

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра информатики и программирования

Разработка веб-приложения для анализа сосудов
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 441 группы

направления 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование
информационных систем

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Семячкиной-Глушковой Анастасии Игоревны

Научный руководитель:

Старший преподаватель

Лапшева Е.Е.

подпись, дата

Зав. кафедрой:

к.ф.-м.н, доцент

Огнева М. В.

подпись, дата

Саратов 2026

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Компьютерное зрение является одним из наиболее динамично развивающихся направлений искусственного интеллекта и предоставляет широкие возможности для автоматического анализа и обработки визуальной информации. Современные методы обработки изображений и видеопоследовательностей позволяют выполнять обнаружение, отслеживание и количественный анализ объектов в реальном времени. Особенно важную роль данные технологии играют в биомедицинских исследованиях, где анализ динамических процессов необходим для изучения физиологических и патологических изменений сосудистой системы.

В последние годы методы компьютерного зрения активно применяются в задачах биомедицинской микроскопии и анализа сосудистой активности. Автоматизированная обработка видеоданных позволяет значительно повысить точность измерений, уменьшить влияние человеческого фактора и сократить время обработки экспериментальных результатов. Использование алгоритмов анализа движения особенно актуально при исследовании сократимости сосудов и динамики изменения их диаметра.

Тема бакалаврской работы была предложена в рамках сотрудничества с научно-исследовательской лабораторией «Умный сон», занимающейся исследованием сосудов головного мозга у лабораторных мышей. В ходе проведения экспериментов лаборатория получает большое количество видеоданных микроскопических исследований сосудов. Анализ подобных видеозаписей необходим для оценки сократимости сосудов, изучения динамики изменения их диаметра и последующего исследования физиологических процессов микроциркуляции.

Существующие методы обработки таких данных во многих случаях требуют значительного объёма ручной работы. Исследователям необходимо самостоятельно отслеживать изменение расстояния между стенками сосудов на последовательности кадров, вычислять динамику изменения диаметра

сосудов, строить графики и подготавливать данные для дальнейшего анализа. Подобный подход является трудоёмким, занимает значительное количество времени и повышает вероятность возникновения ошибок при обработке результатов.

В связи с этим возникла необходимость разработки программного инструмента, позволяющего автоматизировать обработку микроскопических видеоданных и предоставлять исследователям готовые результаты анализа. Разрабатываемое приложение должно обеспечивать загрузку видеофайлов, отслеживание движения выбранных точек на стенках сосудов, вычисление изменений расстояния между ними, построение графиков сократимости сосудов и автоматическое формирование файлов с результатами измерений.

Бакалаврская работа посвящена разработке веб-приложения для автоматизированного анализа сократимости сосудов на видеозаписях микроскопических исследований. В рамках исследования используются видеоданные, полученные с помощью микроскопии, на которых необходимо отслеживать изменение расстояния между выбранными точками сосудистой стенки и анализировать динамику изменения диаметра сосудов во времени. Автоматизация данных процессов позволяет существенно сократить время обработки результатов и повысить точность анализа по сравнению с ручными методами.

Актуальность работы обусловлена необходимостью создания удобных и эффективных инструментов анализа биомедицинских видеоданных. Использование автоматизированных методов компьютерного зрения позволяет ускорить проведение исследований, повысить воспроизводимость результатов и обеспечить более точную количественную оценку сократительной активности сосудов.

Цель бакалаврской работы – создание веб-приложения на основе технологий компьютерного зрения, обеспечивающего автоматизированный анализ сократимости сосудов по видеоданным микроскопических исследований с последующим формированием количественных результатов и

их визуализацией.

Поставленная цель определила **следующие задачи:**

1. Изучить методы анализа видеоданных и программные средства их реализации на языке Python.
2. Провести обзор методов отслеживания объектов на видеопоследовательностях и обосновать выбор алгоритма оптического потока Лукаса–Канаде.
3. Разработать алгоритм вычисления изменения расстояния между точками на видеоданных с использованием методов сглаживания траекторий.
4. Реализовать веб-приложение на языке Python с использованием фреймворка Flask.
5. Реализовать механизм построения графиков изменения диаметра сосудов и экспорт результатов анализа в формат CSV.

Методологические основы разработки систем анализа видеоданных и компьютерного зрения представлены в работах И. В. Щербань, В. С. Федотовой, Н. Е. Кириленко, А. И. Либермана, Ж.-И. Буге (J.-Y. Bouguet), Г. Уэлча (G. Welch), Г. Бишопа (G. Bishop), К. Харриса (C. Harris), а также авторов современной научной литературы в области цифровой обработки изображений, оптического потока, трекинга объектов и анализа биомедицинских видеоданных.

Теоретическая значимость работы заключается в систематизации и анализе современных методов обработки видеоданных, алгоритмов отслеживания движения объектов, методов вычисления оптического потока и технологий фильтрации временных рядов применительно к задачам анализа сосудистой активности.

Практическая значимость работы заключается в создании программного средства, автоматизирующего обработку экспериментальных видеоданных, используемых при исследовании сосудов головного мозга. Разработанное приложение обеспечивает получение графиков изменения диаметра сосудов и файлов с результатами анализа, что существенно

сокращает время обработки данных и повышает точность исследований. Программный продукт внедрён в деятельность научно-исследовательской лаборатории «Умный Сон».

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, двух разделов, заключения, списка использованных источников информации и шести приложений. Общий объём работы составляет 57 страниц, из них 44 страницы основного содержания, включая 5 рисунков и цифровой носитель в качестве приложения, список использованных источников информации – 47 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Теоретические основы анализа движения объектов на видеоданных» посвящён изучению теоретических основ компьютерного зрения и методов анализа движения объектов на видеоданных.

В подразделе 1.1 рассмотрены основные принципы цифровой обработки видеоизображений. Описаны особенности представления видеоданных в цифровом виде, структура видеопотока и основные характеристики видео, такие как разрешение, частота кадров и цветовые модели. Проведён обзор современных методов компьютерного зрения, применяемых для обнаружения, распознавания и отслеживания объектов. Особое внимание уделено вопросам автоматизации анализа биомедицинских изображений, поскольку современные исследования сосудистой системы требуют обработки большого объёма экспериментальных данных.

Рассмотрены существующие подходы к анализу движения объектов на последовательности кадров. Показано, что автоматизированный анализ видеоданных позволяет существенно повысить точность измерений по сравнению с ручной обработкой, уменьшить влияние субъективного фактора и обеспечить воспроизводимость результатов исследований.

В подразделе 1.2 подробно исследовано понятие оптического потока как одного из основных методов анализа движения объектов на видео.

Рассмотрены математические основы метода, принцип определения смещения объектов между последовательными кадрами и основные предположения, лежащие в основе вычисления оптического потока.

Проведён обзор наиболее распространённых алгоритмов отслеживания объектов. Особое внимание уделено алгоритму Лукаса–Канаде, который основан на предположении о постоянстве яркости изображения и малых межкадровых смещениях объектов. Рассмотрены преимущества данного алгоритма, включая высокую скорость работы, сравнительно низкие вычислительные затраты и хорошую точность определения координат объектов на видеоданных.

В результате анализа существующих методов было установлено, что алгоритм Лукаса–Канаде является наиболее подходящим для решения поставленной задачи анализа сократимости сосудов, поскольку обеспечивает устойчивое отслеживание выбранных пользователем точек на стенках сосудов и хорошо работает с микроскопическими видеозаписями.

В подразделе 1.3 рассмотрены методы фильтрации данных и сглаживания временных рядов. При анализе видеоданных координаты отслеживаемых точек могут содержать ошибки, связанные с шумами изображения, неравномерностью освещения, особенностями микроскопической съёмки и ограничениями алгоритмов трекинга. В связи с этим возникает необходимость дополнительной обработки результатов измерений.

В работе рассмотрены различные подходы к сглаживанию данных, включая скользящее среднее, фильтр Калмана и медианную фильтрацию. Выполнено сравнение их преимуществ и недостатков применительно к задаче анализа сосудистой активности.

По результатам проведённого анализа был выбран метод медианного сглаживания, позволяющий эффективно устранять единичные выбросы и снижать влияние шумов без существенного искажения исследуемого сигнала. Использование медианного фильтра обеспечивает более стабильное

построение графиков и повышает достоверность вычисляемых характеристик движения.

Таким образом, в первом разделе были изучены теоретические основы компьютерного зрения, рассмотрены современные методы анализа движения объектов на видеоданных и обоснован выбор алгоритмов, использованных при разработке программного средства. Полученные результаты послужили основой для проектирования и реализации веб-приложения для анализа сократимости сосудов.

Второй раздел «Реализация веб-приложения для анализа сократимости сосудов» разработке и реализации программного средства для автоматизированного анализа сосудистой активности.

В подразделе 2.1 выполнен выбор программных средств и технологий разработки. В качестве основного языка программирования использован Python, обладающий широкими возможностями в области научных вычислений, обработки изображений и разработки веб-приложений. Для реализации алгоритмов компьютерного зрения использована библиотека OpenCV, предоставляющая готовые средства работы с изображениями и видеоданными.

Для выполнения численных расчётов применялась библиотека NumPy, обеспечивающая эффективную работу с многомерными массивами данных. Для хранения и обработки результатов использовалась библиотека Pandas, а построение графиков осуществлялось средствами Matplotlib. В качестве серверной платформы выбран микрофреймворк Flask, позволяющий реализовать удобное веб-приложение с минимальными накладными расходами.

В подразделе 2.2 разработана архитектура программного комплекса. Приложение построено по клиент-серверному принципу. Пользователь взаимодействует с системой через веб-интерфейс, который обеспечивает загрузку видеозаписей, выбор анализируемых точек и просмотр результатов обработки.

Серверная часть отвечает за выполнение вычислительных процедур, обработку видеоданных, запуск алгоритмов трекинга и построение итоговых графиков. Такая архитектура обеспечивает разделение пользовательской и вычислительной логики, упрощает сопровождение системы и позволяет в дальнейшем расширять её функциональные возможности.

В подразделе 2.3 реализован основной алгоритм анализа видеоданных. Пользователь загружает видеофайл, после чего приложение извлекает первый кадр и отображает его в интерфейсе. На изображении пользователь вручную выбирает две точки, соответствующие стенкам исследуемого сосуда.

Разработанный алгоритм автоматически отслеживает положение указанных точек на протяжении всей видеозаписи с использованием метода Лукаса–Канаде. Для каждого кадра вычисляются новые координаты точек и определяется евклидово расстояние между ними. Полученные значения формируют временной ряд, характеризующий изменение диаметра сосуда во времени.

Дополнительно реализовано вычисление скорости изменения расстояния между точками. Для этого используется разность соседних значений расстояния с учётом частоты кадров видеозаписи. Полученные показатели позволяют количественно оценивать динамику сосудистой активности и проводить более глубокий анализ исследуемых процессов.

С целью повышения качества результатов разработан модуль медианного сглаживания данных. Его применение позволяет уменьшить влияние случайных шумов и ошибок трекинга, что обеспечивает более стабильное отображение исследуемых зависимостей.

В подразделе 2.4 реализованы средства визуализации и сохранения результатов анализа. Программой автоматически формируются графики изменения расстояния между точками и графики скорости изменения данного расстояния. Дополнительно строятся сглаженные версии графиков, позволяющие более наглядно анализировать динамику сосудистой активности.

Для дальнейшей обработки результатов реализован механизм экспорта данных в формате CSV. Это позволяет использовать полученные результаты в сторонних статистических пакетах и программных средствах анализа данных.

Также проведено тестирование разработанного программного обеспечения на экспериментальных видеоданных, полученных в ходе научных исследований сосудистой системы. Результаты тестирования подтвердили корректность работы реализованных алгоритмов, устойчивость процедуры трекинга и практическую пригодность разработанного приложения для решения исследовательских задач.

По результатам второго раздела было создано полноценное веб-приложение, обеспечивающее автоматизированную обработку микроскопических видеозаписей сосудов, визуализацию результатов анализа и экспорт полученных данных для дальнейших научных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы было разработано веб-приложение на языке Python с использованием фреймворка Flask, предназначенное для анализа сократимости сосудов на видеозаписях микроскопических исследований. Разработанная система обеспечивает полный цикл обработки экспериментальных данных: загрузку видеоматериалов, выбор отслеживаемых точек на стенках сосудов, автоматическое определение их координат, вычисление изменения расстояния между точками во времени, а также визуализацию результатов анализа в графическом виде.

Для решения задачи трекинга реализован алгоритм оптического потока Лукаса–Канаде, позволяющий точно определять смещение выбранных точек между последовательными кадрами видеозаписи. Использование данного метода обеспечило возможность анализа динамики изменения диаметра сосудов и оценки их сократительной активности. Применение медианного

сглаживания траекторий позволило снизить влияние шумов измерений, ошибок трекинга и единичных выбросов координат, что повысило достоверность получаемых количественных характеристик.

Разработанный пользовательский интерфейс обеспечивает удобное взаимодействие исследователя с системой: пользователь может просматривать исходные видеоданные, отмечать интересующие точки на изображении, автоматически получать графики изменения расстояния между стенками сосудов и экспортировать результаты анализа в формате CSV для последующей статистической обработки. Объединение алгоритмов компьютерного зрения, методов обработки сигналов и веб-технологий позволило создать единый инструмент, ориентированный на задачи научного биомедицинского анализа.

Практическая значимость работы подтверждается внедрением разработанного программного обеспечения в деятельность научной лаборатории «Умный Сон». Использование разработанной системы позволило автоматизировать обработку видеоданных, повысить точность измерений и сократить время анализа экспериментальных результатов.

Созданное веб-приложение может использоваться для анализа сократительной активности сосудов и других динамических процессов на микроскопических видеозаписях, а также служит основой для дальнейшего развития программного комплекса. Перспективными направлениями развития являются реализация многоточечного трекинга, автоматическое обнаружение границ сосудов на изображениях и интеграция методов машинного обучения для расширения аналитических возможностей системы.

Таким образом, поставленная цель достигнута, все задачи исследования выполнены, а разработанное программное решение обладает практической значимостью и подтверждённым внедрением в научно-исследовательскую деятельность.

Отдельные части бакалаврской работы были представлены в научных публикациях:

1. Semiachkina-Glushkovskaia A., Blokhina I., Fedosov I., Shirokov A., Tsoy M., Dubrovsky A., Dmitrenko A., Terskov A., Zlatogorskaya D., Adushkina V. et al. NO-ergic mechanisms of age differences in photostimulation of lymphatic drainage, filtration and clearance // Biomedical Optics Express. 2025. Vol. 16. No. 12. P. 5118–5134.
2. Terskov A., Adushkina V., Shirokov A., Navolokin N., Blokhina I., Zlatogorskaya D., Semiachkina-Glushkovskaia A. et al. Sleep is a therapeutic window for photostimulation of drainage of aging brain // Frontiers of Optoelectronics. 2025. Vol. 18. Art. 22.
3. Terskov A., Shirokov A., Blokhina I., Zlatogorskaya D., Adushkina V., Semiachkina-Glushkovskaia A. et al. Age as a limiting factor for effectiveness of photostimulation of brain drainage and cognitive functions // Frontiers of Optoelectronics. 2025. Vol. 18. Art. 6.

Основные источники информации:

1. Щербань И. В., Федотова В. С., Кириленко Н. Е. и др. Метод локализации пространственно-временных паттернов на последовательности биомедицинских изображений. – 2024.
2. Либерман А. И. Решение задачи классификации объектов на изображениях методами компьютерного зрения. – 2024.
3. Bouguet J.-Y. Pyramidal Implementation of the Lucas Kanade Feature Tracker.
4. Welch G., Bishop G. An Introduction to the Kalman Filter.
5. Harris C. Array Programming with NumPy. Nature. – 2022.
6. OpenCV Documentation.
7. Python Documentation.
8. Pandas Documentation.
9. Matplotlib Documentation.
10. Liu B. et al. Integration and Performance Analysis of AI and Computer Vision. – 2023.