

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII  
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică  
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală**

**Admis la susținere  
Șef interimar departament MIB:  
conf.univ., dr. Serghei RAILEAN**

---

**” \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025**

# **MODUL DE ACHIZIȚIE ȘI PROCESARE A DATELOR MULTIMEDIA ÎN APLICAȚII DE TELEMEDICINĂ**

**Teză de master**

**Student:**

**Cerneavschii Anton,  
IBM-231M**

**Conducător:**

**Crețu Vasilii,  
conferențiar universitar, doctor.**

**Chișinău, 2025**

## РЕЗЮМЕ

Магистерская диссертация на тему: *"Модуль сбора и обработки видеоданных для дистанционной диагностики телемедицинского терминала"*

Работа посвящена исследованию и разработке модуля сбора и обработки видеоданных для дистанционной диагностики телемедицинского терминала

Проект направлен на создание высокоэффективного модуля, использующего современные алгоритмы обработки изображений и технологий искусственного интеллекта (ИИ). Модуль обеспечивает возможность анализа видеоизображений пациента в реальном времени для поддержки врачей в процессе диагностики и принятия решений. Основное внимание уделено интеграции видеоданных с электронными медицинскими картами (ЭМК) и созданию решений, способных распознавать аномалии и прогнозировать возможные заболевания.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, видеоданные, телемедицина, дистанционная диагностика, обработка изображений, электронные медицинские карты, медицинские технологии.

**Область исследования:** Работа охватывает направления телемедицины, анализа видеоданных и применения искусственного интеллекта в здравоохранении. Основное внимание уделено разработке алгоритмов для анализа видеоизображений, автоматизации диагностики и повышения точности интерпретации визуальной информации.

**Цель работы:** Основная цель — разработка и внедрение модуля, который обеспечивает сбор, обработку и анализ видеоданных для дистанционной диагностики. Модуль должен улучшить качество диагностики, сократить время обработки информации и повысить доступность телемедицинских услуг для населения.

**Новизна и оригинальность:** Новизна работы заключается в применении современных алгоритмов компьютерного зрения, включая глубокие нейронные сети, для анализа медицинских видеоданных. Это позволяет выявлять патологические изменения в изображениях пациента и прогнозировать возможные осложнения. Оригинальность проекта состоит в создании интеграционной платформы, которая объединяет видеоданные, результаты анализа и ЭМК, обеспечивая врачей удобным инструментом для диагностики и принятия решений.

**Теоретическая значимость:** Работа вносит вклад в развитие теоретической базы по применению алгоритмов компьютерного зрения и ИИ в медицине. Исследование раскрывает подходы к анализу видеоданных, разработке мультифакторных моделей диагностики и улучшению методов визуализации медицинской информации.

**Практическая ценность:** Разработанный модуль имеет высокую прикладную значимость. Он может быть использован в телемедицинских терминалах для повышения точности дистанционной диагностики, автоматизации обработки видеоданных и улучшения взаимодействия между врачами и пациентами. Внедрение такого модуля позволит медицинским учреждениям повысить эффективность оказания услуг и снизить нагрузку на специалистов.

## REZUMAT

Lucrarea de master pe tema: *"Modul pentru colectarea și procesarea datelor video pentru diagnosticul la distanță în cadrul unui terminal de telemedicină"*

Lucrarea este dedicată cercetării și dezvoltării unui modul pentru colectarea și procesarea datelor video pentru diagnosticul la distanță în cadrul unui terminal de telemedicină. Proiectul vizează crearea unui modul extrem de eficient care utilizează algoritmi moderni de procesare a imaginilor și tehnologii de inteligență artificială (IA). Modulul permite analiza în timp real a imaginilor video ale pacienților pentru a sprijini medicii în procesul de diagnostic și luare a deciziilor. O atenție deosebită este acordată integrării datelor video cu dosarele medicale electronice (DME) și creării de soluții capabile să recunoască anomalii și să prezică posibile boli.

**Cuvinte-cheie:** inteligență artificială, date video, telemedicină, diagnostic la distanță, procesare de imagini, dosare medicale electronice, tehnologii medicale.

**Domeniul de cercetare:** Lucrarea acoperă domeniul precum telemedicina, analiza datelor video și aplicarea inteligenței artificiale în domeniul sănătății. Accentul se pune pe dezvoltarea algoritmilor pentru analiza imaginilor video, automatizarea diagnosticului și îmbunătățirea acurateței interpretării informațiilor vizuale.

**Obiectivul lucrării:** Scopul principal este dezvoltarea și implementarea unui modul care asigură colectarea, procesarea și analiza datelor video pentru diagnosticul la distanță. Modulul urmărește îmbunătățirea calității diagnosticului, reducerea timpului de procesare și creșterea accesibilității serviciilor de telemedicină pentru populație.

**Noutatea și originalitatea:** Noutatea lucrării constă în aplicarea algoritmilor moderni de viziune computerizată, inclusiv a rețelelor neuronale profunde, pentru analiza datelor video medicale. Acest lucru permite identificarea schimbărilor patologice în imaginile pacienților și prezicerea posibilelor complicații. Originalitatea proiectului constă în crearea unei platforme integrate care combină datele video, rezultatele analizei și DME, oferind medicilor un instrument convenabil pentru diagnostic și luare a deciziilor.

**Semnificația teoretică:** Lucrarea contribuie la dezvoltarea bazei teoretice pentru utilizarea algoritmilor de viziune computerizată și IA în medicină. Cercetarea explorează abordări de analiză a datelor video, dezvoltarea de modele multifactoriale de diagnostic și îmbunătățirea metodelor de vizualizare a informațiilor medicale.

**Valoarea practică:** Modulul dezvoltat are o semnificație practică ridicată. Acesta poate fi utilizat în terminalele de telemedicină pentru a îmbunătăți acuratețea diagnosticului la distanță, a automatiza procesarea datelor video și a spori interacțiunile dintre medici și pacienți. Implementarea acestui modul

va permite instituțiilor medicale să îmbunătățească eficiența serviciilor și să reducă volumul de muncă al specialiștilor.

## SUMMARY

Master's thesis on the topic: *"Module for Collecting and Processing Video Data for Remote Diagnosis in a Telemedicine Terminal"*

The work focuses on the research and development of a module for collecting and processing video data for remote diagnosis in a telemedicine terminal.

The project aims to create a highly efficient module that leverages modern image processing algorithms and artificial intelligence (AI) technologies. The module enables real-time analysis of patient video images to support physicians in the diagnostic and decision-making processes. Particular attention is paid to the integration of video data with electronic medical records (EMRs) and the creation of solutions capable of detecting anomalies and predicting potential diseases.

**Keywords:** artificial intelligence, video data, telemedicine, remote diagnosis, image processing, electronic medical records, medical technologies.

**Field of Research:** The work covers the fields of telemedicine, video data analysis, and the application of artificial intelligence in healthcare. The focus is on developing algorithms for video image analysis, automating diagnosis, and improving the accuracy of visual data interpretation.

**Objective of the Work:** The main goal is to develop and implement a module that ensures the collection, processing, and analysis of video data for remote diagnosis. The module aims to enhance diagnostic quality, reduce processing time, and improve the accessibility of telemedicine services for the population.

**Novelty and Originality:** The novelty of the work lies in applying modern computer vision algorithms, including deep neural networks, for the analysis of medical video data. This approach enables the identification of pathological changes in patient images and the prediction of potential complications. The originality of the project lies in creating an integrated platform that combines video data, analysis results, and EMRs, providing physicians with a convenient tool for diagnosis and decision-making.

**Theoretical Significance:** The work contributes to the development of the theoretical basis for using computer vision algorithms and AI in medicine. The research explores approaches to video data analysis, the development of multifactorial diagnostic models, and improvements in methods for visualizing medical information.

**Practical Value:** The developed module has high practical significance. It can be used in telemedicine terminals to improve the accuracy of remote diagnosis, automate video data processing, and enhance interactions between physicians and patients. The implementation of this module will enable medical institutions to improve service efficiency and reduce the workload on specialists.

## **СПИСОК РИСУНКОВ, ГРАФИКОВ, ДИАГРАММ И СХЕМ**

**Рисунок 1.1.** Общее представление проекта

**Рисунок 1.2.** Базовое устройство чтения видеоданных и изображений.

**Рисунок 2.1.** Стек технологий для разработки комбинированной платформы обработки видеоданных.

**Рисунок 2.2.** Представление лиц в контексте датасетов

**Рисунок 2.3.** Представление значащих параметров лица для определения заболеваний

**Рисунок 3.1.** Стек технологий для работы с Unity в контексте нейросетей

**Рисунок 3.2.** Визуализация работы нейросетей в Unity

**Рисунок 3.3.** Работа с Unity Package Manager

**Рисунок 3.4.** API подключения к серверу

**Рисунок 3.5.** Формат соединения с сервером через протоколы

**Рисунок 3.6.** BestHTTP представление

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>14</b>
<b>1. СБОР И ОБРАБОТКА ВИДЕОДАНЫХ В БИМЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ ....</b>	<b>15</b>
1.1. Сбор видеоданных в биомедицинской инженерии.....	15
1.2. Обработка видеоданных в биомедицинской инженерии.....	17
1.3. Разница между обработкой видеоданных и данных статических изображений	20
1.4. Сбор видеоданных с помощью приложений Unity.....	23
1.5. Машинное обучение (МО) в работе со статическими визуальными данными в медицинской инженерии .....	28
1.6. Сжатие данных изображений в базе данных машинного обучения.....	32
Вывод .....	35
<b>2. ОБУЧЕНИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВИДЕОДАНЫХ .....</b>	<b>38</b>
2.1. Процесс обучения алгоритму МО для анализа данных изображений в телемедицине.....	38
2.2. Обзор современных подходов к обработке изображений лиц.....	41
2.3. Датасеты и предварительная обработка данных .....	43
2.4. Архитектура модели машинного обучения.....	45
2.5. Обучение и оценка модели .....	47
2.6. Подготовка модели ResNet18.....	51
Вывод .....	52
<b>3. ИНТЕГРАЦИЯ МОДЕЛИ И МОДУЛЯ ОБРАБОТКИ ВИДЕОДАНЫХ С UNITY, СЕРВЕРНАЯ ОБРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ .....</b>	<b>54</b>
3.1. Работа с ONNX и интеграция моделей в Unity .....	54
3.2. Работа с Unity Barracuda, улучшенная интеграция моделей.....	55
3.3. Интеграция UniTask, соединение с Unity Barracuda .....	56
3.4. Работа с сервером, интеграция в Unity .....	59
3.5. Интеграция BestHTTP, улучшение взаимодействия с сервером.....	63
Вывод .....	66
<b>ВЫВОДЫ .....</b>	<b>68</b>

<b>БИБЛИОГРАФИЯ.....</b>	<b>71</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ .....</b>	<b>74</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Телемедицина, как инновационная область здравоохранения, предоставляет уникальные возможности для оказания медицинской помощи на расстоянии, что особенно актуально в условиях удаленности населенных пунктов, дефицита медицинских специалистов или ограниченной мобильности пациентов.[1] Центральным элементом телемедицинских технологий является оборудование, обеспечивающее сбор, обработку и передачу данных. Одним из ключевых модулей такого оборудования является система работы с видеоданными.[2]

Модуль сбора и обработки видеоданных в телемедицинском терминале играет критически важную роль в удаленной диагностике, позволяя не только визуализировать состояние пациента, но и осуществлять анализ полученной информации. Такой модуль способен считывать лица и состояние людей, а также предопределять возможные заболевания на основе видеоданных. Это обеспечивает врачей объективной и своевременной информацией для постановки диагноза и принятия решений.[3]

Цель данной работы — разработка модуля сбора и обработки видеоданных для телемедицинского терминала, который обеспечивает возможность удаленной диагностики с учетом особенностей различных клинических сценариев. В рамках исследования рассматриваются вопросы интеграции аппаратных и программных компонентов модуля, оптимизации процессов обработки видеоданных, включая алгоритмы анализа лиц и состояний, а также обеспечения их надежной передачи в условиях ограниченной пропускной способности сетей.

Проведение такого рода исследований и разработок имеет не только научное, но и практическое значение, так как способствует улучшению доступности и качества медицинской помощи. Создание эффективного модуля сбора и обработки видеоданных позволит существенно повысить функциональность телемедицинских систем, сделав их более удобными и полезными как для медицинских работников, так и для пациентов.[4]

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Э. Тополь, Искусственный интеллект в медицине: Как умные технологии меняют подход к лечению. Альпина Паблишер, 2021.
2. С.В. Гарбук, Д.Е. Шарова, Ю.А. Васильев, “Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Первая в мире серия национальных стандартов,” Стандарты и качество, 2023, №1 (1027), с. 46–51. [посещено 30.12.2024], [Online]. Доступно: <https://publications.hse.ru/view/850623299>
3. О.П. Мяснянкина, Н.Н. Пронькин, “Достижения и перспективы искусственного интеллекта в медицине,” Вестник новых медицинских технологий, 2023, т. 30, №2, с. 25-30. [посещено 20.10.2024], [Online]. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/n/dostizheniya-i-perspektivy-iskusstvennogo-intellekta-v-meditsine>
4. Э. Гомес-Гонсалес и др., “Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении: обзор и классификация текущих и перспективных приложений и их этическое и социальное воздействие,” arXiv preprint arXiv:2001.09778, 2020. [посещено 11.09.2024], [Online]. Доступно: <https://arxiv.org/abs/2001.09778>
5. ITU-T и ISO/IEC JTC1, “Стандарт сжатия видео H.264/MPEG-4 AVC.” [посещено 09.12.2024], [Online]. Доступно: <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.264>
6. К. Хе, Х. Чжан, С. Жэнь, Дж. Сун, “Глубокое остаточное обучение для распознавания изображений,” Труды IEEE конференции по компьютерному зрению и распознаванию образов (CVPR), 2016, с. 770-778. [посещено 16.11.2024], [Online]. Доступно: <https://arxiv.org/abs/1512.03385>
7. А. Досовицкий и др., “Изображение стоит 16x16 слов: Трансформеры для распознавания изображений в масштабе,” ICLR, 2021. [посещено 21.11.2024], [Online]. Доступно: <https://arxiv.org/abs/2010.11929>
8. О. Роннебергер, П. Фишер, Т. Брокс, “U-Net: Сверточные сети для сегментации биомедицинских изображений,” MICCAI, 2015, т. 9351, с. 234-241. [посещено 30.10.2024], [Online]. Доступно: <https://arxiv.org/abs/1505.04597>
9. С.С. Михайлов, “Искусственный интеллект и его применение в медицине,” Современные инновации, 2023. [посещено 26.11.2024], [Online]. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-i-ego-primeneniye-v-meditsine>
10. Ш. Шохрадов, “Искусственный интеллект в медицине,” Научный журнал Наука и мировоззрение, 2022. [посещено 18.10.2024], [Online]. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-meditsine-7>

11. Е.П. Поряева, В.А. Евстафьева, “Искусственный интеллект в медицине,” Современные инновации, 2023. [посещено 23.10.2024], [Online]. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-meditsine-1>
12. А. Криспин, “Искусственный интеллект в здравоохранении: возможности и вызовы,” Журнал медицинских систем, 2024, т. 48, №2, с. 15-22.
13. Дж. Смит, “Применение машинного обучения в диагностике заболеваний,” Международный журнал медицинской информатики, 2023, т. 157, с. 104-112.
14. M. de Bruijne, “Machine learning approaches in medical image analysis: From detection to diagnosis,” *Med. Image Anal.*, vol. 33, pp. 94–97, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.06.032>.
15. C. S. Kruse, B. Frederick, T. Jacobson, and D. K. Monticone, “Cybersecurity in healthcare: A systematic review of modern threats and trends,” *Technol. Heal. care Off. J. Eur. Soc. Eng. Med.*, vol. 25, no. 1, pp. 1–10, 2017, doi: 10.3233/THC-161263.
16. Е.Ивтушок, Сбор датастов лиц [посещено 09.12.2024], [Online]. Доступно: <https://nplus1.ru/news/2019/09/21/generated-faces>
17. ПФК Обновление, “Что такое желтуха” [посещено 09.12.2024], [Online]. Доступно: <https://www.renewal.ru/voprosy-zdorovya/chto-takoe-zheltukha/>
18. E. Hossain *et al.*, “Natural Language Processing in Electronic Health Records in relation to healthcare decision-making: A systematic review,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 155, p. 106649, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.compbiomed.2023.106649.
19. J. Greiwe and S. M. Nyenhuis, “Wearable Technology and How This Can Be Implemented into Clinical Practice.,” *Curr. Allergy Asthma Rep.*, vol. 20, no. 8, p. 36, Jun. 2020, doi: 10.1007/s11882-020-00927-3.[посещено 12.01.2025],[Online].  
Доступно: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6461432/>
20. Microsoft, “ONNX Runtime.” [посещено 09.12.2024], [Online]. Доступно: <https://github.com/microsoft/onnxruntime>
21. Microsoft, “C# language documentation.” [attended 12.01.2025], [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>
22. Г. Литъенс и др., “Обзор глубокого обучения в анализе медицинских изображений,” *Medical Image Analysis*, 2017, т. 42, с. 60-88. [посещено 05.09.2024], [Online]. Доступно: <https://arxiv.org/abs/1702.05747>
23. *Transactions on Medical Imaging*, 2024, т. 43, №1, с. 5-25.
24. “Predictive Analytics in Healthcare: Opportunities and Challenges.” [Online]. Available: <https://dataflog.com/read/predictive-analytics-in-healthcare-opportunities-and-challenges/>
25. B. Qudah and K. Luetsch, “The influence of mobile health applications on patient - healthcare

provider relationships: A systematic, narrative review,” *Patient Educ. Couns.*, vol. 102, no. 6, pp. 1080–1089, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pec.2019.01.021>.