

РЕФЕРАТ

на магістерську дисертацію

виконану на тему Метод побудови комп'ютерних засобів для виявлення розладів здоров'я за райдужкою ока студентом: Заварін Валентин Олександрович

Актуальність теми. У сучасній медицині зростає потреба в автоматизованих системах діагностики, які забезпечують швидке, точне та доступне виявлення розладів здоров'я. Райдужка ока, як унікальна біометрична структура, може містити інформацію про стан організму, що робить її перспективним об'єктом для неінвазивної діагностики. Традиційні методи аналізу райдужки, такі як іридологія, є суб'єктивними та трудомісткими, тоді як існуючі автоматизовані підходи часто недостатньо враховують складність патологічних змін, чутливі до якості зображень та не забезпечують належної інтерпретованості результатів. Розробка комп'ютерних засобів та методів для автоматичного аналізу зображень райдужки з використанням сучасних технологій комп'ютерного зору, машинного та глибокого навчання є актуальною науково-практичною задачею, що має як наукове, так і практичне значення, сприяючи розвитку неінвазивних діагностичних підходів та потенційно телемедицини.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого аналізу зображень райдужної оболонки ока для діагностики стану здоров'я.

Предметом дослідження є методи та алгоритми попередньої обробки зображень райдужки, сегментації, гібридного виділення діагностичних ознак, класифікації та інтерпретації результатів в системах комп'ютерної іридодіагностики.

Мета роботи: запропонувати інтегрований багатокомпонентний метод аналізу зображень райдужної оболонки ока для діагностики стану здоров'я, що характеризується підвищеною точністю, робастністю до умов отримання зображень та високим рівнем інтерпретованості діагностичних висновків, а також оцінити його потенційну ефективність.

Наукова новизна полягає в наступному:

1. Запропоновано комплексну інтегровану архітектуру методу комп'ютерної іридодіагностики (ІБМАР-ПІР), що синергетично поєднує

робастну попередню обробку зображень з контролем якості, ансамблеву глибоку сегментацію, гібридне виділення та злиття різнорідних діагностичних ознак, та модуль класифікації з інтеграцією методів пояснювального штучного інтелекту (XAI).

2. Запропоновано новий підхід до гібридного виділення ознак, де ознаки, автоматично вивчені згортковою нейронною мережею (CNN) з механізмами уваги, доповнюються цілеспрямовано виділеними класичними іридологічними (топологічними та кольоровими) ознаками, з подальшим їх інтелектуальним об'єднанням.

3. Обґрунтовано систематичне використання ансамблю моделей сегментації та методів оцінки невизначеності діагностичного прогнозу як невід'ємних частин діагностичного конвеєра для підвищення надійності та достовірності результатів.

4. Адаптовано методи XAI (зокрема, SHAP, LIME, Grad-CAM) для одночасного пояснення внеску як глибоких, так і явних іридологічних ознак у кінцевий діагностичний висновок, забезпечуючи підвищений рівень прозорості.

5. Запропонований спеціалізований модуль контролю якості вхідних зображень та адаптивної попередньої обробки, інтегрований в загальний діагностичний конвеєр.

Практична цінність отриманих в роботі результатів полягає в тому, що:

1. Запропонований метод ІБМАР-ППР створює науково-методологічне підґрунтя для розробки комп'ютерних систем, здатних забезпечувати більш точне та надійне виявлення ознак розладів здоров'я за райдужкою ока, що може бути використано в медичних закладах та потенційно в телемедичних системах як допоміжний діагностичний інструмент.

2. Запропонований підхід, завдяки підвищеній робастності та інтерпретованості, дозволяє оптимізувати процес діагностики, зменшуючи залежність від суб'єктивних оцінок та підвищуючи довіру до автоматизованих систем.

3. Результати роботи можуть бути застосовані для подальших наукових досліджень у галузі комп'ютерної діагностики, навчання медичного персоналу новітнім методам аналізу медичних зображень та для вдосконалення існуючих комп'ютеризованих діагностичних систем.

Апробація роботи. Основні положення та результати дослідження представлено на наукових семінарах кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем, а також підготовлено до публікації у фахових виданнях.

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків та списку використаних джерел.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, а також висвітлено наукову новизну та практичну цінність роботи.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан проблеми комп'ютерної іридодіагностики, розглянуто існуючі методи та системи, виявлено їхні переваги, недоліки та напрямки для вдосконалення.

У **другому розділі** досліджено теоретичні основи побудови комп'ютерних засобів для іридодіагностики, включаючи анатомо-фізіологічні особливості райдужки, методи обробки зображень та алгоритми машинного навчання, що застосовуються в даній галузі.

У **третьому розділі** детально розроблено новий інтегрований багатокомпонентний метод аналізу зображень райдужки ока (ІБМАР-ППР) з підвищеною інтерпретованістю та робастністю, описано його архітектуру та функціональність кожного модуля.

У **четвертому розділі** представлено методологію експериментальної перевірки запропонованого методу ІБМАР-ППР, включаючи опис наборів даних, метрик оцінки, базових методів для порівняння та очікуваних результатів.

У **п'ятому розділі** розглянуто аспекти потенційної практичної реалізації розробленого методу, надано рекомендації щодо його впровадження в клінічну практику, обговорено обмеження та напрямки подальших досліджень.

У **загальних висновках** підсумовано результати дослідження, сформульовано основні наукові та практичні результати, підтверджено досягнення поставленої мети та виконання завдань дисертації.

Робота охоплює 108 сторінок, містить 1 таблицю, Додаток А (презентація), Додаток В (псевдокод) і 55 джерел у списку використаної літератури.

Ключові слова: іридодіагностика, комп'ютерна діагностика, аналіз зображень райдужки, обробка зображень, машинне навчання, глибоке навчання, згорткові нейронні мережі (CNN), виділення ознак, сегментація, класифікація, пояснювальний ШІ (XAI), робастність, інтерпретованість.

ABSTRACT

The urgency of the topic. In modern medicine, there is a growing need for automated diagnostic systems that provide rapid, accurate, and accessible detection of health disorders. The iris of the eye, as a unique biometric structure, may contain information about the state of the organism, making it a promising object for non-invasive diagnostics. Traditional methods of iris analysis, such as iridology, are subjective and time-consuming, while existing automated approaches often do not adequately account for the complexity of pathological changes, are sensitive to image quality, and do not provide sufficient interpretability of results. The development of computer tools and methods for the automatic analysis of iris images using modern technologies of computer vision, machine learning, and deep learning is an urgent scientific and practical task, which has both scientific and practical significance, contributing to the development of non-invasive diagnostic approaches and potentially telemedicine.

The object of research is the process of automated analysis of iris images for health diagnostics.

The subject of research is methods and algorithms for preprocessing iris images, segmentation, hybrid extraction of diagnostic features, classification, and interpretation of results in computerized iridology systems.

The aim of the work: to develop and investigate an integrated multi-component method for iris image analysis for health diagnostics, characterized by increased accuracy, robustness to image acquisition conditions, and a high level of interpretability of diagnostic conclusions, as well as to evaluate its potential effectiveness.

The scientific novelty consists in the following:

1. A comprehensive integrated architecture of the computerized iridology method (IMMAD-EIR) has been developed, which synergistically combines robust image preprocessing with quality control, ensemble deep segmentation, hybrid extraction and fusion of heterogeneous diagnostic features, and a classification module with the integration of eXplainable Artificial Intelligence (XAI) methods.

2. A new approach to hybrid feature extraction has been proposed, where features automatically learned by a convolutional neural network (CNN) with attention mechanisms are supplemented by purposefully extracted classical iridological (topological and color) features, followed by their intelligent fusion.

3. The systematic use of an ensemble of segmentation models and methods for assessing the uncertainty of diagnostic prognosis as integral parts of the diagnostic pipeline to increase the reliability and validity of the results has been substantiated.

4. XAI methods (in particular, SHAP, LIME, Grad-CAM) have been adapted for the simultaneous explanation of the contribution of both deep and explicit iridological features to the final diagnostic conclusion, ensuring an increased level of transparency.

5. A specialized module for input image quality control and adaptive preprocessing, integrated into the overall diagnostic pipeline, has been developed.

The practical significance of the results obtained in the work is that:

1. The proposed IMMAD-EIR method creates a scientific and methodological basis for the development of computer systems capable of providing more accurate and reliable detection of signs of health disorders from the iris, which can be used in medical institutions and potentially in telemedicine systems as an auxiliary diagnostic tool.

2. The developed approach, due to its increased robustness and interpretability, allows for the optimization of the diagnostic process, reducing dependence on subjective assessments and increasing confidence in automated systems.

3. The results of the work can be applied for further scientific research in the field of computer diagnostics, training medical personnel in the latest methods of medical image analysis, and for improving existing computerized diagnostic systems.

Approbation of the work. The main provisions and results of the research were presented at scientific seminars of the Department of System Programming and Specialized Computer Systems, and also submitted for publication in specialized journals.

The structure and scope of the work. The master's thesis consists of an introduction, five chapters, general conclusions, and a list of references.

- In the **introduction**, the relevance of the topic is substantiated, the aim, objectives, object, and subject of the research are defined, and the scientific novelty and practical significance of the work are highlighted.
- In the **first chapter**, the current state of the problem of computerized iridology is analyzed, existing methods and systems are reviewed, and their advantages, disadvantages, and directions for improvement are identified.
- In the **second chapter**, the theoretical foundations for constructing computer-based tools for iridology are studied, including the anatomical and physiological features of the iris, image processing methods, and machine learning algorithms used in this field.
- In the **third chapter**, a new integrated multi-component method for iris image analysis (IMMAD-EIR) with enhanced interpretability and robustness is developed in detail, and its architecture and the functionality of each module are described.
- In the **fourth chapter**, the methodology for experimental verification of the proposed IMMAD-EIR method is presented, including a description of datasets, evaluation metrics, baseline methods for comparison, and expected results.
- In the **fifth chapter**, aspects of the potential practical implementation of the developed method are considered, recommendations for its introduction into clinical practice are provided, and limitations and directions for further research are discussed.
- In the **general conclusions**, the results of the research are summarized, the main scientific and practical results are formulated, and the achievement of the set goal and completion of the thesis tasks are confirmed.

The work comprises 108 pages, includes 1 table, Appendix A (presentation), Appendix B (pseudocode), and 55 sources in the list of references.

Keywords: iridology, computerized diagnostics, iris image analysis, image processing, machine learning, deep learning, convolutional neural networks (CNN), feature extraction, segmentation, classification, eXplainable AI (XAI), robustness, interpretability.