

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математической теории упругости и биомеханики

**Проектирование и реализация системы автоматизированной диагностики  
деформаций переднего отдела стопы  
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 442 группы  
направления 09.03.03 «Прикладная информатика»  
механико-математического факультета  
Артемяева Ивана Владимировича

Научный руководитель

к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Л.В. Бессонов

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Л.Ю.Коссович

Саратов 2023

**Введение.** Актуальность темы данной работы обусловлена необходимостью разработки более эффективных методов диагностики деформаций переднего отдела стопы. Деформации стопы являются распространенной проблемой, которая может привести к значительным функциональным нарушениям и ограничению качества жизни пациентов. Раннее выявление и точная классификация деформаций являются важными аспектами для определения оптимальной стратегии лечения.

В настоящее время существующие методы диагностики деформаций переднего отдела стопы имеют определенные ограничения и недостатки. Они требуют большого объема времени и опыта со стороны специалиста, что делает процесс диагностики менее эффективным и подверженным субъективным ошибкам. В связи с этим, разработка автоматизированной системы диагностики, основанной на использовании нейронных сетей, является актуальной задачей, которая может значительно улучшить процесс диагностики деформаций стопы.

Такая система позволит получать быстрые и точные результаты диагностики, основанные на анализе фотографий стопы. Она может быть использована в клинической практике для раннего выявления деформаций и определения их степени, что поможет в выборе оптимального плана лечения и предотвращении прогрессирования заболевания. Также разработка автоматизированной системы диагностики стопы имеет потенциал для применения в телемедицине и удаленных консультациях, что повышает доступность диагностических услуг для пациентов в отдаленных регионах.

Таким образом, актуальность данной работы заключается в необходимости разработки эффективной и автоматизированной системы диагностики деформаций переднего отдела стопы, которая будет способствовать более точному и быстрому выявлению деформаций, определению степени их развития и выбору оптимальной стратегии лечения.

**Целью данной работы** является проектирование и реализация системы автоматизированной диагностики деформаций переднего отдела стопы, которая

позволит быстро и точно обнаруживать деформации и определять их степень. Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие **задачи**:

1. Исследовать текущую стадию развития методики диагностики деформаций переднего отдела стопы. Анализируя имеющийся опыт, мы сможем разработать более эффективные методы.

2. Изучить анатомию и функциональные особенности стопы. Понимание структуры стопы и ее функционирования поможет нам лучше понять причины развития деформаций.

3. Проанализировать существующие методы диагностики деформаций переднего отдела стопы для оценки их преимуществ и недостатков. Это поможет нам выявить сильные и слабые стороны существующих подходов и разработать более эффективную систему.

4. Спроектировать систему автоматизированной диагностики деформаций переднего отдела стопы. На основе полученных знаний и анализа необходимых требований создать систему, способную автоматически обнаруживать деформации и определять их степень.

5. Обучить и оценить нейронные сети для выполнения задачи обнаружения деформаций переднего отдела стопы. Обучим нейронные сети на размеченных данных, чтобы система могла автоматически распознавать деформации и их степень

**Объектом исследования** данной работы является набор фотографий ног пациентов с различными болезнями и степенями деформации переднего отдела стопы, а также соответствующие им разметки Labelme в формате json. Соответственные разметки, созданные в процессе исследования, представляют собой набор информации о полигонах каждой из представленной на фотографии ноги и метках этих объектов.

**Предметом исследования** данной работы является разработка системы, основанной на двух моделях нейронных сетей, для сегментации и классификации ног по степени деформации на изображениях. Первая модель отвечает за сегментацию и имеет целью выделить области ног на

изображениях, создавая соответствующие маски. Это позволяет точно определить положение и форму ног. Вторая модель занимается классификацией, где основной задачей является определение степени деформации каждой ноги на основе размеченных данных. Такая система позволяет автоматизировать процесс диагностики и классификации деформаций переднего отдела стопы, обеспечивая быстрое и точное определение степени деформации на основе анализа изображений.

Разработка системы автоматизированной диагностики переднего отдела стопы имеет высокую **практическую значимость**. Эта система позволит ускорить процесс диагностики и повысить ее точность, обеспечивая более быстрое и надежное определение деформаций стопы у пациентов. Автоматическое сегментирование ног на изображениях и классификация их по степени деформации помогут врачам в раннем обнаружении проблем и назначении соответствующего лечения. Кроме того, использование такой системы снизит зависимость результатов диагностики от опыта и квалификации врача, обеспечивая более объективные и надежные результаты. В целом, разработка системы автоматизированной диагностики переднего отдела стопы имеет практическую значимость для оптимизации работы врачей, улучшения качества медицинской помощи и обучения в области диагностики деформаций стопы.

**Работа состоит** из введения, трёх разделов, заключения, списка использованных источников объёмом в 30 наименований и одного приложения. Общий объём работы составляет 48 страниц.

**Основное содержание работы.** Во введение обосновывается актуальность темы работы, практическая значимость разработки автоматизированной системы диагностики деформаций переднего отдела стопы, формулируются цель и задачи, необходимые для реализации рабочего варианта подобной системы.

**В первом разделе** мы занялись изучением теоретической базы по вопросу диагностики деформаций переднего отдела стопы и методологии в данной области.

В первом подразделе "История развития диагностики деформаций переднего отдела стопы" мы провели исследование истории развития диагностики деформаций переднего отдела стопы. Это позволило нам получить представление о предыдущих подходах и методиках, выявить их преимущества и недостатки. Анализ недостатков предыдущих подходов является важным шагом в разработке нашего продукта, поскольку позволяет нам учесть эти недостатки и создать более эффективную систему диагностики деформаций переднего отдела стопы.

Во втором подразделе "Анатомия и функциональные особенности стопы" мы изучили общую информацию о стопе и ее функционировании. Это включало анализ структуры и особенностей стопы, понимание ее анатомии и роли в поддержке и движении человека. Этот подраздел является важным фундаментом для понимания причин развития деформаций переднего отдела стопы, поскольку структурные особенности стопы могут оказывать влияние на формирование патологий.

В третьем подразделе "Патологии переднего отдела стопы и их классификация" мы изучили конкретные заболевания и деформации, связанные с передним отделом стопы, а также их классификацию. Это позволило нам получить более глубокое понимание различных видов деформаций, их симптомов и последствий. Изучение патологий стопы является важным этапом для разработки системы автоматизированной диагностики, поскольку позволяет нам определить конкретные признаки и параметры, которые необходимо учитывать при классификации и определении степени деформации.

В четвертом подразделе "Методы диагностики деформаций переднего отдела стопы" мы изучили различные методы диагностики, используемые для выявления деформаций переднего отдела стопы. Это включало ознакомление с

клиническими и инструментальными методами, а также современными технологиями, применяемыми в диагностике. Изучение этих методов позволило нам определить наиболее эффективные и точные подходы, которые мы можем учесть при разработке нашей системы.

Изучив теоретические данные в каждом из представленных подразделов, мы смогли сформировать наше конкретное представление о том, как необходимо спроектировать, разработать и улучшать нашу систему диагностики

**Во втором разделе** нам, на основе сформированного ранее представления по данной теме, необходимо было заняться проектированием системы диагностики. Необходимо было описать нефункциональные и функциональные требования к этой системе и каждой её части.

В первом подразделе "Описание требований к системе" мы представили общую концепцию разрабатываемого продукта, определили его функции и требования. Мы сформулировали цель по разработке системы автоматизированной диагностики переднего отдела стопы, а также выявили основные функции, которые она должна выполнять. Такой подход позволяет нам четко определить ожидаемые результаты и организовать процесс разработки с учетом установленных требований.

Во втором подразделе "Выбор архитектуры обучения" мы основывались на описанных требованиях к системе и приняли решение разработать две модели: модель сегментации для выделения ног на изображении и модель классификации для определения степени деформации. Мы выбрали общую архитектуру Keras, поскольку она предоставляет гибкость, легкость в использовании и хорошую производительность. Этот выбор обосновывается также наличием необходимых библиотек и инструментов для обучения и оценки моделей.

В третьем подразделе "Проектирование системы обнаружения ног" мы подробно описали процесс проектирования модели сегментации. Мы определили, как будут считываться входные данные, включая изображения ног

и соответствующие разметки, и какие преобразования и предобработку данных необходимо выполнить. Мы также обсудили методы обучения модели на размеченных данных и ожидаемые результаты, такие как точная сегментация ног на изображении.

В четвертом подразделе "Проектирование системы распознавания степени деформации" мы сосредоточились на проектировании модели классификации. Мы определили необходимые данные для классификации, включая параметры и признаки, используемые для формирования классов. Мы также описали использование метода Dropout и распределения Пуассона в качестве ошибки при обучении модели. Важно отметить, что обе модели, сегментации и классификации, будут использоваться совместно для отображения результатов каждой из них на изображении одновременно.

После того, как вся необходимая теоретическая база была изучена, с учётом её были сформированы требования к системе и спроектирована система в целом и каждая её часть в отдельности, **в третьем разделе** мы занялись разработкой данной системы.

В первом подразделе "Предобработка и разметка данных" мы сосредоточились на подготовке и разметке изображений для обучения моделей нейронных сетей. Мы разметили каждое изображение, указав полигоны для каждой ноги и присвоив им соответствующие метки. Далее, данные были организованы в папки, отражающие классы деформации и сторону ноги. Распределением по степеням деформации занимался медицинский эксперт. Мы реализовали считывание данных, создали маски объектов и распределили данные на группы: images (изображения), masks (маски сегментации) и labels (метки классификации). Такая предобработка и разметка данных являются важными этапами для последующего обучения моделей нейронных сетей.

Во втором подразделе "Обучение и визуализация результатов модели сегментации" мы сфокусировались на обучении модели сегментации. Мы выбрали стандартную модель Keras.Sequential с использованием нескольких слоев Conv2D для выполнения свертки. Функцией потерь было выбрано

среднеквадратичное отклонение, а также были определены необходимые метрики качества. Затем мы загрузили данные из `images` и `masks` и провели обучение модели. После обучения мы визуализировали результаты на одном изображении, где была отмечена маска полигон, соответствующий ноге на этом изображении.

В третьем подразделе "Обучение модели классификации и визуализация конечных результатов" мы занялись обучением модели классификации и визуализацией общего результата. Мы также использовали модель `Keras.Sequential` с несколькими слоями `Conv2D` и включили метод `Dropout` для предотвращения переобучения. Мы выбрали распределение Пуассона в качестве функции ошибки и настроили гиперпараметры для обучения модели классификации. Подгрузив данные `images` и `labels`, мы обучили модель классификации. После обучения модели мы визуализировали результаты, добавив на изображение не только полигон, как в предыдущем подразделе, но также и метки классов. Например, для предсказанного класса "2L" на изображении, помимо маски полигона, была отображена метка "Левая Нога, 2 Степень деформации".

**В заключении** нашей работы мы подтвердили успешное выполнение поставленных целей и задач. Мы разработали систему автоматизированной диагностики деформаций переднего отдела стопы, основанную на двух моделях нейронных сетей: модели сегментации для выделения ног на изображении и модели классификации для определения степени деформации.

Достижение поставленной цели прошло через несколько этапов. Вначале мы провели анализ существующих подходов и требований к системе, затем выбрали подходящую архитектуру обучения на основе `Keras`. Далее мы приступили к проектированию системы обнаружения ног и системы распознавания степени деформации. В результате, система диагностики с двумя моделями нейросетей была успешно разработана.

Однако, хотя система была реализована, полученные результаты не достигли ожидаемого уровня. Это может быть обусловлено несколькими

факторами. Во-первых, ограниченное количество доступных данных для обучения моделей может снизить их способность к обобщению и точности предсказаний. Во-вторых, выбор архитектуры и настройка гиперпараметров моделей также могут повлиять на результаты. Возможно, использование более сложных моделей, оптимизация параметров или дополнительная настройка моделей могут привести к улучшению результатов.

Для дальнейшего развития системы автоматизированной диагностики деформаций переднего отдела стопы, можно применить ряд методов. Во-первых, необходимо расширить объем и разнообразие обучающих данных, чтобы улучшить способность моделей к обобщению. Во-вторых, проведение дополнительных исследований и экспериментов с архитектурой моделей, включая использование предобученных моделей и оптимизацию гиперпараметров, может привести к повышению эффективности системы диагностики.

**Заключение.** В данной работе мы успешно достигли поставленных целей и задач, разработав систему автоматизированной диагностики переднего отдела стопы. Эта система состоит из двух моделей нейронных сетей: модели сегментации для выделения ног на изображениях и модели классификации для определения степени деформации. Процесс достижения поставленной цели включал несколько этапов, начиная с анализа требований и выбора подходящей архитектуры нейронных сетей.

Однако, несмотря на успешную разработку системы, результаты обучения оказались не настолько высокими, как ожидалось. Одной из причин низкой точности результатов является ограниченный объем доступных данных для обучения моделей. Недостаточное количество разнообразных обучающих примеров может снизить способность моделей к обобщению и точности предсказаний. В дальнейшем развитии системы следует уделить особое внимание расширению набора данных, чтобы улучшить качество обучения и результаты моделей.

Один из возможных путей развития данной работы заключается в переходе от степеней деформации к "именным" патологиям переднего отдела стопы. В настоящей работе мы использовали степени деформации как отображение нескольких схожих по негативному влиянию "именных" патологий. Расширение набора данных для обучения позволит обучать модель без подобных отображений.

В целом, наша работа позволила разработать систему автоматизированной диагностики переднего отдела стопы, но есть потенциал для ее дальнейшего совершенствования. Расширение объема и разнообразия обучающих данных, переход от степеней деформации к "именным" патологиям и эксперименты с архитектурой моделей и гиперпараметрами помогут повысить точность и эффективность системы диагностики, что в свою очередь может привести к значительному улучшению диагностики и лечения деформаций переднего отдела стопы.

Подобная система, особенно при условии её значительного улучшения, описанного выше, позволит медицинским специалистам ортопедам и травматологам перейти на первичной стадии постановки диагноза от классического метода диагностики, который значительно зависит от опыта конкретного специалиста, и в целом, субъективен, к более точному, а главное быстрому методу диагностики. Более того, возможно использование подобных систем пациентом лично, без участия специалиста. Эти факторы позволяют сказать, что подобная система диагностики способна серьезно уменьшить нагрузку на врачей и систему здравоохранения в области диагностики деформаций переднего отдела стопы.