

**Сергій Павлов**  
**Оркен Мамирбаєв**  
**Йосиф Салдан**  
**Кимбат Моминжанова**  
**Любов Загоруйко**

## **АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ 2-D БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИ ПАТОЛОГІЯХ ЗАХВОРЮВАНЬ ОКА**

Вінницький національний технічний університет  
Інститут інформаційних та комп'ютерних технологій МОН РК, Алмати, Казахстан  
Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова  
Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі  
Донецький національний університет ім. В. Стуса

*Анотація.* Для розроблення та реалізації оптико-електронних систем при аналізі біозображень доцільним є вирішення таких задач: проведення обґрунтування ефективності застосування оптико-електронної елементної бази при побудові оптико-електронних системи для аналізу патологій ока, зокрема, глаукоми; сформування ознак біомедичних зображень з метою підвищення достовірності роботи оптико-електронної системи для об'єктивного дослідження переднього і заднього відділів, а також функцій органа зору.

**Ключові слова:** оптико-електронні системи, обробка зображень, захворювання ока

### **Вступ**

З розвитком інформаційних та комп'ютерних технологій в медицині з'явилися нові можливості для підвищення ефективності виявлення об'єктів інтересу на зображеннях. Спеціалізовані системи для аналізу та оброблення медичних зображень дозволяють робити перетворення зображень для різних задач медицини. Але застосування подібних систем вимагає наявності певних вимог до використання високотехнологічного обладнання. З одного боку, при виборі методу оброблення зображення користувач керується лише своїми знаннями і досвідом, і, отже, цей вибір може бути неоптимальним. З іншого - перебір всіх наявних у системі методів (або комбінацій методів) може займати занадто багато часу. Для проведення оброблення зображення, оптимальною в сенсі досягнення поставленої мети і швидкої порівняно з перебором всіх наявних у системі методів, слід забезпечити автоматизований вибір відповідного методу оброблення. [1,3,6,7].

Візуалізація оброблених медичних зображень є обов'язковим першим кроком, особливо при складних патологіях, для достовірної діагностики.

Розпізнавання образів - це віднесення вихідних даних до певного класу за допомогою виділення істотних ознак, що характеризують ці дані, із загальної маси несуттєвих даних.

На сьогоднішній день оброблення зображень є важливим напрямком застосування сучасної обчислювальної техніки. Відомі такі завдання оброблення зображень, як фільтрація і відновлення зображень, сегментація зображень та засоби стиснення інформації. Проблеми розпізнавання зображень крім класичної задачі розпізнавання фігур заданої форми на зображенні ставлять нові задачі розпізнавання ліній і кутів на зображенні, розпізнавання краю зображення. Для вирішення всіх перелічених вище завдань в останні роки активно використовуються нейромережеві алгоритми та нейрокомп'ютери [2,4,5].

### **Аналіз методів оброблення 2D зображень при аналізі патологій ока (рогівки, сітківки, очного дна)**

Для тривимірної (3D) візуалізації у переважній більшості фірм-розробників програмного медичного забезпечення, напрацьований величезний інструментарій для створення тривимірних моделей досліджуваних об'єктів. Однак, для візуалізації двовимірних (2D) зображень, не створено

якісних інструментів оброблення, навіть у провідних виробників медичної діагностичної апаратури, що змушує лікаря більше здогадуватися, чим реально бачити діагноз на зображенні. [1,2,3]

Необхідно також відрізнити оброблення медичного зображення для візуальної діагностики від спеціалізованих розрахунків у конкретних областях медицини. Інструментарій для розрахунків зазвичай є як на сучасних апаратах, так і на деяких спеціалізованих робочих DICOM станціях, що входять до PACS систему.

Простим зміною яскравості, контрастності і одним фільтром (в основному 8-ми бітним), які застосовуються у більшості так званих "DICOM Viewer", і навіть на більшості робочих DICOM станцій, завдання якісної візуалізації вирішити принципово неможливо. [2,4]

Фундаментальним виданням за методами математичного оброблення зображень, у тому числі медичних, є монографія Р. Гонсалеса і Р. Вудса "Цифрова обробка зображень". У монографії обробці медичних зображень відводиться одне з найважливіших місць.

Лікарю-діагносту необхідно надати максимально можливий набір інструментів, який дозволить реалізувати послідовність проходження зображення через кілька 16-ти бітних 2D фільтрів, кілька нелінійних 16-ти бітних функцій перетворення, через 16-ти бітні функції зміни спектру зображень (гістограми), спеціальних функцій масштабування і т.п. Для максимального якісного нівелювання "наведеного (артефактного) зображення" необхідно побудувати адаптивний (настроюється) послідовний 16-ти бітний конвеєр обробки з різних математичних функцій (методів), реалізують технологію "2D Обробки і Візуалізації Реального Часу".

### **Технологія розпізнавання біомедичних зображень на прикладі оброблення зображень ока.**

Застосування послідовності математичних функцій оброблення, що дозволяє підвищити видиму роздільну здатність первинного зображення в 1.2-1.5 рази (в lp/mm). Одночасно треба враховувати, що збільшення роздільної здатності призводить до нелінійного збільшення обсягів обчислень, необхідних для якісної, діагностично значущою, візуалізації, тому питання "реального часу" стає наріжним для забезпечення швидкості роботи системи оброблення і візуалізації, як відповідної реакції на зміну параметрів функцій оброблення. Лікар повинен відчувати, що зміна параметрів оброблення, через мінімальний проміжок часу, в кращому разі нульовий, відображаються на зміні самого зображення - це і є режим "реального часу".

Око, як фізіологічний об'єкт, не може розрізнити більше 256 градацій яскравості в пікселях сірого зображення. У зображеннях з великою роздільною здатністю в пікселі все залежить від того, який діапазон значень, з якими методами обробки буде перетворений в кінцевий діапазон 256 градацій яскравості (8 біт), які можуть коректно відобразити сучасні професійні монітори. Сучасні професійні монітори, які працюють в повному колірному RGB діапазоні, мають вбудовані в монітор кошти калібрування - 12-ти бітні (4096 кроків) LUT (Look Up Table) таблиці перетворення, для кожного кольору окремо. 12-ти бітний LUT дозволяє реалізувати ідеально лінійне, для ока людини, зміна яскравості зображення від величини візуалізуються пікселів. Зверніть увагу, що внутрішні LUT таблиці монохромних «медичних» моніторів всього 10-ти бітні (тобто 1024 кроків).

Застосування монохромних "Медичних" моніторів було обумовлено необхідністю перегляду затемнених областей необробленого зображення, що реалізується за рахунок додаткової DICOM LUT (10-ти бітної) таблиці монохромного монітора і нелінійної функції перетворення, вміщеній в DICOM LUT. За технічними характеристиками матриць сучасні професійні кольорові монітори високого дозволу перевершують монохромні "медичні" монітори, за винятком граничної яскравості отриманих зображень (у монохромних моніторів вона в 2 рази більше). Потужність сучасних процесорів персональних комп'ютерів і графічних засобів візуалізації здатне забезпечити практично будь-які запити по обробленню медичних зображень, а інструментарієм для діагностичного процесу може служити робоча станція з програмно-апаратним забезпеченням оброблення та візуалізації медичних DICOM зображень рис.1).

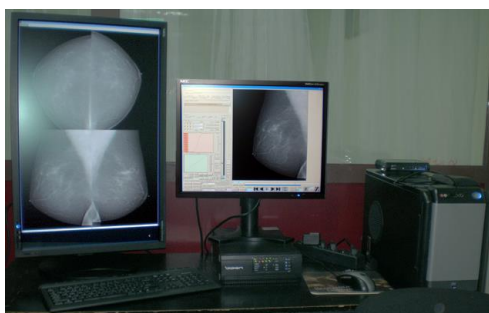


Рис. 1. DICOM станція оброблення та візуалізації "Michelangelo" з двома моніторами. Візуалізація на 30 дюймовому 4-х Мріх моніторі формату 1600x2560

Останнім часом медичне діагностичне обладнання досягло величезної роздільної здатності джерел первинних медичних зображень: - За кількістю пікселів - більш ніж 32 мільйонів пікселів (32 Мріх) на один кадр зображення, наприклад в офтальмології, об'ємом 64МВ і більше; - За дозволом в пікселі - до 16385 градацій сірого (14 біт), навіть аж до 65536 градацій сірого (16 біт).

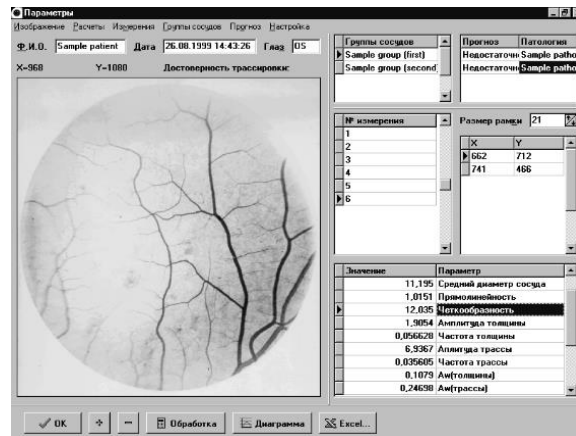


Рис.2. Застосування модуля "DSA Реального Часу" з різними під функціями оброблення. Формат кожного кадру зображення 1024x1024x10b при 30 кадрів/сек

Поліпшення відношення "Сигнал / шум" в зображенні можливо тільки за рахунок застосування спеціальних методів оброблення з одночасним зменшенням роздільної здатності, що є компромісом між збільшенням роздільної здатності зображення і поліпшенням відношення "сигнал / шум". Дозвіл зображення в пікселях і роздільна здатність цього ж зображення в "пар лінії на міліметр" (lp / mm) - це абсолютно різні поняття, які пов'язані між собою через фізичний розмір пікселя.

## Висновок

Таким чином, можна відзначити, що для розроблення та реалізації оптико-електронних систем при аналізі біозображень доцільним є вирішення таких задач: проведення обґрунтування ефективності застосування оптико-електронної елементної бази при побудові оптико-електронних системи для аналізу патологій ока, зокрема, глаукоми; сформування ознак біомедичних зображень з метою підвищення достовірності роботи оптико-електронної системи для об'єктивного дослідження переднього і заднього відділів, а також функцій органа зору.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
2. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
3. Pavlov S.V. Methods and computer tools for identifying diabetes-induced fundus pathology // S.V. Pavlov, T.A. Martianova, Y.R. Saldan, and etc. // Information Technology in Medical Diagnostics II. CRC Press, Balkema book, 2019 Taylor & Francis Group, London, UK, PP. 87-99
4. Yosyp R. Saldan, Sergii V. Pavlov, Dina V. Vovkotrub, Waldemar Wójcik, and etc. Efficiency of optical-electronic systems: methods application for the analysis of structural changes in the process of eye grounds diagnosis // Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104450S; doi: 10.1117/12.2280977; <https://doi.org/10.1117/12.2280977>.
5. Продеус А.Н., Захрабова Е.Н. Экспертные системы в медицине. – К.: Век +, 1998. – 320 с.
6. Оптико-електронний прилад для дослідження очного дна та особливості його застосування / Салдан Й.Р., Павлов С.В., Рамі Ребхі Хамді, Рожман А.О. // Застосування лазерів у медицині та біології.// Матеріали XXXIII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Ужгород, 15-17 квітня 2010р

**Павлов Сергій** – д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: psv@vntu.edu.ua.

**Мамирбаєв Оркен** - заступник генерального директора РДП «Інституту інформаційних та обчислювальних технологій» КН МОН РК, завідувач лабораторії, PhD, асоційований професор, e-mail: morkenj@mail.ru

**Салдан Йосиф** – д.м.н., професор кафедри очних хвороб, Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова, e-mail: [ysaldan@ukr.net](mailto:ysaldan@ukr.net)

**Моминжанова Кимбат** – аспірант Казахського національного університету ім. Аль-Фарабі, e-mail: [kymbat\\_momynzhanova87@mail.ru](mailto:kymbat_momynzhanova87@mail.ru)

**Загоруйко Любов** - к.т.н., доцент, Донецький національний університет ім. В. Стуса, e-mail: [LubovZagorujko@gmail.com](mailto:LubovZagorujko@gmail.com)

## ANALYSIS OF AUTOMATED OPTIC-ELECTRONIC SYSTEMS FOR ASSESSMENT OF 2-D BIOMEDICAL IMAGES IN PATHOLOGIES OF EYE DISEASES

**Abstract.** For the development and implementation of optical-electronic systems for the analysis of bioimages, it is appropriate to solve the following problems: substantiating the effectiveness of the use of the optical-electronic elemental base in the construction of optical-electronic systems for the analysis of eye pathologies, in particular, glaucoma; formation of signs of biomedical images in order to increase the reliability of the operation of the optical-electronic system for objective research of the front and back departments, as well as the functions of the organ of vision.

**Keywords:** optical-electronic systems, image processing, eye diseases

**Pavlov Sergii** – Ph.D., Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: psv@vntu.edu.ua.

**Mamyrbayev Orken** - Ph.D., Deputy General Director in science and Head of the Laboratory of Computer Engineering of Intelligent Systems at the Institute of Information and Computational Technologies of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev and associate professor in 2019 at the Institute of Information and Computational Technologies, e-mail: morkenj@mail.ru

**Saldan Iosif** - Prof., Pirogov National Medical University of Vinnytsia, 21018, Pirogova str. 56, 21018, Vinnytsia, Ukraine, E-mail: ysaldan@ukr.net

**Momynzhanova Kymbat**, post-graduated student of Kazakh National University, Faculty of Information Technology of Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: kymbat\_momynzhanova87@mail.ru

**Zagoruiko Lubov** - Cand. Sc. (engineering), Vasyl' Stus Donetsk National University, 600-richya str. 21, 21021 Vinnytsia, Ukraine,