

ISSN 1997-9266

ВІСНИК

ВІННИЦЬКОГО
ПОЛІТЕХНІЧНОГО
ІНСТИТУТУ

1 (118)

2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК ВІННИЦЬКОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО ІНСТИТУТУ

Науковий журнал

Засновник і видавець: Вінницький національний технічний університет

Виходить 6 разів на рік

Заснований у грудні 1993 року

№ 1 (118) 2015

Схвалено Ученою радою
Вінницького національного технічного університету,
протокол № 6 від 29.01.2015 р.

Адреса редакції:
ВНТУ, к. 204 ГНК,
вул. Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, Україна, 21021

тел.: (0432) 59-83-83
E-mail: visnykvtu@gmail.com
<http://visnyk.vntu.edu.ua/>

Вінниця · ВНТУ · 2015

Журнал «Вісник Вінницького політехнічного інституту» є науковим виданням, публікації в якому визнаються при захисті дисертаційних робіт у галузях технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України від 29.09.2014 р., № 1081), економічних наук (постанова президії ВАК України від 10.03.2010 р. № 1-05/2) та педагогічних наук (постанова президії ВАК України від 14.10.2009 р. № 01-05/4). Журнал входить у міжнародну наукометричну базу «Російський індекс научного цитування» (РИНЦ).

Журнал публікує статті, які містять нові теоретичні та практичні результати в галузях технічних, економічних, природничих та гуманітарних наук. Публікуються також огляди сучасного стану розробки важливих наукових проблем, огляди наукових та методичних конференцій, які відбулися у ВНТУ, статті з педагогіки вищої освіти.

Розділи журналу:

- автоматика та інформаційно-вимірювальна техніка;
- будівництво;
- гуманізація і гуманітаризація технічної освіти;
- застосування результатів досліджень;
- екологія, екологічна кібернетика та хімічні технології;
- економіка та менеджмент;
- енергетика та електротехніка;
- інформаційні технології та комп'ютерна техніка;
- машинобудування і транспорт;
- радіоелектроніка та радіоелектронне апаробудування;
- стратегія, зміст та нові технології підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою;
- рецензії;
- ювілеї і ювіляри.

Головний редактор Б. І. Мокін

Відповідальний секретар редколегії О. В. Дерібо

Редакційна колегія

О. Д. Азаров, В. О. Багачкий, Й. Й. Білинський, Ю. І. Волков, В. В. Грабко (заст. головного редактора), В. Я. Данілов, О. В. Дерібо, О. М. Джеджула, М. Ф. Друкований, В. М. Дубовой, І. Н. Дудар, М. Б. Євтух, С. М. Зленко, В. В. Зянько, Р. Д. Іскович-Лотоцький, В. О. Капустян, Н. П. Карачина, Ю. О. Карпов, Р. Н. Кветний, В. М. Кичак, В. І. Ключко, П. І. Козут, В. П. Кожем'яко, В. О. Корнієнко, І. В. Кузьмін, В. М. Кутін, В. В. Кухарчук, О. В. Кухленко, В. Ю. Кучерук, П. Д. Лежнюк (заст. головного редактора), П. М. Ливняк, В. А. Лужецький, О. С. Макаренко, В. М. Михалевич, Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін, А. С. Моргул, О. В. Мороз (заст. головного редактора), О. О. Мороз, Н. Г. Ничкало, В. А. Огородніков, В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, С. В. Павлов, С. І. Перевозніков, В. А. Петрук, В. Г. Петрук, А. М. Петух, В. І. Пила, А. П. Поляков, О. О. Прутьська, А. П. Ранський, М. Д. Раранський, В. С. Ратніков, О. М. Роїк, О. М. Раманкевич, О. Н. Романюк, В. І. Савуляк, О. Я. Савченко, В. Р. Сердюк, І. О. Сивак, А. В. Сірко, М. І. Сметанський, В. П. Тарасенко, С. Й. Ткаченко, О. М. Трофимчук, М. А. Філіпюк, О. І. Хома, І. В. Хам'юк, С. Д. Штовба, Ю. С. Яковлев

Відповідальний за випуск О. В. Дерібо

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

Кузьмін І. В., Берест О. Б. Інформаційно-екстремальна система підтримки прийняття рішень з гіперциліндроїдними вирішальними правилами	9
---	---

БУДІВНИЦТВО

Сіяннов О. І. Моделювання дії рухомого снігового масиву на покрівлю циліндричних сітчастих покриттів та оточуючі об'єкти	17
--	----

ЕКОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЧНА КІБЕРНЕТІКА ТА ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Романюк О. І., Ощановський І. В., Шевчик Л. З. Рослинна біомаса — перспективна сировина для отримання синтетичних рідких палив	22
Березюк О. В., Лемешев М. С., Березюк Л. Л., Віштак І. В. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час весняного компостування	29

ЕКОНОМІКА ТА МЕНЕДЖМЕНТ

Мороз О. В., Карачина Н. П., Семцов В. М., Марченко С. К., Федоришина О. Ю. До питання залежності між розмірами підприємств та соціально-економічними показниками їхнього функціонування	34
Безсмертна О. В., Шварц І. В., Тарасюк Н. М. Управління якістю молока в системі антикризового управління	43
Іванюта П. В. Аналіз та оцінка конкурентоспроможності продукції машинобудування експертним методом	49
Сайнський Д. А. Аналіз результатів оцінювання керівниками хмелегосподарств соціально-економічного стану хмелярства в Україні	58
Свірський В. С. Трансформація світової валютної системи в посткризовий період	65

ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

Лежнюк П. Д., Мірошник О. О. Застосування перетворень Фур'є та вейвлет-спектрограм для ідентифікації спотворень режимів роботи розподільних мереж 0,38/0,22 кВ	71
Лежнюк П. Д., Остра Н. В., Петрушенко Ю. В. Розподіл допусків на параметри регулюючих пристроїв в системі автоматичного керування режимом електроенергетичної системи	80

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА

Дубовой В. М., Пилипенко І. В., Стець Р. С. Прогнозування доцільної кількості повторень циклічного технологічного процесу	86
Борисенко О. А., Маценко С. М. Оцінка апаратних витрат підсумовуючого лічильника Фібоначчі в мінімальних кодах представлення	92
Моргун І. А., Боцула М. П. Про якість контенту електронних навчальних курсів у контексті реалізації відповідної інформаційної технології автоматизованої обробки даних	98
Кожем'яко В. П., Салдаи Й. Р., Прудивус П. Г., Загоруйко Л. В., Мартянова Т. А. Методи і комп'ютерні засоби для розпізнавання патологій очного дна при цукровому діабеті	108
Козіна М. О. Метод перевірки автентичності інформації, що передається стеганографічним каналом зв'язку	117
Дорофєєв Ю. І. Оцінювання множин досяжності і тяжіння мереж поставок зі структурними обмеженнями за допомогою інваріантних еліпсоїдів	122

Азаров О. Д., Теплицький М. Ю. Метод неперервного коригування струму зсуву нуля двотактних підсилювачів постійного струму	129
--	-----

МАШИНОБУДУВАННЯ І ТРАНСПОРТ

Гречаник М. С. Поперечна стійкість сідлового автопоїзда в режимі гальмування	134
Грушко О. В. Відхилення від круглої форми поперечного перерізу при формуванні косинусоподібних фітінгів осьовим стисканням труби	141
Новік М. А., Музиченко В. В. Спосіб експериментального визначення контактних тисків на зовнішній і внутрішній поверхнях затискової втулки малогабаритного затискного патрона з регульованою силою затиску	149
Грубель М. Г., Нанівський Р. А., Сокіл М. Б. Резонансні коливання підресореної частини колісних транспортних засобів під час руху вздовж впорядкованої системи нерівностей	155
Шмаров В. М., Лабунець В. Ф., Бєлєвцев Р. Я., Козлова І. О., Присяжний В. В. Утворення антифрикційних мінеральних сірковмісних біопокриттів на конструкційних матеріалах	162
Посвятенко Е. К., Заболотний С. А., Поступайло О. В. Покращення експлуатаційних характеристик відремонтованих рам засобів транспорту	168
Бєліков К. О., Гапанцурова О. С., Губарев О. П. Використання теплового гідроприводу в системі позиціонування геліостанції	172

СТРАТЕГІЯ, ЗМІСТ ТА НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ З ВИЩОЮ ТЕХНІЧНОЮ ОСВІТОЮ

Мокін О. Б., Косарук О. М., Слободянюк О. В., Мізерний В. М., Мокін Б. І. Методика оцінювання і підвищення якості практичної підготовки студентів за технологією освоєння робітничої професії	177
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Кузьмин Н. В., Береза О. В. Информационно-экстремальная система поддержки принятия решений с синергизированными правилами.....	9
--	---

СТРОИТЕЛЬСТВО

Сивков А. Н. Моделирование действия подвижного энергетического массива на кровлю цилиндрических сетчатых покрытий и окружающие объекты.....	17
---	----

ЭКОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Романюк О. Г., Ошановский Н. В., Шевчук Л. Э. Растительная биомасса — перспективное сырье для получения синтетических жидких топлив.....	22
Березюк О. В., Лемешев М. С., Березюк Л. Л., Вишняк Н. В. Моделирование динамики санитарно-бактериологического состава твердых бытовых отходов при весеннем компостировании.....	29

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Мороз О. В., Карачина Н. П., Семцов В. М., Марченко С. К., Федорина О. Ю. К вопросу зависимости между размерам предприятий и социально-экономическими показателями их функционирования.....	34
Безмертная О. В., Шварц Н. В., Тарасюк Н. М. Управление качеством молока в системе антикризисного управления.....	43
Иванюта П. В. Анализ и оценка конкурентоспособности продукции машиностроения экспертным методом.....	49
Савицкий Д. А. Анализ результатов оценки руководителями хмелехозяев социально-экономического состояния хмелеводства в Украине.....	58
Свирицкий В. С. Трансформация мировой валютной системы в посткризисный период.....	65

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Лежнюк П. Д., Мирошник А. А. Применение преобразований Фурье и вейвлет-спектрограмм для идентификации искажений режимов работы распределительных сетей 0,38/0,22 кВ.....	71
Лежнюк П. Д., Острая Н. В., Петрушенко Ю. В. Распределение допусков на параметры регулирующих устройств в системе автоматического управления режимом электроэнергетической системы.....	80

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНИКА

Дубовой В. М., Пилипенко И. В., Степ Р. С. Прогнозирование целесообразного количества повторений циклического технологического процесса.....	86
Борисенко О. А., Маценко С. М. Оценка аппаратных затрат суммирующего счетчика Фибоначчи в минимальных кодах представления.....	92
Моргун И. А., Боцула М. П. О качестве контента электронных учебных курсов в контексте реализации соответствующей информационной технологии автоматизированной обработки данных.....	98
Кожемяко В. П., Салдан И. Р., Пруднус Ф. Г., Загоруйко Л. В., Мартынова Т. А. Методы и компьютерные средства для распознавания патологий глазного дна при сахарном диабете.....	108
Козина М. А. Метод проверки аутентичности информации, которая передается стеганографическим каналом связи.....	117

Дорофеев Ю. И. Оценка множества достижимости и притяжения сетей поставок со структурными ограничениями с помощью инвариантных эллипсоидов	122
Азаров А. Д., Теплицкий М. Е. Метод непрерывного корректирования тока смещения нуля двухтактных усилителей постоянного тока	129

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

Гречаниук Н. С. Поперечная устойчивость седельного автопоезда в режиме торможения	136
Грушко А. В. Отклонение от круглой формы поперечного сечения при формировании косинусообразных фитингов осевым сжатием трубы	141
Новик Н. А., Музыченко В. В. Способ экспериментального определения контактного давления на внешнюю и внутреннюю поверхности зажимной втулки малогабаритного патрона с регулируемой силой зажима	149
Грубель М. Г., Нанивский Р. А., Сокил М. Б. Резонансные колебания подпрессоренной части колесных транспортных средств при движении вдоль упорядоченной системы неровностей	155
Шмаров В. М., Лабунец В. Ф., Белевцев Р. Я., Козлова И. А., Присяжнюк В. В. Образование антифрикционных минеральных серосодержащих биопокровов на конструкционных материалах	162
Посвятенко Э. К., Заболотный С. А., Поступайло О. В. Улучшение эксплуатационных характеристик отремонтированных рам транспортных средств	168
Беликов К. А., Гаппанцурова О. С., Губарев А. П. Использование теплового гидропривода в системе позиционирования гелиостанции	172

СТРАТЕГИЯ, СОДЕРЖАНИЕ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ С ВЫСШИМ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБРАЗОВАНИЕМ

Мокин А. Б., Косарук Е. Н., Слободянюк Е. В., Мизерный В. Н., Мокин Б. И. Методика оценки и повышения качества практической подготовки студентов по технологии освоения рабочей профессии	177
---	-----

CONTENTS

AUTOMATION AND INFORMATION-MEASURING EQUIPMENT

Kuzmin I. V., Berest O. B. Information-extreme decision support system with hypercylinder decision rules.....	9
---	---

CIVIL ENGINEERING

Siyanov O. I. Modeling of action of mobile snow mass on the roof of the cylindrical reticulated coverings and surrounding objects.....	17
--	----

ECOLOGY, ECOLOGICAL CYBERNETICS AND CHEMICAL TECHNOLOGIES

Romaniuk O. I., Oshchapovskiy I. V., Shevchyk L. Z. Plant biomass as perspective raw material for obtaining synthetic liquid fuels.....	22
Bereziuk O. V., Lemeshev M. S., Bereziuk L. L., Vishtak I. V. Modeling of dynamic sanitary-bacteriological composition of hard domestic waste during spring composting.....	29

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Moroz O. V., Karachyna N. P., Semcov V. M., Marchenko S. K., Fedoryshyna O. Yu. Issue of relationship between size of the enterprises and socio-economic indexes of their functioning.....	34
Bezsmertna O. V., Shvarts I. V., Tarasiuk N. M. Milk quality management in crisis management system.....	43
Ivaniuta P. V. Analysis and valuation competitiveness of production mechanical engineering of the expert method.....	49
Sainskyi D. A. Analysis of estimation of socio-economic state of hop-growing in Ukraine by the leaders of hop-growing farms.....	58
Svirskiy V. S. Transformation of the global monetary system in the post-crisis period.....	63

ENERGY GENERATION AND ELECTRICAL ENGINEERING

Lezhniuk P. D., Miroshnyk O. O. Application of Fourier transforms and wavelet-spectrograms for identification of distortion modes of distribution networks 0,38/0,22 kV.....	71
Lezhniuk P. D., Ostra N. V., Petrushenko Yu. V. Distribution of parameter tolerances of regulating devices in automatic control mode of electric power system.....	80

INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMPUTER SCIENCE

Dubovoy V. M., Pylypenko I. V., Stets R. S. Prediction of the reasonable number of repetitions for the cyclic technological process.....	86
Borysenko A. A., Matsenko S. M. Hardware costs evaluation of Fibonacci counter in minimum presentation form.....	92
Morgun I. A., Botsula M. P. Content quality of e-learning courses in the context of appropriate information technologies of automated data processing.....	98
Kozhemiako V. P., Saldan Yo. R., Prudyus P. G., Zagoruiko L. V., Martianova T. A. Methods and computer facilities for recognition of eyeground pathologies at diabetes.....	108
Kozina M. O. Method of verification of authenticity of information that is passed by steganographic communication channel.....	117
Dorofiev Yu. I. Estimation of the reachability sets and attraction sets for the supply networks with structural constraints by means of invariant ellipsoids.....	123

Azarov O. D., Teplytskyi M. Yu. Method of continuous adjustment of offset current of push-pull amplifier of direct-current	129
--	-----

MECHANICAL ENGINEERING AND TRANSPORT

Grechaniuk M. S. Transversal stability of the road-train in braking mode	134
Hrushko O. V. Deviation from the circular shape cross-section in the process of forming the cosine shaped fittings with axial compression of pipe	141
Novik M. A., Muzychenko V. V. Method of experimental determination of the contact pressure on the outer and inner surface of the clamping bush of small-sized chuck with adjustable clamping force	149
Hrubel M. H., Naniivskyi R. A., Sokil M. B. Resonant oscillations of the sprung part of wheeled vehicles when moving along the ordered system of inequalities	155
Shmarov V. M., Labunets V. F., Bielievstev R. Ya., Kozlova I. O., Prysiazhniuk V. V. Mineral formation antifriction sulfur-containing mineral biocovers on structural materials	162
Posviatenko E. K., Zabolotnyi S. A., Postupailo O. V. Improvement of performance characteristics of repaired vehicle frames	168
Bielikov K. O., Ganpanturova O. S., Gubarev O. P. Using thermal hydraulic actuator in heliostation	172

STRATEGY, CONTENT AND NEW TECHNOLOGIES OF TRAINING SPECIALISTS AT HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Mokin O. B., Kosaruk O. M., Slobodianiuk O. V., Mizernyi V. M., Mokin B. I. Method of assessment and improving the quality of practical training of students on technology of mastering working profession	177
--	-----

В. П. Кожем'яко
Й. Р. Салтан
П. Г. Прудіус
Л. В. Загоруйко
Т. А. Мартянова

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

Мінський національний технічний університет,

Мінський національний медичний університет і м. М. І. Пирогова;

Мінський обласний клінічний ендокринологічний диспансер

Приведено опис методів і комп'ютерних засобів розпізнавання зображень очного дна при цукровому діабеті. Розроблено методи і комп'ютерні засоби 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 виявлення його патологій.

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

Вступ

Патології очного дна, що виникають при цукровому діабеті, займають одне з перших місць в оцінці як причини сліпоти і на теперішній час вважаються найскладнішими для лікування. Початні 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 виявляються вже у віці 12–20 років [5]. Заслужує 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 захворюваністю патологій очного дна при цукровому діабеті весь час погіршується [7]. Так, за останні 20 років збільшилась кількість пацієнтів з цією патологією, вперше визнаними інвалідами по зору, збільшилася у 2,5 рази [8].

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 певною зміною яскравості, значення якої істотно більше яскравості судин [8–10, 12]. Аномальними проявами на зображенні очного дна служать згустки чорних і білих плям, сильна звивистість судин, ранне розгалуження капілярів. Найменш помітним і водночас важливим критерієм патологій 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 напряду судин, кути відгалуження судин [9–11].

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

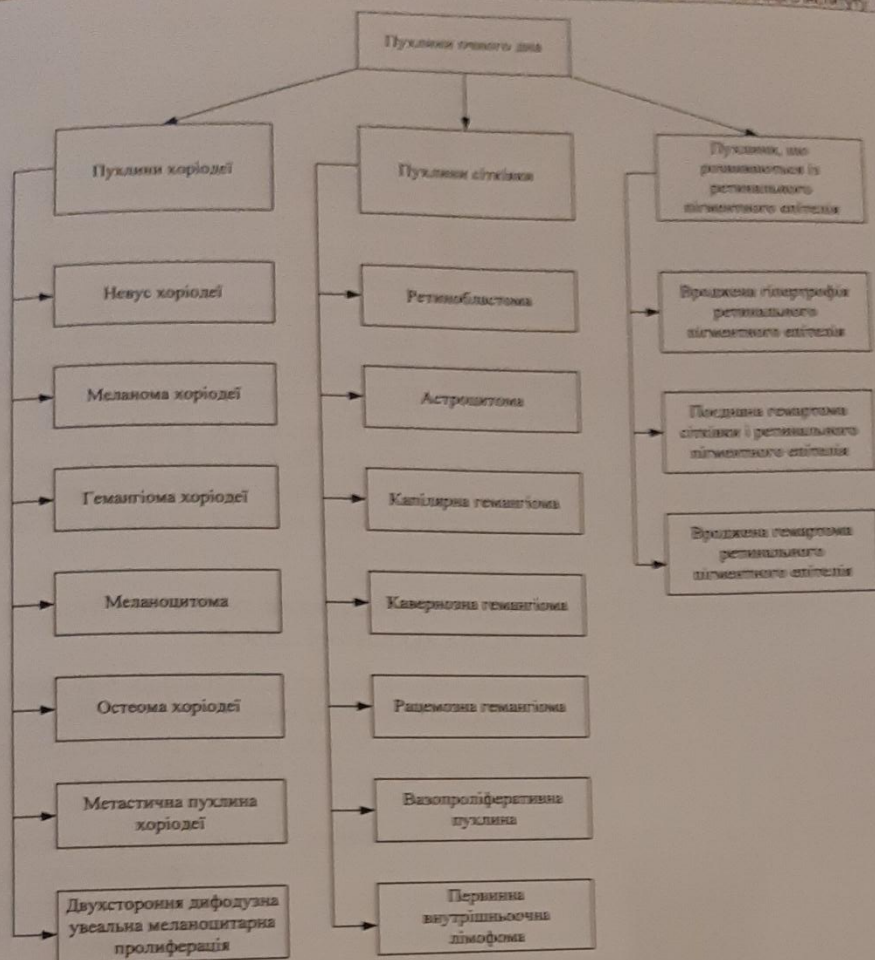


Рис. 1. Класифікація захворювання очного дна при цукровому діабеті

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

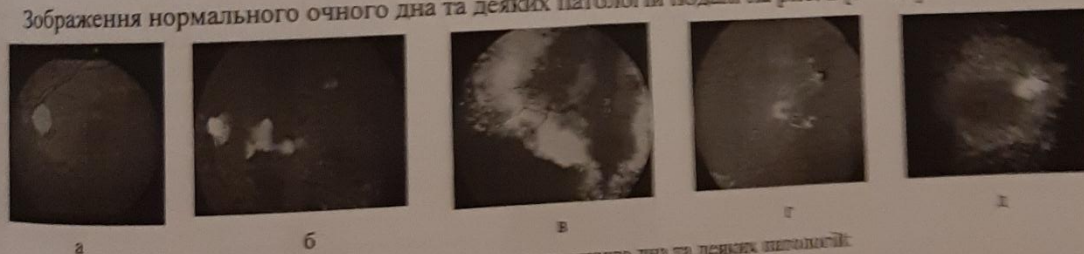


Рис. 2. Зображення нормального очного дна та деяких патологій

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 початкова вибірка та інформація про пацієнтів. Інформація про пацієнтів містить: перелік візитів; перелік візитів кожного пацієнта до лікаря; зображення очного дна, зняті при кожному візиті; результати обробки зображень при кожному візиті [14]. Для обробки на зображення надходять 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].

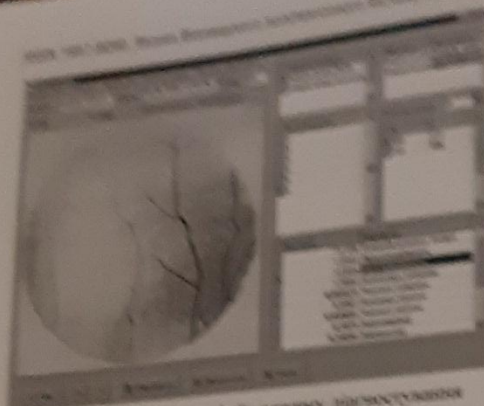


Рис. 3. Графічний інтерфейс режиму дослідження

зображень патологій очного дна при цукровому діабеті є достатньо складним завданням обробки 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 відбитків препаратів зображення очного дна, розробка математичної моделі вимірювання зони патології та обчислення її площі, модель класифікації зображень очного дна на основі апарату нечіткої класифікації *s-tuple*, а також порівняльний аналіз моделей розпізнавання очного дна розглянуто в роботі [16].

Завдання розпізнавання патологій розв'язується таким чином. Автоматичне трасування окремої судини проводиться із заданням користувачем початкової і кінцевої точки сканування та з урахуванням знайденого напрямку судини в поточній точці. За ширину судини береться кількість нульових 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 найближчий до прямого напрямку до кінцевої точки. В результаті трасування формується послідовність параметрів, що характеризують стан судинної системи, використовуваних для оцінки патологій.

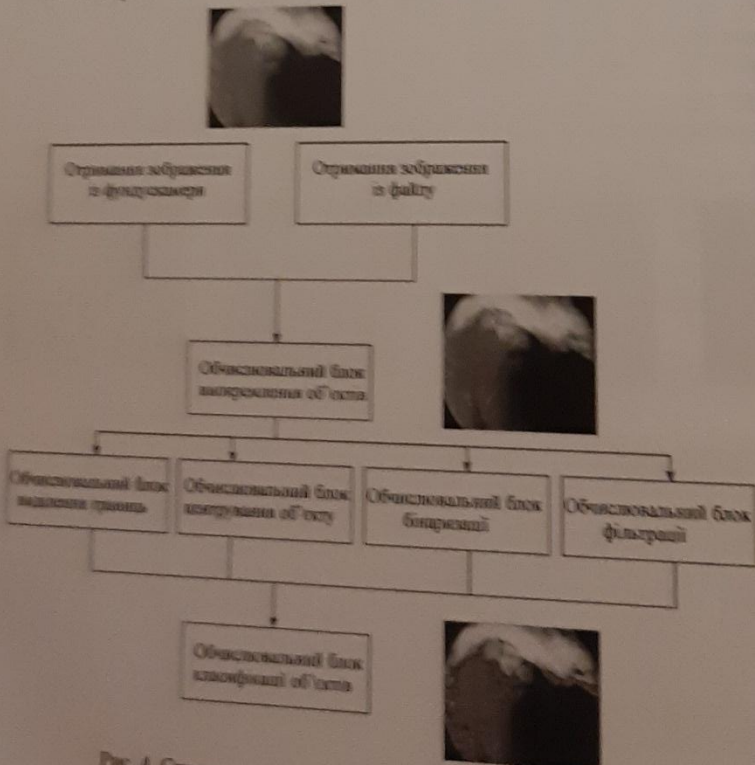


Рис. 4. Структурна схема аналізу біомедичних зображень патологій очного дна при цукровому діабеті

В результаті аналізу методів дослідження патологій очного дна при цукровому діабеті встановлено, що на сьогодні основними методами вивчення структури очного дна є офтальмоскопія, флуоресцентна томографія очного дна за допомогою флуоресцентної мікрофотографії очного дна з флуоресцентним та індоканіаніном зеленим, оптична когерентна томографія, скануюча лазерна офтальмоскопія [15].

Всі перелічені методи дослідження очного дна мають один загальний недолік, пов'язаний з поточним впливом аберацій оптичної системи ока на роздільну здатність приладів. Проведено аналізний огляд методів комп'ютерного розпізнавання зображень патологій очного дна та їх кластеризації та встановлено, що найбільш перспективними є методи, що базуються на

ни проводиться із заданням користувачем початкової і кінцевої точки сканування та з урахуванням знайденого напрямку судини в поточній точці. За ширину судини береться кількість нульових 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 найближчий до прямого напрямку до кінцевої точки. В результаті трасування формується послідовність параметрів, що характеризують стан судинної системи, використовуваних для оцінки патологій.

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.

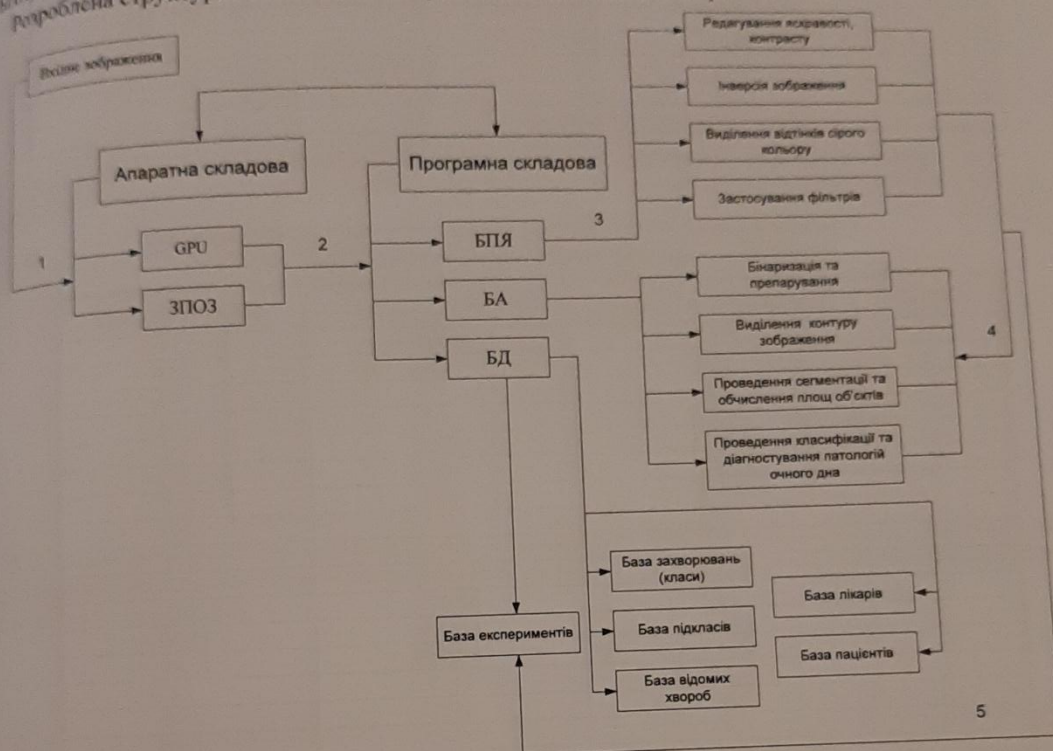


Рис. 5. Структурна схема комп'ютерної системи

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, отримаємо відповідні контурні картини зображень очного дна (ККЗОД). Наступний крок — ідентифікація усіх виділених об'єктів на предмет наявності патології та визначення її площі.

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



Рис. 6. Вхідне тестове зображення

Результати визначення параметрів об'єктів вхідного зображення

Об'єкт	Координата центру X	Координата центру Y	Площа, мм ²
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 ²			113,0

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

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень визначення місцезнаходження зони патології та обчислення її площі

Зображення	Площа зони патології, мм ²	Загальна площа, мм ²	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	6417	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 патології, %			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 патологій 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).

Таблиця 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 використано нормування, яке дає істотність за сукупніс-
тєвими чинниками з рівною вагою, що необхідно для оптимальної кластеризації патологій (табл. 4).

Нормовані дані для кластерного аналізу патологій

Таблиця 4

Об'єкт	Розташування об'єкта	Копір	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 патологій 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 кри-
терій розкиду, що показує суму відстаней від об'єктів до центрів кластерів із відповідними ступе-
нями 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 клас-
теру $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ic})$; $w \in (1, \infty)$ — 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)	Оцінка розкиду з заданою кількістю кластерів (з лінгвістичними параметрами)
Кохоїсна	0,639	0,831	0,841
k -means	—	0,742	—
c -means	1,000	0,989	1,000
			Середня оцінка
			0,770
			0,247
			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 недорогого і достатньо продуктивного 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 патологій та обчислення її площі, а також кластерний аналіз патологій 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 общепатологическая / А. В. Золотаревский // Новое в офтальмологии. — 1997. — № 4. С. 43—44.
2. Логай И. М. Слепота и слабовидение в Украине и актуальные вопросы ее профилактики / И. М. Логай, Н. М. Сергиенко, Т. В. Крыжановская // X З'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), e 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-Baese A. Pattern Recognition for Medical Imaging / Meyer-Baese 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. Дамато, 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. Мартянова // 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. Valenti] // Machine graphics & vision. — 1998. — V. 7, No. 4. — P. 725—743.

В. П. Кожемяко¹
И. Р. Салдан²
Ф. Г. Прудюс³
Л. В. Загоруйко³
Т. А. Мартыанова³

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

¹Винницкий национальный технический университет;

²Винницкий национальный медицинский университет им. Н. И. Пирогова;

³Винницкий 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;

Мартыанова Татьяна Андреевна — аспирант кафедры лазерной и оптико-электронной техники

Свідчення про державну реєстрацію періодичного друкованого видання
№ № 14853-3824 від 12.12.2008 р.

Формат: 29,7×42 1/2. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк: різкоприфінаний. Ум. друк. арк. 21,95. Обл.-вид. арк. 22,61
Наклад 100 прим. Зам. № 2015-019.

Адреса редакції, видавця та виготовлювача:
Вінницький національний технічний університет
вул. Хмельницьке шосе, 95, ГНЧ к. 204, 114, м. Вінниця, 21021.
Тел.: (0432) 59-83-83; (0432) 59-81-59.
E-mail: visnykupi@gmail.com <http://visnyk.vntu.edu.ua/>
Свідчення суб'єкта видавничої справи серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.
