксели черезкожного УЗИ изображения ПЖ, принадлежащие контуру границы ПЖ и разработано программное обеспечение СППВР при диагностике заболеваний ПЖ, позволяющее формирование базы данных черезкожных УЗИ изображений ПЖ, определять двумерные спектральные преобразования Уолша и Хаара, и формировать из них дескрипторы для комбинированных классификаторов пикселей УЗИ изображений ПЖ, принадлежащих к контуру границы ПЖ, а также предназначенное для обучения полносвязных нейронных сетей, входящих в структуры классификаторов.

В основу работы классификатора заболеваний ПЖ положен анализ формы контура границ ПЖ на УЗИ снимке посредством преобразования Фурье и нейросетевого классификатора (блока принятия решений). Контур границы сегмента описывается двумя непрерывными параметрическими кривыми, которые объединяются в одну кривую, с помощью комплексной функции. Это кривая является циклической и ее можно представить спектром Фурье, воспользовавшись дискретным преобразованием Фурье.

Блок принятия решений реализован на основе нейронной сети (НС) прямого распространения. НС имеет два выхода, которые соответствуют двум разделяемым классам: «РПЖ» и «Индиферентный». На выходах НС присутствуют числа в диапазоне от нуля до единицы, которые интерпретируются как коэффициенты уверенности в принадлежности анализируемого контура к вышеперечисленным классам.

Для оценки качества выделения контура границы поджелудочной железы, разработан способ, основанный на модификации критерии Прэтта.

Для проверки качества выделения контуров ПЖ из созданной базы изображений ПЖ, выбрано 120 черезкожных УЗИ снимков в различных проекциях. Из Базы изображений была выделена обучающая выборка для алгоритма AdaBoost, содержащая 80 снимков, и контрольная (тестовая) выборка, содержащая 40 снимков. В качестве аналога разработанного метода выделения контура был взят детектор Канни.

По выбранным показателям качества классификации снимков УЗИ поджелудочной железы были протестированы различные модели классификаторов для различения сегментов, принадлежащих контуру границы поджелудочной железы, а также снимков класса «онкология» и индифферентный класс. Проведено сравнения показателей точности выделения границ сегмента предложенным методом и известным детектором Канни. Диагностическая чувствительность классификатора заболеваний поджелудочной железы на основе анализа формы границы поджелудочной железы составили 94% что позволяет рекомендовать автоматизированную систему для использования в системах поддержки принятия решений врача ультразвуковой диагностики.

Заключение диссертации содержит формулировки основных результатов и выводов, которые отражают достижение основной цели работы на основе решения задач диссертационного исследования, а также рекомендации по использованию результатов и перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

Таким образом, содержание диссертации позволяет судить о завершенности и необходимой полноте проведенных исследований, а также содержит достаточно материала, свидетельствующего о достоверности и обоснованности полученных выводов. Автореферат отражает основные аспекты диссертационного исследования.

Научная новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций

В работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

- метод выделения контура поджелудочной железы на черезкожном ультразвуковом изображении, заключающийся в использовании детектора состояния пикселей ультразвукового изображения на основе спектральных коэффициентов оконного двумерного преобразования Уолша, отличающийся тем, что селектор спектральных коэффициентов детектора выбирает необходимые спектральные коэффициенты в качестве информативных признаков для поиска контура в зависимости от сегмента поджелудочной железы (левая, правая, дистальная (передняя) и проксимальная (задняя)), где производится поиск контура, позволяющий определять границы контура поджелудочной железы в серошкальном изображении в условиях малых соотношений сигнал-шум;

- автономный поисковый алгоритм выделения проксимального (заднего) контура сложной формы поджелудочной железы на черезкожном ультразвуковом изображении, заключающийся в использовании комбинированного каскадного классификатора, отличающийся использованием множества классифицирующих признаков, основанных на частотах Уолша оконного сканирования, выбранных метаалгоритмом улучшения классификации AdaBoost, позволяющий найти контур поджелудочной железы сложной формы в условиях близко расположенных как гиперэхогенных структур, таких как желчные протоки, так и гипозэхогенных структур, таких, как селезеночная вена, нижняя полая вена;

- классификатор риска заболеваний поджелудочной железы, в основу работы которого положен анализ формы контура границ поджелудочной железы на ультразвуковых изображениях, отличающийся тем, что его дескрипторы определяются по результатам анализа аппроксимированного контура границ поджелудочной железы, обеспечивающий показатели качества классификации на тестовых выборках, в среднем, 90%;

- способ оценки качества алгоритма выделения контура границ поджелудочной железы на черезкожном ультразвуковом изображении, основанный на модифицированном критерии Прэтта, отличающийся технологией определения расстояния между пикселями идеального контура границ

поджелудочной железы и его компьютерной аппроксимацией, позволяющий провести сравнительную оценку эффективности предлагаемого метода.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Обоснованность авторского подхода к разработке и исследованию классификаторов ультразвуковых изображений поджелудочной железы на основе спектрального представления контуров ее границы базируется на всестороннем анализе существующих достижений в данной области, логичности проводимых теоретических рассуждений. Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата, полным соответствием теоретических положений и результатов экспериментальных исследований.

Основные результаты диссертационного исследования изложены в 14 научных работах, из них 2 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, 2 статьи в Международной наукометрической базе Scopus и одно Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Значимость результатов исследования для науки и практики

Значимость полученных в диссертации результатов для науки заключается в развитии теории биотехнических систем медицинского назначения, теории ортогональных преобразований, математической статистики, теории обработки изображений, теории распознавания образов, теории нейронных сетей.

Работа выполнена в рамках реализации программы развития ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» и в соответствии с научным направлением Юго-Западного государственного университета «Разработка медико-экологических информационных технологий».

Результаты работы внедрены в образовательный процесс Юго-Западного государственного университета при подготовке магистров по направлению 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» и прошли испытания в Клиническом Научно-Медицинском центре «Авиценна» г. Курска. Испытания

показали целесообразность их использования в системах поддержки принятия решений при диагностике заболеваний ПЖ.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования

Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию в образовательных, научно-исследовательских и лечебно-профилактических учреждениях, занимающихся вопросами систем поддержки принятия решений для диагностики и прогнозирования заболеваний ПЖ.

Замечания по диссертационной работе

1. В первом разделе диссертации недостаточно полно раскрывается вопрос о том, почему объектом исследования стали именно чрезкожные ультразвуковые изображения ПЖ, а не, допустим, чрезпищеводные ультразвуковые изображения или поперечные снимки КТ.

2. В подразделе 2.1 делается вывод, что анализ контура ПЖ является достаточным для синтеза дескрипторов классификаторов. Однако нет сравнений эффективности таких дескрипторов с традиционными диагностическими параметрами, такими как геометрическими размерами элементов поджелудочной железы.

3. Метод выделения контура поджелудочной железы на ультразвуковых снимках основан на том, что поджелудочная железа будет располагаться в центре снимка. Варианты смещения изображений поджелудочной железы относительно центра и устойчивость в таком случае разработанных алгоритмов не рассмотрена.

4. Не до конца обоснована причина представления контура поджелудочной железы в виде дескрипторов преобразования Фурье, так как преимущества такого подхода не очевидны.

5. Не очень понятно, как оценка точности выделения границ объекта на изображении влияет на показатели качества классификации снимков ПЖ пациентов с онкологическим заболеванием ПЖ (РПЖ) и пациентов без

онкологии, принятых за индифферентный класс. Очевидно, что это две разные (хотя, возможно, и взаимозависимые) задачи.

Общее заключение по диссертационной работе

Перечисленные замечания в целом не снижают научной и практической значимости диссертационной работы. Диссертация Аль-Дарраджи Часиб Хасан Аббуди на тему «Автоматизированная классификация черезкожных ультразвуковых изображений поджелудочной железы на основе спектрального представления контуров ее границы» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи разработки и внедрения в практическое здравоохранение высокоэффективных средств автоматизации классификации медицинских изображений, что позволяет значительно сократить время, необходимое для анализа изображений, что особенно важно при массовых скринингах и в условиях ограниченных ресурсов. Сформулированные выводы достаточно обоснованы, основные полученные результаты в полной мере отражены в имеющихся авторских публикациях, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК РФ и изданиях Scopus. Работа отвечает требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. и требованиям паспорта специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки).

Автор диссертации, Аль-Дарраджи Часиб Хасан Аббуди, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки).

Отзыв обсужден на совместном заседании кафедры «Лазерных и биотехнических систем» и кафедры технической кибернетики ФГАОУВО "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" 5 сентября 2024 года, протокол № 1.

Профессор кафедры технической кибернетики ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева», доктор технических наук, доцент

Ильясова Наталья Юрьевна

Заведующий кафедрой лазерных и биотехнических систем ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», доктор физико-математических наук, профессор,

Захаров Валерий Павлович

Адрес ведущей организации

Россия, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34 Тел. +7 846 335-18-05 (+7 846 332-57-86), e-mail: prok@ssau.ru

Отзыв составлен:

доктором технических наук,

доцентом Ильясовой Натальей Юрьевной,

профессором кафедры технической кибернетики

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева»

443086, г. Самара, Московское шоссе, 34

тел.: 8 (927)7054163

e-mail: ilyasova.nyu@ssau.ru

Научная специальность: 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения

