

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

DOI: 10.61726/6823.2024.96.75.001

УДК С 620.9.:658.40

**СЕТЬ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗ**В.А. ВИШНЯКОВ<sup>1</sup>, И. ЧЖАО<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,  
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220600, Беларусь  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2929-8958>

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,  
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220600, Беларусь  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2685-2842>

Поступила в редакцию 19 ноября 2023

Цель статьи – использовать машинное обучение для диагностирования катаракты, диабетической ретинопатии, покраснения по анализу радужной оболочки глаза (РОГ). Данные, используемые в процессе анализа, взяты из набора данных «Идентификация глазных заболеваний». Подход, используемый в статье, основан на модели классификации с использованием машинного обучения. Сначала из изображения РОГ были извлечены признаки, использование алгоритма K-S для обнаружения и выделения пигментных пятен, оптимизация. Затем выполнено машинное обучение сверточной нейронной сети (CNN) на основе этих признаков. Обученная CNN встроена в структуру сети Интернет вещей для ИТ-диагностики пациента по РОГ. В процессе распознавания трех заболеваний точность классификации модели достигла более 80 %.

*Ключевые слова:* радужная оболочка глаза, машинное обучение, сверточная нейронная сеть, сеть ИВ ИТ-диагностики.

**Введение.** Диагностика радужной оболочки глаза позволяет определить уровень здоровья человеческого организма по изменениям характеристик текстуры радужной оболочки. Завитки, ямки, пигментные пятна и радиальные бороздки в радужной оболочке человека и их расположение отражают текстурные характеристики радужной оболочки. Медицина радужной оболочки (иридология), основанная на морфологии, наблюдает, предсказывает и делает выводы об общем состоянии человеческого организма, состоянии здоровья, возникновения заболеваний путем изучения морфологических изменений радужной оболочки глаза, таких как изменения цвета, цветовых пятен, структуры и зрачка [1]. Когда органы в теле меняются, радужная оболочка также меняется. Наблюдение за изображением радужной оболочки подобно наблюдению за органом тела. Выявление состояния здоровья с помощью радужной оболочки, наблюдение за тем светлая она или темная, есть ли отверстия или повреждения, цвет радужной оболочки и т. д., помогает на ранней стадии выявить первопричину заболевания и обеспечить целенаправленное и своевременное лечение [2].

Диагностика радужной оболочки проводится путем фотографирования глаза при естественном освещении, а затем врач проводит соответствующий анализ изображения. Сеть Интернет вещей для диагностики здоровья человека на основе данных радужной оболочки глаза

может обеспечить быструю и точную диагностику [3]. В работе [4] авторы предложили концепцию ИТ-диагностики по РОГ. Целью статьи является разработка модели нейронной сети для распознавания катаракты, диабетической ретинопатии, покраснения по анализу радужной оболочки глаза, ее обучение, включение ее в состав сети ИВ ИТ-диагностики, проведение экспериментов.

**Данные о радужной оболочке глаза для ИТ-диагностики.** Чтобы сделать диагностику системы более точной, для создания сети ИВ для диагностики человека на основе данных радужной оболочки глаза требуется большое количество образцов радужной оболочки человеческого глаза в качестве поддержки. Эти данные используются для обучения и верификации модели нейронной сети. Набор данных «Идентификация глазных заболеваний», содержит изображения радужной оболочки правого и левого глаз 5000 пациентов, включая изображения радужной оболочки пациентов с диабетической ретинопатией, катарактой и эритемой (красными глазами) [5]. Некоторые изображения, включенные в этот набор данных, показаны на рис. 1.

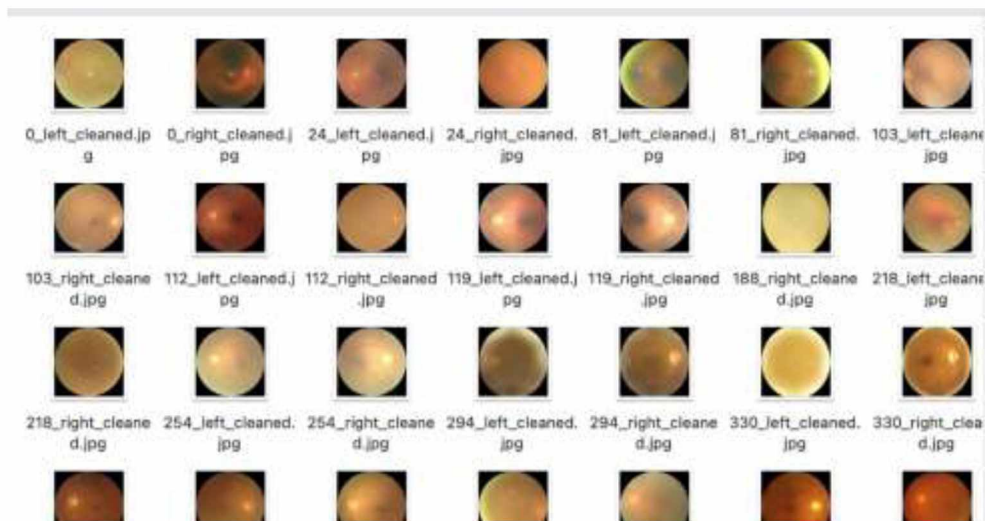


Рис. 1. Некоторые изображения в наборе данных

**Используемая модель CNN.** Моделью машинного обучения, используемой в системе, является сверточная нейронная сеть (CNN). Это архитектура модели глубокого обучения, используемая для обработки и анализа данных с сетчатой структурой, таких как изображения и речь. Основная идея модели CNN заключается в автоматическом извлечении информации об особенностях входных данных через слои свертки с накоплением и выполнением классификации или регрессии через полностью связанные слои [6]. Структура модели CNN показана на рис. 2.

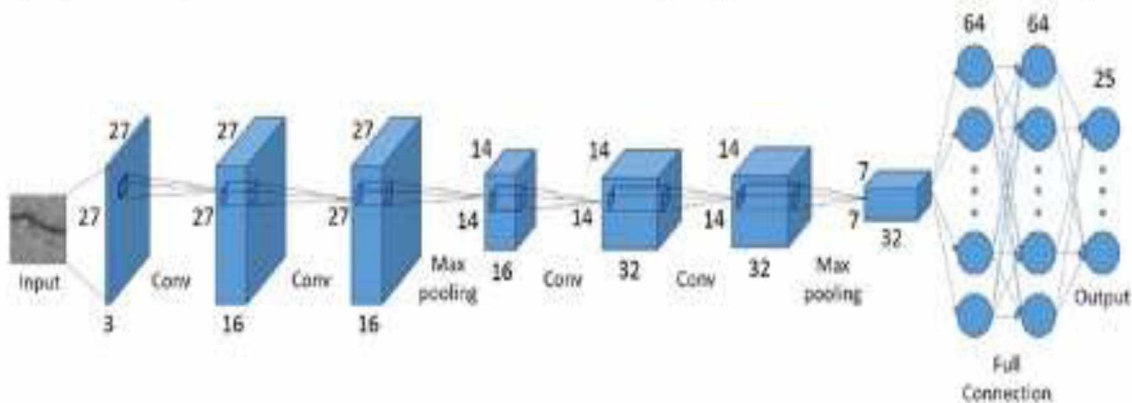


Рис. 2. Структура модели CNN

**Нормализация изображения.** Текстура на изображении глаза имеет координаты, которые представляют размеры изображения радужной оболочки, такие как расширение зрачка.

Радужная оболочка может быть смоделирована двумя неконцентрическими кругами и различными текстурами внутри круга радужной оболочки [7]. Центр зрачка можно использовать в качестве точки отсчета для круга на радужной оболочке. Радиальная линия проходит через область радужной оболочки, известную как радиальное разрешение. Поскольку зрачок эластичен по отношению к радужной оболочке, необходимо изменить масштаб контрольной точки. Уравнение масштабирования вычисляется на основе угла вокруг окружности радужной оболочки [8] с помощью уравнения:

$$r' = \sqrt{\alpha\beta^2 - \alpha - r_i^2} + \sqrt{\alpha\beta} \quad (1)$$

где

$$a = o_x^2 + o_y^2, \quad (2)$$

$$\beta = \cos(\pi - \arctan\left(\frac{o_y}{o_x}\right) - \theta), \quad (3)$$

$r'$  – расстояние между зрачком и радужной оболочкой, в то время как  $\theta$  – краевой угол, основанный на радиусе радужной оболочки.  $o_x$  и  $o_y$  это смещение от центра зрачка  $i$  к смещению центра радужной оболочки.

Изображение радужной оболочки, имеющее круглую форму, необходимо нормализовать в зависимости от угла наклона. Круглая радужная оболочка будет сформирована в двумерный массив с горизонтальными размерами под углами и вертикальными размерами в радиальном направлении [9]. Круглая радужная оболочка будет сформирована в 2D-массив с горизонтальными размерами по углам и вертикальными размерами по радиусам так, что получится прямоугольное изображение, как показано на рис. 3.

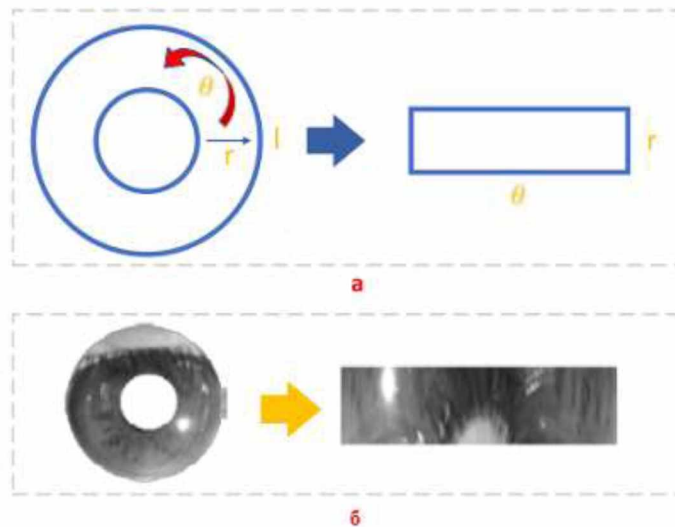


Рис. 3. Преобразование площади круга в прямоугольник модели Даугмана:  
а) Модель Даугмана; б) Результат реализации Iris Image

**Алгоритм модели диагностики.** Как самостоятельный орган человеческого тела человеческий глаз состоит из множества структурных тканей. Помимо радужной оболочки, собранные изображения человеческого глаза также содержат информацию о других структурах. Эта информация вызовет помехи при выделении признаков. Чтобы уменьшить сложность и облегчить извлечение текстуры объекта, изображение радужной оболочки сначала следует предварительно обработать, чтобы сегментировать область радужной оболочки [10].

Предварительная обработка включает в себя: изменение оттенков серого изображения, уменьшение шума, улучшение изображения, позиционирование радужной оболочки, нормализацию и т. д. После этого на предварительно обработанных изображениях выполняется извлечение объектов и важные объекты оптимизируются для лучшей идентификации. Затем обученная модель используется для диагностики изображения радужной оболочки глаза пациента.

Основная выполняемая работа заключается в следующем: изучение фоновой значимости и статуса разработки вспомогательной диагностической системы радужной оболочки; изучение и анализ структуры человеческого глаза, классификация и характеристика текстуры радужной оболочки для выделения признаков радужной оболочки; реализация позиционирования радужной оболочки и анализ изображения после позиционирования с использованием метода изменения координат для нормализации облегчающей выделение признаков; выделение признаков радужной оболочки и использование алгоритма обнаружения K-S для выделения пигментных пятен. Этот алгоритм имеет высокую вероятность успеха и может восстанавливать характерные морфологические характеристики [11]. На рис. 4 представлен алгоритм ИТ-диагностики по радужной оболочке глаз. Левая часть включает шаги по обучению CNN на наборе данных [5]. В правой части алгоритма происходит обработка изображения РОГ нового пациента, извлечение признаков и их оптимизация, выполнение распознавания на обученной сети и выдача результата.

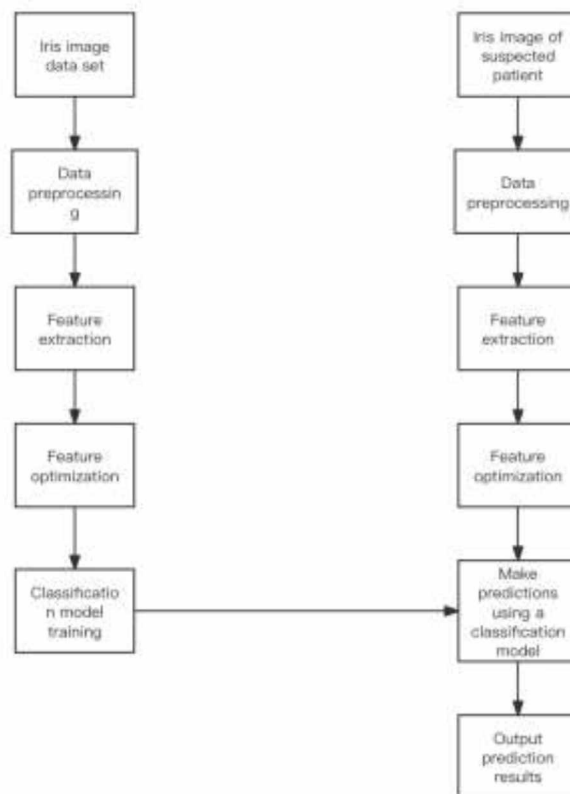


Рис. 4. Алгоритм обучения CNN и ИТ-диагностики

**Структура сети ИВ ИТ-диагностики.** Сеть ИВ использует архитектуру веб-сервисов. Архитектура веб-сервисов – это архитектура распределенных сервисов на основе Интернета, используемая для обеспечения связи и взаимодействия между различными приложениями. Структура сети ИВ на базе веб-сервиса показана на рис. 5. Левая часть реализуется на смартфоне, она включает три модуля: выбор распознаваемого заболевания (пока из трех), получение изображения РОГ пациента, отображение результата распознавания. Серверная часть реализуется на компьютере. Она включает четыре модуля: обученная модель CNN, хранения

изображений РОГ, обработка изображений, распознавание изображений для получения результата ИТ-диагностики. Сеть работает следующим образом. На первом этапе происходит обучение модуля модели CNN на наборе данных [5]. Затем для очередного пациента делается фото глаз, выбор болезни для распознавания, обработка изображения, ИТ-диагностика и выдача результата в виде процента вероятности выбранного заболевания.

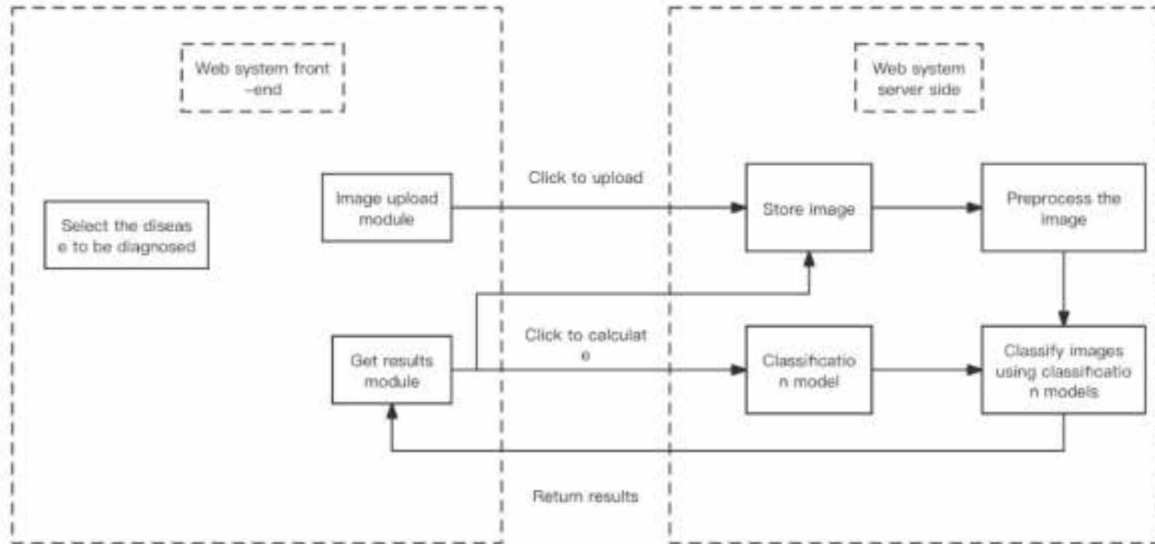


Рис. 5. Структура сети ИВ на базе веб-сервиса

**Результаты исследований.** В процессе эксперимента подтверждено, что обученная модель CNN достигла точности более 80 % по данным обучения и валидации диабетической ретинопатии, катаракты и эритемы. Эти результаты недостаточно высоки для применения в медицинских диагностических целях, поскольку модель была обучена и протестирована на ограниченных данных, но они многообещающие. Ожидается, что добавление большего количества изображений с более отчетливыми чертами в обучающий набор может привести к более точным результатам. Это также является основным направлением последующей работы. Точность модели CNN в сети ИВ показана на рис. 6.

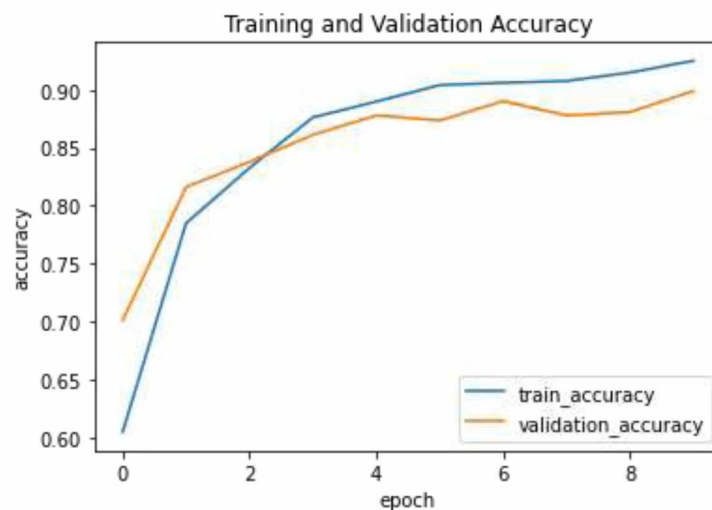


Рис. 6. Точность модели CNN в сети ИВ

**Заключение.** 1. В статье используется технология обработки изображений для анализа

изображений радужной оболочки, извлечения патологических характеристик и создания на этой основе системы ИТ-диагностики с использованием сети Интернета вещей, включающую обученную на известном наборе данных сверточную нейронную сеть.

2. Работа по распознаванию включала: изучение и анализ структуры глаза, классификацию характеристик текстуры радужной оболочки, выбор основы для выделения признаков радужной оболочки; реализация позиционирования радужной оболочки и анализ изображения после позиционирования с использованием метода изменения координат для нормализации, облегчающей выделение признаков; выделение признаков радужной оболочки и использование алгоритма K-S для обнаружения и выделения пигментных пятен. Этот алгоритм имеет высокую вероятность успеха и может восстанавливать характерные морфологические характеристики. Была создана база правил диагностики иридологии, и на ее основе были сформулированы правила описания признаков радужной оболочки.

3. Экспериментальные результаты распознавания: обученная модель CNN достигла точности более 80 % по данным обучения и валидации диабетической ретинопатии, катаракты и эритемы. Эти результаты недостаточно высоки для применения в медицинских диагностических целях, поскольку модель была обучена и протестирована на ограниченных данных, но они многообещающие. Ожидается, что добавление большего количества изображений с более отчетливыми чертами в обучающий набор может привести к более точным результатам.

## INTERNET OF THINGS NETWORK FOR PATIENT DIAGNOSTICS BASED ON IRIS DATA

U.A. VISHNIAKOU, ZHAO JIAN

### Abstract

The purpose of the article is to use machine learning to diagnose cataracts, diabetic retinopathy, redness by analyzing the iris of the eye (HORN). The data used in the analysis process is taken from the data set «Identification of eye diseases». The approach used in the article is based on a classification model using machine learning. First, signs were extracted from the HORN image, the use of the K-S algorithm for detecting and highlighting pigment spots, optimization. Then machine learning of a convolutional neural network (CNN) is performed based on these features. The trained CNN is embedded with the structure of the Internet of Things network to diagnose the patient threshold. In the process of recognizing three diseases, the classification accuracy of the model reached more than 80 %.

### Список литературы

1. Xue, K. Research progress on modernization of visual diagnosis of traditional Chinese medicine / K. Xue, L. Fufeng // Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine. – 2017. – № 11. – P. 2858–2860.
2. Huiyong, H. Research progress and review of visual diagnosis in traditional Chinese medicine / H. Huiyong, H. Shujuan, P. Qinghua // Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine. – 2013. – № 32 (7). – P. 1479–1483.
3. Jiafeng, H. Computer-aided iris diagnosis system / H. Jiafeng, Ye. Hunian, Ye. Miaoyuan // Chinese Journal of Biomedical Engineering. – 2004. – № 23 (5). – P. 472–474.
4. Вишняков, В. А Сеть интернета вещей для ИТ-диагностики пациентов с помощью анализа радужной оболочки / В. А. Вишняков, Ч. Иань / Современные средства связи : материалы XXVIII Междунар. науч.-техн. конф., 26–27 окт. 2023 года, Минск, Респ. Беларусь ; редкол : А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : БГАС, 2023. – С. 37–38.
5. Ocular Disease Intelligent Recognition [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/ocular-disease-recognition-odir5k/data>. – Data of Access : 15.11.23.
6. Guodong, X. Research on feature extraction methods in computer-aided iris diagnosis / X. Guodong, W. Wei // Computer Engineering and Design. – 2006. – № 27 (18). – P. 3322–3323.

7. Daugman, J. How iris recognition works / J. Daugman // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2004. – № 14 (1). – P. 21–130.
8. Da Costa, R. M. Dynamic Features for Iris Recognition / R. M. da Costa, A. Gonzaga // IEEE Trans Syst Man Cybern B Cybern. – 2012. – № 42 (4). – P. 1072–1082.
9. Yuan, W. An iris image block texture detection algorithm / W. Yuan [et al.] // Journal of Instrumentation. – 2014. – № 35 (5). – P. 1093–1100.
10. Xiaonan, L. A method for detecting and classifying iris pigment patches / L. Xiaonan, Y. Weiqi, B. Zhang // Journal of Shenyang University of Technology. – 2014. – № 6. – P. 688–693.
11. Xiaonan, L. Visible light iris recognition method based on convolutional neural network / L. Xiaonan [et al.] // Journal of Instruments and Instruments. – 2017. – № 11. – P. 2651–2658.