

В. П. Кожем'яко<sup>1</sup>  
Й. Р. Салдан<sup>2</sup>  
П. Г. Прудиус<sup>3</sup>  
Л. В. Загоруйко<sup>1</sup>  
Т. А. Мартянова<sup>1</sup>

## МЕТОДИ І КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ПАТОЛОГІЙ ОЧНОГО ДНА ПРИ ЦУКРОВОМУ ДІАБЕТИ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет;

<sup>2</sup>Вінницький національний медичний університеті м. М. І. Пирогова;

<sup>3</sup>Вінницький обласний клінічний ендокринологічний диспансер

*Проведено аналіз методів і комп'ютерних засобів розпізнавання біомедичних зображень, розроблено теоретичні основи методів і комп'ютерних засобів розпізнавання зображень очного дна при цукровому діабеті. Розроблено методи, алгоритми, структури та програмно-апаратні засоби для розпізнавання патологічних зображень очного дна. Проведено експериментальні дослідження розпізнавання зображень очного дна та визначення площі патології.*

**Ключові слова:** розпізнавання зображень, патологія ока, ідентифікація очних патологій, бінаризація зображень, кластеризація очних патологій, багатопроцесорні рішення, графічні адаптери GPU.

### Вступ

Патології очного дна, що виникають при цукровому діабеті, займають одне з перших місць в світі як причина слабкого зору та сліпоти і на теперішній час вважаються найскладнішими для діагностики та лікування. Значні патологічні зміни, що виникають, призводять до стійкої та незворотної втрати зорових функцій у хворих після 50 років [1—4]. В останні роки спостерігається тенденція до омолодження цих патологій. Так, початкові прояви патологічних змін очного дна при цукровому діабеті офтальмоскопуються вже у віці 12—20 років [5]. Заслугує уваги значне зростання захворюваності серед працездатної категорії населення, оскільки збільшилась тривалість життя літніх людей і зросла їх частка в структурі населення [6]. В США патології очного дна стоять на другому місці після цукрового діабету серед причин, що призводять до сліпоти. В Україні ситуація з розповсюдженістю патологій очного дна при цукровому діабеті весь час погіршується [7]. Так, за останні 20 років щорічна кількість пацієнтів з цією патологією, вперше визнаними інвалідами по зору, збільшилася у 2,5 рази [6].

*Метою роботи* є удосконалення методів і комп'ютерних засобів для розпізнавання патологій очного дна при цукровому діабеті.

### Аналіз методів і комп'ютерних засобів розпізнавання біомедичних зображень

Діагностичним зображенням очного дна є мережа каналів (вен і артерій), розташованих на фоні з плавно змінною яскравістю, значення якої істотно більше яскравості судин [8—10, 12]. Аномальними проявами на зображенні очного дна служать згустки чорних і білих плям, сильна звивистість судин, різне розгалуження капілярів. Найменш помітним і водночас важливим критерієм патології очного дна при цукровому діабеті є стан судинної системи. До діагностики широкого спектру захворювань мають відношення такі характеристики, як ширина вен і артерій, відношення їх ширини, зміна ширини по довжині судини, динаміка зміни напряму судин, кути відгалуження судин [9—11].

Всі захворювання очного дна при цукровому діабеті поділяються на вісім великих груп (рис. 1) [13].

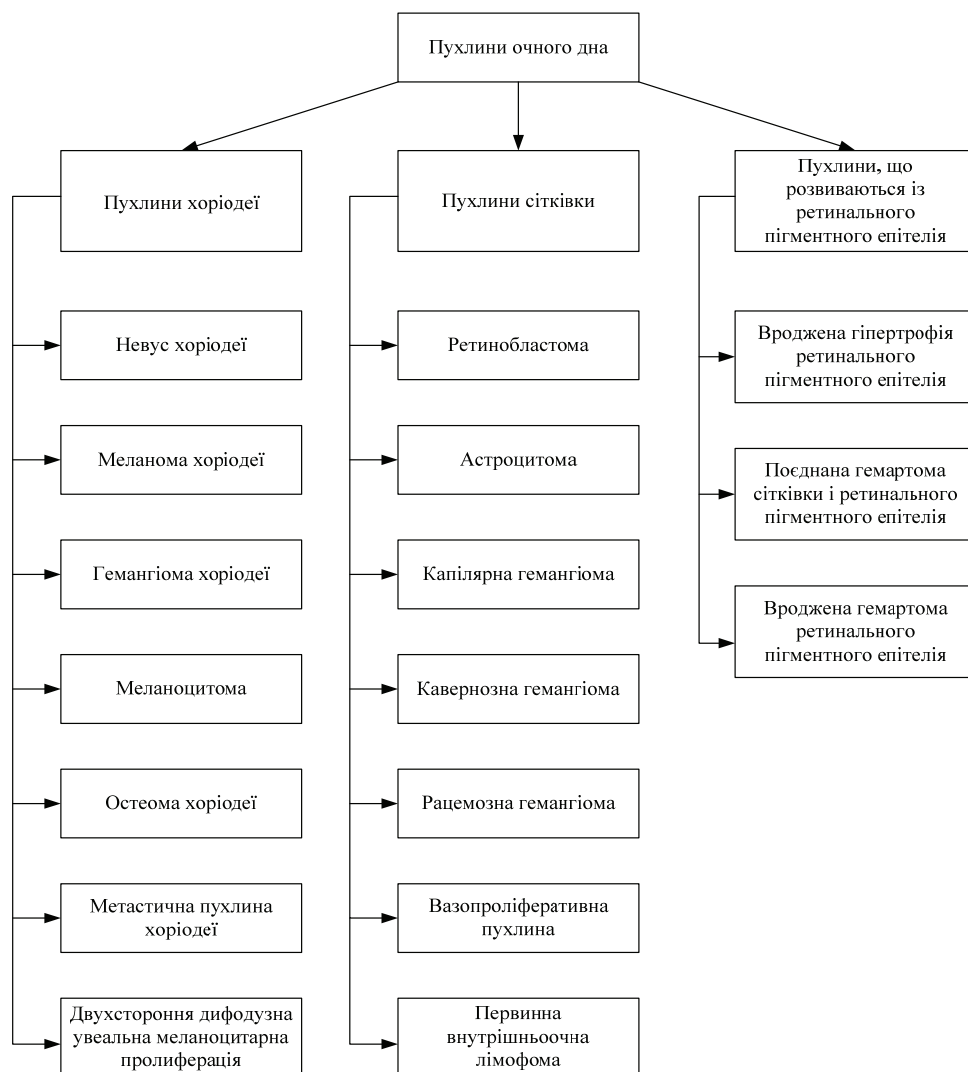


Рис. 1. Класифікація захворювання очного дна при цукровому діабеті

Зображення нормального очного дна та деяких патологій подані на рис. 2 [9—11].

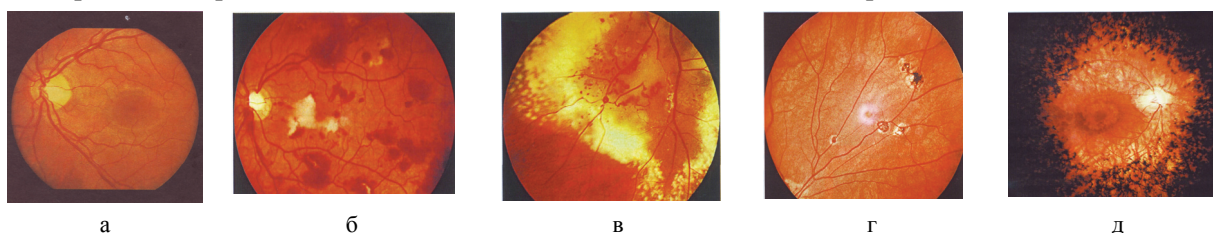


Рис. 2. Зображення нормального очного дна та деяких патологій:

а — зображення нормального очного дна; б—д — зображення патологій очного дна

Автоматизована система ранньої діагностики являє собою експертну систему для прогнозу розвитку та оцінки ефективності лікування судинних захворювань при цукровому діабеті. Оболонка користувача працює в операційній системі MS Windows XP. Для її розробки були використані інструментальні засоби програмної системи Borland Delphi 5. У базі даних системи зберігається навчальна вибірка та інформація про пацієнтів. Інформація про пацієнтів містить: перелік пацієнтів; перелік візитів кожного пацієнта до лікаря; зображення очного дна, зняті при кожному візиті; результати обробки зображень при кожному візиті [14]. Для обробки на зображенні виділяються ділянки судин і результати обробки цих ділянок заносяться в таблицю. При цьому є можливість відносити ці результати до однієї з кількох груп судин, які задаються користувачем. Графічний інтерфейс користувача дозволяє одночасно переглядати на екрані: аналізоване зображення (з можливістю збільшення фрагментів) (рис. 3), дані про пацієнта і значення діагностичних ознак, що розраховуються, діаграму зміни калібру судини на зазначеній ділянці [14].

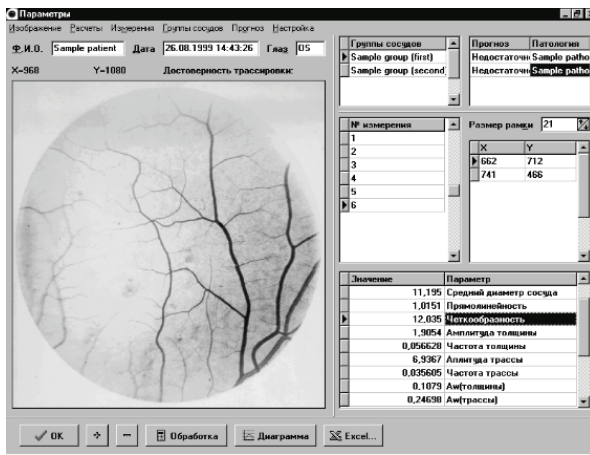


Рис. 3. Графічний інтерфейс режиму діагностування

зображень патологій очного дна при цукровому діабеті та їх кластеризації та встановлено, що виділення судин на зображеннях очного дна є достатньо складним завданням обробка біомедичних зображень, оскільки ці зображення характеризуються досить високим рівнем шуму, нерівномірністю освітленості, а також наявністю об'єктів, схожих на судини.

### Розробка методу комп'ютерного розпізнавання зображень патологій очного дна при цукровому діабеті

Удосконалена математична модель фільтрації на основі напівтонових бінаризованих відліків препаратів зображення очного дна, розробка математичної моделі вимірювання зони патології та обчислення її площі, модель класифікації зображень очного дна на основі апарату нечіткої кластеризації *c-means*, а також порівняльний аналіз моделей розпізнавання очного дна розглянуті у роботі [16].

Задача розпізнавання патологій розв'язується таким чином. Автоматичне трасування окремої судини проводиться із заданням кори-

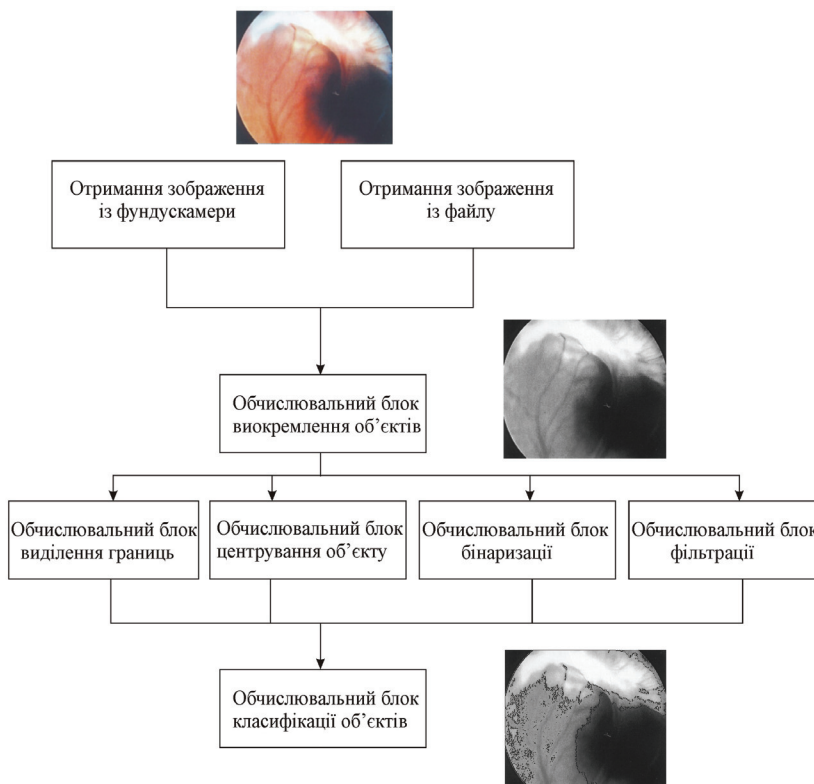


Рис. 4. Структурна схема аналізу біомедичних зображень патологій очного дна при цукровому діабеті

В результаті аналізу методів дослідження патологій очного дна при цукровому діабеті встановлено, що на сьогодні основними методами візуалізації структур очного дна є офтальмоскопія, біомікроскопія тканин очного дна, фотореєстрація тканин очного дна за допомогою фундус-камери, флюоресцентна ангиографія очного дна з флюоресцином та індоціаніном зеленим, оптична когерентна томографія, скануюча лазерна офтальмоскопія [15].

Всі перелічені методи дослідження очного дна мають один загальний недолік, пов'язаний з негативним впливом аберцій оптичної системи ока на роздільну здатність приладів. Проведено аналітичний огляд методів комп'ютерного розпізнавання

ни проводиться із заданням користувачем початкової і кінцевої точки сканування та з урахуванням знайденого напрямку судини в поточній точці. За ширину судини береться кількість ненульових відліків, що знаходяться на перпендикулярі до напрямку судини. Після визначення ширини початкова точка зміщується на деякий заданий крок трасування в напрямку, який обирається з обчислених раніше як найближчий до прямого напрямку до кінцевої точки. В результаті трасування формується послідовність параметрів, що характеризують стан судинної системи і використовуювані для оцінки патології.

Структурна схема аналізу біомедичних зображень патологій очного дна при цукровому діабеті показана на рис. 4.

## Розробка структурної схеми комп'ютерної системи

Комп'ютерна система є комплексом двох основних складових: апаратної та програмної. Апаратна складова включає графічні прискорювачі GPU та зовнішній пристрій отримання зображень очного дна (ЗПОЗ) (фундус-камеру). Програмна складова — блок поліпшення якості зображень (БПЯ), блок аналізу зображень (БА), блок даних (БД).

Розроблена структурна схема комп'ютерної системи показана на рис. 5.

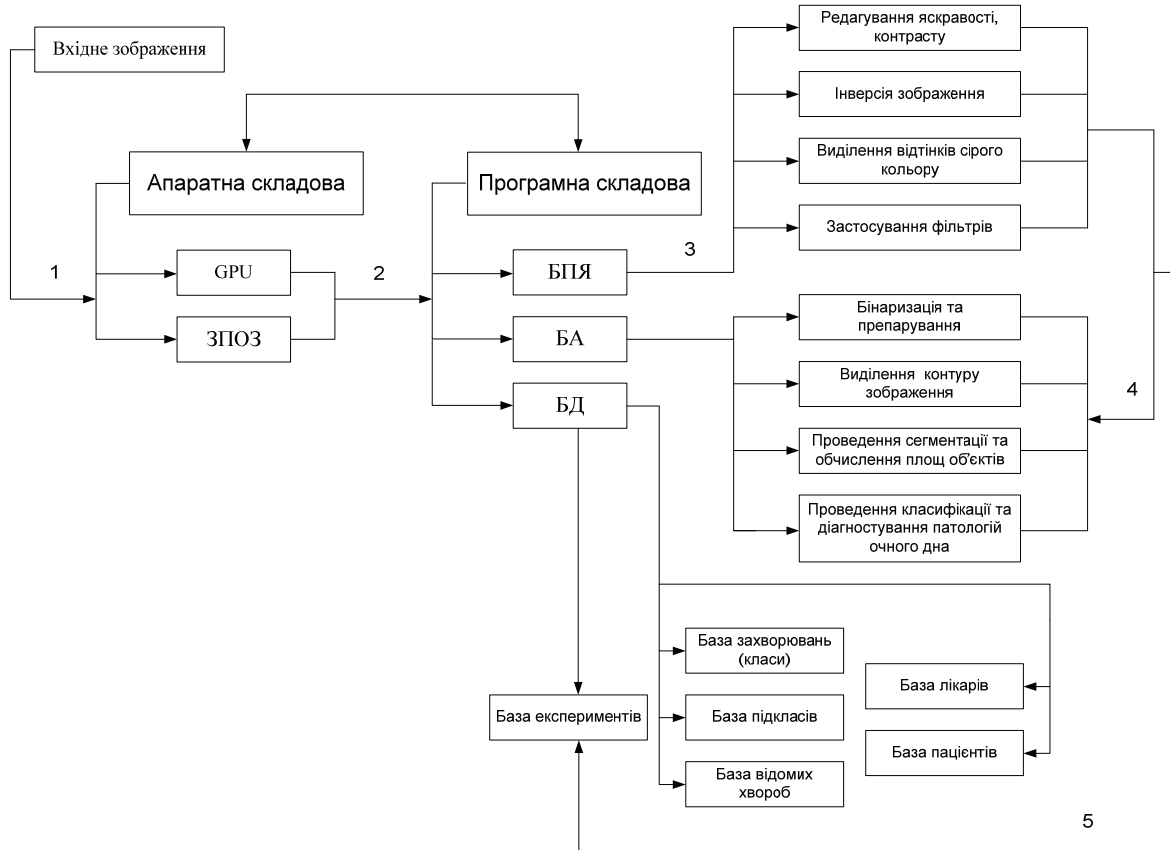


Рис. 5. Структурна схема комп'ютерної системи

Програмна складова комп'ютерної системи реалізована у середовищі DELPHI фірми Borland. Апаратна реалізація системи можлива за наявності графічного адаптера, який має у наявності піксельні шейдери. Розроблена комп'ютерна система призначена для визначення місцезнаходження зони патології та обчислення її площі, а також кластеризації та діагностування патологій очного дна. За апаратну платформу вибрано відеокарту від nVidia на чіпсеті GeForce 250, як недороге і достатньо продуктивне рішення.

### Результати експериментальних досліджень визначення місцезнаходження зони патології та обчислення її площі

Для проведення експериментальних досліджень використано базу даних ДУ «Інституту очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України». Вона містила більш ніж 500 зображень, отриманих за допомогою фундус-камери VISUCAM LITE виробництва ZEISS (Німеччина). Виконавши операції покращення якості та попередньої обробки зображення, необхідно проаналізувати його параметри. Виділивши контури об'єктів, отримуємо відповідні контурні картини зображень очного дна (ККЗОД). Наступний крок — ідентифікація усіх виділених об'єктів на предмет наявності патології та визначення її площі.

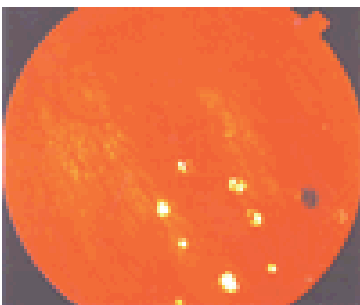


Рис. 6. Вхідне тестове зображення

У табл. 1 наведено результати визначення параметрів об'єктів вхідного тестового зображення рис. 6.

**Результати визначення параметрів об'єктів вхідного зображення**

Об'єкт	Координата центру X	Координата центру Y	Площа, мм <sup>2</sup>
1	46	25	28,4
2	48	15	5,5
3	63	7	10,7
4	66	22	19,3
5	72	13	19,6
6	76	9	3,1
7	87	23	26,4
Загальна площа, мм <sup>2</sup>			113,0

Результати визначення місцезнаходження зони патології та обчислення її площі подані у табл. 2.

**Результати експериментальних досліджень визначення місцезнаходження зони патології та обчислення її площі**

Зображення	Площа зони патологій, мм <sup>2</sup>	Загальна площа, мм <sup>2</sup>	Відсоток патології
1	154,3	6486,5	2,38
2	1398	5929	23,58
3	711,2	6404	11,11
4	1138,5	6446	17,66
5	1381,3	5632,5	24,52
6	1047	6445,5	16,24
7	703,4	6437	10,93
8	1490	6488	22,97
9	133,6	6471	2,06
10	113,0	6387,5	1,77
11	1184,7	6197,5	19,12
12	968,3	6261,5	15,46
13	1224,5	6397,5	14,45
14	864,8	6452	13,4
15	922	6392,5	14,42
16	694	5814,5	11,94
Середній відсоток патологій, %			13,88

Аналіз отриманих результатів показує, що розроблений метод сегментації на основі обчислення кількості інформації за критерієм FOM перевищує відомі оператори Робертса, Превітта і Собела на 5—25 %, а за критерієм RMS — не значно їм поступається.

**Результати експериментальних досліджень кластеризації патології очного дна**

Після виділення об'єктів зображень, отримання ККЗОД, визначення місцезнаходження та обчислення площі патологій, необхідно провести кластеризацію та діагностування патологій очного дна. В офтальмологічній практиці клінічними проявами патологій вважаються такі параметри:

- розташування об'єкта (пост екваторіально, екваторіально, в області диска зорового нерва тощо);
- колір (чорний, безпігментні, рожевий тощо);
- розмір (діаметр, висота).

За даними табл. 2 побудуємо таблицю даних для кластерного аналізу патологій (табл. 3).

**Вхідні дані для кластерного аналізу патологій**

Об'єкт	Розташування об'єкта	Колір	Розмір, мм
1	екваторіально	жовтий	6,0
2	пост екваторіально	білий	2,6
3	пост екваторіально	білий	3,7
4	пост екваторіально	білий	4,9
5	пост екваторіально	жовтий	4,9
6	пост екваторіально	жовтий	1,9
7	пост екваторіально	чорний	5,8

Для зменшення похибки вимірювань використовуємо нормування, яке дає нетиповість за сукупністю всіх чинників з рівною вагою, що необхідно для оптимальної кластеризації патологій (табл. 4).

Таблиця 4

## Нормовані дані для кластерного аналізу патологій

Об'єкт	Розташування об'єкта	Колір	Розмір, мм
1	1	0,39	1
2	0,6	0,01	0,43
3	0,28	0,01	0,62
4	0,88	0,01	0,82
5	0,52	0,01	0,82
6	0,36	0,01	0,32
7	0,92	0,99	0,97

Результати визначення кластеризації патології очного дна при цукровому діабеті подані в табл. 5.

Таблиця 5

## Результати експериментальних досліджень кластеризації патологій очного дна за методом повного зв'язку

Об'єкт 1	Об'єкт 2	Новий кластер	Відстань
2	6	8	0,0697
3	5	9	0,0976
1	4	10	0,1912
9	8	11	0,2756
10	7	12	0,9845
11	12	13	1,6965

Для оцінювання якості роботи методу на основі апарату нечіткої логіки використовується критерій розкиду, що показує суму відстаней від об'єктів до центрів кластерів із відповідними ступенями належності [26, 27].

$$J = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (m_{ij})^w \text{dist}(v_i, d_j), \quad (1)$$

де  $\text{dist}(v_i, d_j)$  — Евклідова відстань між  $j$ -м об'єктом  $d_j = (d_{j1}, d_{j2}, \dots, d_{jm})$  та  $i$ -м центром кластеру  $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ic})$ ;  $w \in (1, \infty)$  — експоненціальна вага, що визначає нечіткість, розмитість кластерів.

$$V = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1m} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{c1} & v_{c2} & \dots & v_{cm} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

$c \times m$  — матриця координат центрів кластерів, елементи якої обчислюються за формулою

$$v_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n (m_{ij})^w d_{jk}}{\sum_{j=1}^n (m_{ij})^w}, \quad k = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Обчисливши критерій розкиду  $J$ , оцінимо ефективність роботи методу кластеризації патологій очного дна при цукровому діабеті на основі апарату нечіткої логіки (табл. 6).

Таблиця 6

## Оцінки результатів експериментальних досліджень кластеризації патологій очного дна

Метод	Оцінка розкиду	Оцінка розкиду з заданою кількістю кластерів (без лінгвістичних параметрів)	Оцінки розкиду з заданою кількістю кластерів (з лінгвістичними параметрами)	Середня оцінка
Кохонена	0,639	0,831	0,841	0,770
<i>k-means</i>	—	0,742	—	0,247
<i>c-means</i>	1,000	0,989	1,000	0,996

Середній відсоток патологій склав 13,88 %. У проведених дослідженнях метод кластеризації показав кращий результат (0,996 %), що дає можливість використовувати його для вирішення поставлених задач розпізнавання біомедичних зображень, а також його адаптивність до використання в інших предметних областях.

### Висновки

1. Удосконалено модель кластеризації зображень патологій очного дна при цукровому діабеті на основі апарату нечіткої кластеризації *c-means*. Для зменшення похибки вимірювань використано нормування, яке дає нетиповість за сукупністю всіх чинників з рівною вагою, необхідну для оптимальної кластеризації патологій.

2. Удосконалено метод комп'ютерного розпізнавання зображень очного дна, який використовує фазову кореляцію зображень. Це дає змогу якісніше розпізнавати зображення очного дна, оскільки фаза несе в собі значно більше інформації, ніж його спектр.

3. Розроблено програмні засоби та обрано оптимальну апаратну архітектуру — відеокарту від nVidia на чіпсеті GeForce 250, як недороге і достатньо продуктивне рішення. За результатами дослідження проведено модернізацію комп'ютерної системи. Сортування результатів всередині блоку винесене на GPU. За рахунок цього зменшені вихідні масиви в декілька десятків разів (від 64 до 256 разів залежно від розмірів рангової області).

4. Розроблено структурну схему комп'ютерної системи.

5. Проведено експериментальні дослідження визначення місцезнаходження зони патології та обчислення її площі, а також кластерний аналіз патології очного дна при цукровому діабеті. Середній відсоток патологій склав 13,88 %. У проведених дослідженнях метод кластеризації показав кращий результат (0,996 %), що дає можливість використовувати його для розв'язання поставлених задач розпізнавання біомедичних зображень, а також його адаптивність до використання в інших предметних областях.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Золотаревский А.В. Макулодистрофия — проблема общебиологическая / А. В. Золотаревский // Новое в офтальмологии. — 1997. — № 4. С. 43—44.
2. Логай И. М. Слепота и слабовиденье в Украине и актуальные вопросы ее профилактики / И. М. Логай, Н. М. Сергиенко, Т. В. Крыжановская // X 3'їзд офтальмологів України : тези доп. — Одеса : Астропринт, 2002. — С. 10—11.
3. Шлопак Т. В. Особенности липидного обмена у больных атеросклеротической макулодистрофией / Т. В. Шлопак // 5-й Всероссийский съезд офтальмологов : матер. съезда. — М., 1982. — С. 475—477.
4. Starr C. E. Age-related macular degeneration. Can we stem this worldwide public health crisis? / C. E. Starr, D. R. Guyer, L. A. Yannuzzi // Postgrad. Med. — 1998. — Vol. 103, No. 5. — P. 153—156, 161—164.
5. Наследственные и врожденные заболевания сетчатки и зрительного нерва / [под. ред. А. М. Шамшиновой]. — М. : Медицина, 2001. — 528 с.
6. Дистрофические заболевания сетчатки : матер. Сателлитного Симпозиума, (Одесса, 28 мая 2009 г.). — Одесса, 2009. — 16 с.
7. Сосудистая патология глаза как причина инвалидности на Украине / И. Л. Ферфильфайн, Т. В. Крыжановская, Т. А. Алифанова, Ю. Л. Повещенко // VIII Міжнар. конфер. офтальмологів : тези доп. — Одеса, 1993. — С. 203—207.
8. Dougherty G. Image analysis in medical imaging: recent advances in selected examples / Dougherty, G. // Biomed. Imaging Interv. J. — 2010. 6(3), с 32.
9. Beutel, J. Handbook of Medical Imaging / Beutel, J., Kundel, H. L., Van Metter, R. L. // SPIE. — 2000. — Vol. 1. — Bellingham, Washington.
10. Rangayyan R. M. Biomedical Image Analysis / R. M. Rangayyan // CRC, Boca Raton, FL. — 2005.
11. Meyer-Base A. Pattern Recognition for Medical Imaging / Meyer-Base A. // Elsevier Academic, San Diego, CA. — 2004.
12. Dougherty G. Digital Image Processing for Medical Applications / G. Dougherty. Cambridge University Press, Cambridge. — 2009.
13. Заболевания глазного дна / [Джек Дж. Кански, Станислав А. Милевски, Бертил Э. Дамаго, Воган Тэннер] ; пер. с англ. ; под общ. ред. чл.-корр. РАМН, проф. С. Э. Аветисова. — 2-е изд. — М : МЕДпресс-информ, 2009. — 424 с. — ISBN 5-98322-564-2.
14. Ильясова Н. Ю Экспертная компьютерная система диагностики глазных заболеваний по изображениям глазного дна [Электронный ресурс] / Н. Ю. Ильясова, А. В. Устинов, В. Г. Баранов. — Режим доступа : <http://www.computeroptics.smr.ru/KO/PDF/KO19/ko19339.pdf>.
15. Физика визуализации изображений в медицине: в 2-х томах. Т. 2 / Под ред. С. Уэбба ; пер. с англ. — М. : Мир, 1991. — 408 с., ил.
16. Кожем'яко В. П. Математична модель обробки патологій очного дна / В. П. Кожем'яко, Т. А. Март'янова // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2014. — № 2 (28). — С. 81—89.
17. Identification of retinal vessels by color image analysis / [V. Rakotomalala, L. Macaire, J.-G. Postaire, M. Valette] // Machine graphics & vision. — 1998. — V. 7, No. 4. — P. 725—743.

18. Image manipulation using M-filters in a Pyramidal computer model / [M. E. Montiel, A. S. Agueado, M. A. Garza-Jinich et al.] // IEEE trans. on pattern analysis and machine intelligence. — 1995. — V. 17, 111. — P. 1110—1115.
19. Retinal Vessel Segmentation Using the 2-D Gabor Wavelet and Supervised Classification / [J. Soares, J. Leandro, R. Cesar Jr., et al.] // IEEE Transactions of Medical Imaging. — 2006. — Vol. 25, No. 9. — Pp. 1214—1222.
20. M. Welk. Differential Equations for Morphological Amoebas / M. Welk, M. Breub, O. Vogel // Lecture Notes in Computer Science. — 2009. — Vol. 5720/2009. — Pp. 104—114.
21. G. D. Joshi. Colour Retinal Image Enhancement based on Domain Knowledge / G. D. Joshi, J. Sivaswamy // Sixth Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing (ICVGIP'08). — 2008. — Pp. 591—598.
22. High Accuracy Estimation of Image Rotation using 1D Phase-Only Correlation / S. Nagashima, K. Ito, T. Aoki, H. Ishii, K. Kobayashi // IEICE Trans.Fund. — 2009. — V. E92-A. — P. 235—243.
23. Трубин И. С. Метод моделирования цифровых полутоновых изображений / И. С. Трубин, Е. В. Медведева, О. П. Бульгина // Инфокоммуникационные технологии. — 2008. — Том 6, № 1. — С. 94—99.
24. Петров Е. П. Вычисление статистической избыточности статических изображений / Е. П. Петров, Е. В. Медведева // Вопросы радиоэлектроники. Сер. РЛТ. — 2008, вып. 3. — С. 76—83.
25. Левашкина А. О. Сравнительный анализ супервизорных критериев оценки качества сегментации изображений / А. О. Левашкина, С. В. Поршнева // Информационные технологии. — 2009. — № 5. — С. 52—57.
26. Ritter G. X. Handbook of Computer Vision Algorithms in Image Algebra / Ritter G. X., Wilson J. N. // CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1996. — 357 p.
27. Архангельский А. Я. Приемы программирования в Delphi на основе VCL / А. Я. Архангельский. — М. : Бинном-Пресс, 2006. — 944 с.

Рекомендована кафедрою лазерної і оптико-електронної техніки

Стаття надійшла до редакції 18.11.2014

**Кожем'яко Володимир Прокопович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри лазерної і оптико-електронної техніки;

**Загоруйко Любов Василівна** — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, e-mail: LubovZagorujko@gmail.com;

**Мартьянова Тетяна Андріївна** — аспірантка кафедри лазерної і оптико-електронної техніки.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

**Салдан Йосип Романович** — д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри очних хвороб;

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, Вінниця

**Прудюс Пилип Григорович** — канд. мед. наук, головний лікар Вінницького обласного клінічного ендокринологічного диспансеру

**V. P. Kozhemiako**<sup>1</sup>  
**Yo. R. Saldan**<sup>2</sup>  
**P. G. Prudyus**<sup>3</sup>  
**L. V. Zagoruiko**<sup>1</sup>  
**T. A. Martianova**<sup>1</sup>

## Methods and computer facilities for recognition of eyeground pathologies at diabetes

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University;

<sup>2</sup>Vinnitsia National Pyrogov Memorial Medical University;

<sup>3</sup>Vinnitsia Regional Clinical Endocrinology Center

*The analysis of methods and computer facilities of biomedical artificial perception is conducted; theoretical bases of methods and computer facilities of eyeground images recognition at diabetes are developed. Methods, algorithms, structures and firmware are developed for eyeground images recognition. Experimental researches of eyeground image recognition and determination of pathology area are conducted in the paper.*

**Keywords:** images recognition, eye pathology, eye pathology identify, images binarization, eye pathology classification, multiprocessor decisions, graphical adapters GPU.

**Kozhemiako Volodymyr P.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Laser and Optical-electronic;

**Saldan Yosyp R.** — Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Chair of Ophthalmology;

**Prudyus Pylyp G.** — Cand. Sc. (Med.), Assistant Professor, Chief Doctor of Vinnitsia Regional Clinical Endocrinology Center;

**Zagoruiko Liubov V.** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Telecommunication Systems and Television, e-mail: LubovZagorujko@gmail.com;

**Martianova Tetiana A.** — Post-Graduate Student of the Chair of Laser and Optical-electronic



**В. П. Кожемяко**<sup>1</sup>  
**И. Р. Салдан**<sup>2</sup>  
**Ф. Г. Прудюс**<sup>3</sup>  
**Л. В. Загоруйко**<sup>1</sup>  
**Т. А. Мартьянова**<sup>1</sup>

## **Методы и компьютерные средства для распознавания патологий глазного дна при сахарном диабете**

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет;

<sup>2</sup>Винницкий национальный медицинский университет им. Н. И. Пирогова;

<sup>3</sup>Винницкий областной клинический эндокринологический диспансер

*Проведен анализ методов и компьютерных средств распознавания биомедицинских изображений, разработаны теоретические основы методов и компьютерных средств распознавания изображений глазного дна при сахарном диабете. Разработаны методы, алгоритмы, структуры и программно-аппаратные средства, для распознавания изображений глазного дна. Проведены экспериментальные исследования распознавания изображений глазного дна и определения площади патологии.*

**Ключевые слова:** распознавание изображений, патология глаза, идентификация глазных патологий, бинаризация изображений, классификация глазных патологий, многопроцессорные решения, графические адаптеры GPU.

**Кожемяко Владимир Прокопьевич** — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой лазерной и оптико-электронной техники;

**Салдан Иосиф Романович** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой глазных болезней;

**Прудюс Филипп Григорьевич** — канд. мед. наук, доцент, главный врач Винницкого областного клинического эндокринологического диспансера;

**Загоруйко Любовь Васильевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры телекоммуникационных систем и телевидения, e-mail: [LubovZagorujko@gmail.com](mailto:LubovZagorujko@gmail.com);

**Мартьянова Татьяна Андреевна** — аспирант кафедры лазерной и оптико-электронной техники