

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

БАБЮК НАТАЛІЯ ПЕТРІВНА

УДК 681.5:613

**МЕТОД ТА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗМІН
БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В ОФТАЛЬМОЛОГІЇ**

Спеціальність 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
Павлов Сергій Володимирович
доктор технічних наук, професор

Вінниця – 2016

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	5
Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В ОФТАЛЬМОЛОГІЇ.....	14
1.1 Аналіз методів та систем для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень.....	14
1.2 Автоматизована обробка біомедичних зображень в офтальмології. Отримання та візуалізація біомедичних зображень.....	24
1.3 Особливості комп'ютерного аналізу біомедичних зображень ока та очного дна.....	27
1.4 Ознаки, які характеризують стан мікроциркуляції судин ока та очного дна.....	33
1.5 Висновки до першого розділу.....	39
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗМІН БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	41
2.1 Характеристика об'єкту дослідження: судин ока та очного дна та методів оброблення біомедичних зображень.....	41
2.2 Розроблення математичних моделей для аналізу біомедичних зображень на основі просторово-зв'язного препарування.....	46
2.2.1 Розроблення математичних моделей на основі просторово- зв'язного препарування.....	47
2.2.2 Кореляційний аналіз динамічних змін об'єктів біомедичних зображень мікроциркуляції судин ока та очного дна.....	57
2.3 Метод визначення порогу градієнтного фільтра в системі оброблення біомедичних зображень.....	60
2.4 Реалізація методу W-спектра зв'язності для підвищення завадостійкості оброблення біомедичних зображень очного дна.....	66
2.5 Висновки до другого розділу.....	71

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ЗАСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ	72
БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ФОРМУВАННЯ	
ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК.....	
3.1 Формування діагностичних ознак і критеріїв для оцінювання кон'юнктивальної мікроциркуляції крові.....	72
3.2 Покращення якості виділення контурів біомедичних зображень із використанням фільтрів та критерії їх ефективності.....	79
3.3 Методика аналізу біомедичних зображень на основі прямого паралельно-ієрархічного перетворення та оцінювання достовірності прогнозування.....	89
3.4. Висновки до третього розділу.....	97
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ	
РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗМІН	
БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ СУДИН ОЧНОГО ДНА.....	98
4.1 Рекомендації щодо створення системи оцінювання стану мікросудин ока.....	98
4.2 Розробка системи для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень мікросудин очного дна.....	99
4.3 Алгоритм оброблення біомедичних зображень мікроциркуляції мікросудин очного дна.....	107
4.4 Реалізація алгоритмічно-програмного забезпечення для системи оцінювання динамічних змін біомедичних зображень та приклади експериментальних досліджень.....	109
4.5 Висновки до четвертого розділу.....	112
Висновки.....	113
Список використаних джерел.....	116

Додаток А. Фрагмент лістингу програмного забезпечення для аналізу біомедичних зображень мікроциркуляції судин очного дна та кон'юнктиви ока.....	131
Додаток Б. Система визначення структурних змін мікроциркуляції судин ока та очного дна.....	135
Додаток В. Методика визначення автокореляційної функції для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень мікроциркуляції судин очного дна та кон'юнктиви ока.....	136
Додаток Г. Акти впровадження.....	146

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна медицина є однією з найбільш високотехнологічних галузей наукової та практичної діяльності, найважливіше завдання якої полягає в розробці нових ефективних методик ранньої діагностики різних патологій. Кілька останніх десятиліть характеризуються значним проривом в галузі технічної оснащеності медицини. Комп'ютерний аналіз зображень став основним інструментом медичних діагностичних систем, що дозволяє істотно підвищити якість діагностики. Найбільш активно інформаційні технології впроваджуються в офтальмологію.

На сучасному етапі розвитку біомедичних досліджень існує гостра необхідність створення систем з можливістю точного опису структур мікроциркуляторного русла з метою постановки точного діагнозу. В цьому напрямку працюють такі організації, як Zeiss, Shin-Nippon (Японія), Radiometer, CasMedicalSystem, Micromed і т.д. Основні наукові розробки та дослідження проводять наукові школи Стенфордського дослідного інституту (США), Вашингтонського державного університету (США), Оксфордського університету (Великобританія), Римського університету (Італія), науково-дослідного інституту оптичних систем (Новосибірськ, Росія), Інституту кібернетики Латвії (Латвія), Інституту кібернетики ім. Глушкова (Україна), Вінницького національного технічного університету (Україна), де наукові розробки та дослідження в даному напрямку проводяться в науковій школі професорів Русина Б.П., Кожем'яко В.П., Білинського Й.Й., Ільясової Н.Ю, Павлова С. В., Авруніна О.Г. та інших.

В даний час в багатьох країнах інтенсивно використовується підхід кількісної оцінки зображень судин для виявлення судинної патології в громадських скринінг-центрах із застосуванням автоматизованих систем розпізнавання образів (Goldbaum, Taylor, Abramoff, Kelvin, Perez-Rovira, Stewart). Однак проведений аналіз існуючих на даний момент програмних комплексів аналізу зображень судинних систем показав, що більшість з них не має прикладного програмного забезпечення для вимірювання повного набору

діагностичних ознак і постановки діагнозу, а містить лише засоби реєстрації зображень, ведення обліку діагностичної інформації про пацієнта і найбільш часто використовувані засоби для попередньої обробки зображень, підвищення якості та маркування зображень.

Дослідження в дисертаційній роботі спрямовані на розроблення методів та системи для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень в офтальмології, зокрема аналізу зображень мікроциркуляції судин ока і судин очного дна. Зображення судин несуть важливу діагностичну інформацію, на підставі дослідження яких лікар може робити висновки про стан здоров'я людини. Оцінювання стану судин використовується також при лікуванні системного атеросклерозу, інсульту, захворювань нирок та ін. Особливо цінним є те, що діагностично значущу інформацію про характер мікроциркуляції кон'юнктиви ока та стан судин очного дна можна отримати із застосуванням неінвазивних методик, без побічних ефектів. Доступність неінвазивного огляду та візуалізації робить судини очного дна найбільш інформативними для аналізу локальної мікроциркуляції та прогностично значущими в плані оцінювання гемодинаміки всього організму.

У даний час переважно при офтальмологічних дослідженнях використовується оптико-електронні системи, які базуються на аналізі локального діаметра судин. Однак такі системи є обмеженими у розумінні процесу аналізу розвитку багатьох захворювань. Клінічно важливими показниками, які вносять істотний внесок в оцінювання ступеня патології та ймовірності розвитку захворювань, є й інші статистичні параметри: нерівномірність діаметра, кривизна, звивистість судин та ін. Офтальмоскопічні дослідження мікросудин на основі сучасних методів та систем для дозволяють оцінювати біомедичні показники стану судинної системи з вищою інформативністю, ніж при вивченні окремих органів і тканин людини. Тому до офтальмологічного діагностичного обладнання висуваються підвищені вимоги щодо достовірності, точності, швидкості оброблення зображень тощо. Сучасні діагностичні системи, що застосовуються в офтальмології, рідко дають таку можливість. Крім того, рівень вимог до медичного діагностичного обладнання,

яке використовується в даній галузі, незмінно підвищується, що вимагає застосування нових інформаційних методів і сучасних засобів до його реалізації.

Тому задача, яка розв'язується в дисертаційній роботі, а саме розробки системи для оцінювання динамічних змін шляхом аналізу біомедичних зображень, що дозволяє автоматизувати етапи діагностики і здійснювати кількісний моніторинг патологічних змін судин є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, результати яких подано в даній дисертаційній роботі, проводились здобувачем протягом 2010-2015 років.

Робота виконувалась відповідно до тематичних планів наукових досліджень ВНТУ та Міністерства освіти і науки України за такими держбюджетними темами: «Створення інформаційних діагностичних технологій для оцінювання стану і визначення індексу здоров'я людини» (№ ДР 0108U000656); «Оптико-електронні технології діагностування та лазерні засоби терапії патологій ока (дослідження та терапія рогівки, сітківки та мікроциркуляції кон'юнктиви ока)» (№ ДР 0110U002167); «Створення автоматизованих діагностичних систем для оцінювання функціонального стану людини» (№ ДР 0105U002421); «Розроблення неінвазивних оптико-електронних систем двовимірної поляризаційної томографії фазово-неоднорідних біологічних об'єктів» (№ ДР 0110U002168).

Мета і задачі дослідження. *Метою даної роботи є підвищення достовірності оброблення біомедичних зображень очного дна шляхом розробки методу і системи оцінювання динамічних змін біомедичних зображень в офтальмології.*

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- провести аналіз існуючих методів і підходів для оцінювання біомедичних зображень очного дна в нормі і патології;
- розробити на основі просторово-зв'язного препарування математичну модель для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень;

- удосконалити метод автоматичного вибору порогу градієнтного фільтра в частині фрагментування інформаційних ділянок;
- розвинути метод W-спектру зв'язності для аналізу біомедичних зображень;
- удосконалити алгоритм формування діагностичних ознак для розроблення критеріїв оцінювання біомедичних зображень очного дна;
- обрентувати вибір алгоритмів оброблення біомедичних зображень очного дна;
- запропонувати функціональну схему системи для оцінювання біомедичних зображень і розробити на її основі саму систему визначення динамічних змін зображень очного дна;
- провести експериментальні дослідження із застосуванням розробленої системи.

Об'єктом дослідження є процес оцінювання динамічних біомедичних зображень на основі методів та системи для аналізу мікроциркуляції судин ока.

Предметом дослідження є інформаційні діагностичні ознаки біомедичних зображень очного дна, характеристики системи для оцінювання біомедичних зображень очного дна.

Методи дослідження – базуються на використанні апарата *Q*-перетворення, паралельно-ієрархічного перетворення – для оцінювання інформаційних ознак біомедичних зображень, методи фільтрації – для усунення шумів різної природи, теорії експерименту та комп'ютерного моделювання для перевірки адекватності розроблених моделей.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше розроблено математичну модель на основі просторово-зв'язного препарування для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень, яка визначає характерні ознаки для досягнення інваріантності щодо повороту зображень і підвищує достовірність оброблення.

2. Удосконалено метод автоматичного вибору порогу градієнтного фільтра, який відрізняється тим, що використовує дані, отримані градієнтними

методами, що визначають оптимальний поріг і підвищують достовірність прогнозування швидкості динамічних змін біомедичних зображень.

3. Отримав подальший розвиток метод W-спектра зв'язності для аналізу біомедичних зображень шляхом фрагментування інформаційних ділянок в частині порівняння зображень із еталонними препаратами, що підвищує достовірність діагностування офтальмологічних захворювань.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що на основі розроблених теоретичних положень реалізовано систему для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень очного дна.

Основні практичні результати, отримані в дисертаційній роботі:

1. Показано, що на основі проведеного обґрунтування вибору алгоритмів для оброблення біомедичних зображень, найбільш інформативними для сегментації зображень очного дна є алгоритм на основі фільтрації Кірша та нелінійного фільтра Собела.

2. Удосконалено алгоритм формування діагностичних ознак для оцінювання мікроциркуляції крові в судинах очного дна в частині використання шаблон-еталонів для сегментації біомедичних зображень, що дозволяє використовувати ділянки зображень, які лікар класифікує як однорідні.

3. Сформульовано рекомендації щодо створення системи для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень на прикладі визначення стану мікроциркуляції крові в судинах очного дна, показники якої дозволяють оцінювати адекватність дій щодо аналізу цифрових біомедичних зображень очного дна.

4. Розроблено систему для оцінювання динамічних змін біомедичних зображень, яка дозволяє проводити оцінювання стану судин та визначення кон'юнктивального індексу за такими показниками: співвідношення діаметрів артеріол і відповідних венул; нерівномірності калібру; меандричні звивистості; мікроаневризми; клубочки; сітководні структури судин; зміни кількості функціонуючих капілярів; артеріоло-венулярні анастомози; крововиливи; периваскулярні набряки; сладж-феномени; мікротромби.

5. Проведено експериментальні дослідження біомедичних зображень мікроциркуляції крові в судинах очного дна за допомогою розробленої системи на кафедрі очних хвороб Вінницького національного медичного університету ім. М.Пирогова (акт впровадження від 15.09.2015 року). Методи та алгоритми оброблення біомедичних зображень також впроваджено у навчальний процес кафедри загальної фізики та фотоніки і лазерної та оптоелектронної техніки Вінницького національного технічного університету (акт впровадження від 10.10.2015 року) та для проведення наукових досліджень на базі Корпорації «Лазер та здоров'я», м. Харків (акт впровадження від 25.08.2015 року).

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується правильною постановкою задачі, коректним використанням математичного апарату препарування зображень, теорії штучних нейронних мереж та кореляційного аналізу, збігом результатів, отриманих аналітичними методами, з результатами експериментальних досліджень, отриманих у тому числі шляхом комп'ютерного моделювання.

Особистий внесок здобувача.

Основні ідеї і розробки, які виносяться на захист, належать авторіві. У наукових працях, написаних у співавторстві, особистий внесок здобувача є таким: [61, 68, 69, 70] – аналіз сучасних засобів обробки двовимірних та тривимірних зображень; [62, 75] – розробка системи та математичної моделі для оцінювання динамічних змін конфігурації біомедичних зображень; [63] – методика аналізу біомедичних зображень; [64] – аналіз методів попереднього оброблення біомедичних зображень та формалізація діагностичних ознак; [65] – дослідження методу автоматичного визначення порогу сегментації динамічних змін конфігурації біомедичних зображень; [61, 72] – алгоритм порівняння та оцінювання переміщень при оцінюванні динамічних змін конфігурації біомедичних об'єктів [66] - побудова системи для визначення змін конфігурації мікросудин кон'юнктиви ока, отримання даних та їх інтерпретація; [67] – порівняльний аналіз та класифікація зображень із застосування паралельно-ієрархічного методу, частково – інтерпретація результатів дослідження; [73] – аналіз інформативних ознак біомедичних

об'єктів; [74, 76] – реалізація системи для кореляційного аналізу біомедичних зображень.

Апробація результатів дисертації.

Результати досліджень, викладені у дисертаційній роботі, доповідались та обговорювались на таких конференціях:

- Міжнародній науково-технічній конференції «Наука и предпринимательство», Вінниця-Ялта, 2005;
- Міжвузівській науково-практичній конференції «Прогресивні інформаційні технології в науці та освіті», Вінниця, 2007;
- II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці», Луганськ, 2008;
- XXXVIII Науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ, Вінниця, 2009;
- I Міжнародній конференції студентів і молодих науковців «Сучасні інформаційні технології 2011», Одеса, 2011;
- Міжнародній конференції “Optical Fibers and Their Applications 2012”, Lublin and Naleczow, Poland, 2012;
- IV Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія», Вінниця, 2014.

Публікації. Результати дисертації опубліковано в 16 наукових працях роботах, включаючи 6 статей в наукових фахових виданнях [61-67], у тому числі 6 статей, які включені до наукометричних баз даних (1 стаття у міжнародній наукометричній базі Scopus), 1 стаття в міжнародному науково-технічному журналі, 7 матеріалів доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях [68-74], 2 патенти України на корисну модель [75-76].

Структура і об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 148 сторінок, з яких основний

зміст викладено на 115 сторінках друкованого тексту, дисертація містить 37 рисунка, 12 таблиць. Список використаних джерел складається з 140 найменувань.

Автор дисертаційної роботи висловлює щирі подяки колективу кафедри лазерної та оптоелектронної техніки ВНТУ, завідувачу кафедри телекомунікацій Університету економіки і технологій транспорту, д.т.н., професору Тимченку Леоніду Івановичу, завідувачу кафедри очних хвороб ВНМУ ім. М. І. Пирогова, д.м.н., професору Салдану Йосипу Романовичу та завідувачеві кафедри клінічної фізіології ВНМУ ім. М. І. Пирогова, д.м.н., професору Коліснику Петру Федоровичу за наукові консультації, врахування яких сприяло покращенню роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Быков Р.Е. Анализ и обработка цветных и объемных изображений / Р.Е. Быков, С.Б. Гуревич. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
2. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений / Л.П. Ярославский. – М.: Сов. радио, 1979. – 312 с.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений Москва: Техносфера, 2005. - 616с: 874-892.
4. Коренной А.В. Математические модели полутоновых изображений / А.В. Коренной // Радиотехника. – 2007. - №8. – С. 79-81.
5. Воробель Р. Повышение контраста изображений с помощью модифицированного метода кусочного растяжения / Р. Воробель, И. Журавель // Отбор и обработка информации. – 2000. – №14(90). – С. 116-121.
6. Цмоць І.Г. Алгоритмічні та матричні НВІС–структури пристроїв ділення для комп'ютерних систем реального часу: Научно-технический журнал “Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы” Херсон, 2004. – №1(13). – С. 97-105.
7. Шумский И.П. Комплексная система получения и обработки изображений “Videoscope” / И. П. Шумский // Цифровая обработка изображений. – Минск, 2001. – С. 88-90.
8. Рашкевич Ю. Використання теорії нечітких множин на наборі відцентрованих в межах піксела зображень для вирішення задачі підвищення роздільної здатності / Ю. Рашкевич, Д. Пелешко, А. Ковальчук, Н. Кустра // Технічні вісті. – 2006. – №3(24). – С. 85-88.
9. Путятин Е.П. Обработка изображений в робототехнике / Е.П. Путятин, С.И. Аверин. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
10. Рашкевич Ю. Удосконалений алгоритм збільшеної роздільної здатності зображень / Ю. Рашкевич, Д. Пелешко, Н. Кустра, З. Шпак // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”: “Комп'ютерні науки та інформаційні технології”. – 2007. – №598. – С. 176-181.

11. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б.Яне. - М.: Техносфера, 2007. - 584 с. - ISBN 978-5-94836-122-2.
12. Самохвалов А.В. Разработка метода интерполяции полутоновых изображений с большими пустыми областями / А.В. Самохвалов // Вестник Ижевского гос. техн. ун-та. – 2009. – №2. – С. 138-141.
13. Абакумов В.Г., Рыбин А.Н., Сватош Й., Синекон Ю.С. Системы отображения в медицине. — К.: Юніверс, 2001.
14. Березький О. Комп'ютерна система аналізу біомедичних зображень / О. Березький, Ю. Батько, Г. Мельник // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2009. – № 650 : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – С. 11-17.
15. Абакумов В.Г., Крылов В.Н., Антощук С.Г., Пилинский В.В. Гибридные информационные модели в биомедицинских системах обработки визуальной информации // Техническая электродинамика. - 2008. - Ч. 4, Тем. выпуск. - С. 108-112.
16. Qiang Wu, Fatima Merchant, K. C. Microscope Image Processing / K. C. Qiang Wu, Fatima Merchant- San Diego, California, USA.: Academic Press, 2008. - 576 p.
17. Ильясова Н.Ю. Системы компьютерного анализа диагностических изображений кровеносных сосудов. дис. ... докт. техн. наук: 05.11.17 / Ильясова Наталья Юрьевна. – Самара, СГАУ, 2014.– 346 с.
18. Ильясова Н.Ю. Системы компьютеризированного анализа геометрических характеристик диагностических изображений кровеносных сосудов / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. Том 16. - № 4-1. С. 54 – 62.
19. Пантелеев В., Егорова О., Клыкова Е. Компьютерная микроскопия. - М. : Техносфера, 2005. - 300 с .
20. Ильясова, Н.Ю. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.Г. Храмов. - М.: Радио и связь, 2012. - 424 с.

21. Методи та система оброблення слабоконтрастних зображень для оцінювання показників мікрокапілярів кінцівок людини : монографія / Й. Й. Білинський, П. М. Ратушний. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 122 с.
22. Авербух В. Л. К теории компьютерной визуализации/ Вычислительные технологии. – 2005. – Том 10. – № 4. – С. 21–51.
23. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование / Н. Н. Голованов – М. : Издательство Физико-математической литературы, 2002. – 472 с.
24. Дональд Херн, М. Паулин Бейкер. Компьютерная графика и стандарт OpenGL, 3-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2005. – 1168 с.
25. Косников Ю. Н. Поверхностные модели в системах трехмерной компьютерной графики / Ю. Н. Косников. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2007. – 60 с.
26. Akenine-Möller T. Real-time Rendering / T. Akenine-Möller, N. Hoffman, E. Haines – Wellesley: A. Peters, 2007. – 1045 P.
27. Плетнев Ф. А. Быстрые методы закраски в реалистической графике / Ф. А. Плетнев // ВАНТ. Серия «Математическое моделирование физических процессов. – 1997. – Вып.4. – С. 39–50.
28. Gouraud H. Continuous shading of curved surfaces / H. Gouraud // IEEE Trans. on Comp. – 1971. – Vol. 29. – No. 6. – P. 623–628.
29. Палташев Т. Т. Растривание и распределенная обработка в системах генерации реалистических изображений / Т. Т. Палташев, С. И. Климина // Зарубежная радиоэлектроника. – 1992. – № 11. – С. 3–22.
30. Калютов А. В. Введение в фотореалистическую графику / А. В. Калютов. – СПб. : Политехника, 2006. – 118 с.
31. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Прэтт У. – М. : Мир, т. 1, 2. 1982.
32. Русин Б. П. Системи синтезу, обробки та розпізнавання складноструктурованих зображень / Русин Б. П. – Львів : Вертикаль, 1997. - 264 с.

33. Малашенкова И. В. Моделирование свойств поверхности объекта /И. В. Малашенкова, А. А. Моисейкин. // Математическая морфология. – 2006. – Том 5. – Выпуск 4. – С. 12–29.
34. Phong B.T. Illumination for computer generated images / В. Т. Phong // Comm. of the ACM. – June 1975/ – No 18(6). – P. 311–317.
35. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / Ротштейн А. П. – Винница. : УНИВЕРСУМ – Винница, 1999. – 320 с.
36. Ротштейн А. П. Медицинская диагностика на нечеткой логике / Ротштейн А. П. – Винница.: Континент, 1996. – 132 с.
37. Кожем'яко В. П. Оптико-електронні методи і засоби для обробки та аналізу біомедичних зображень / Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Станчук К. І. // Монографія – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 203 с.
38. Потапов А.С. Распознавание образов и машинное восприятие. – СПб.: Политехника, 2007. – 548 с.
39. T. Teng. Progress towards automated diabetic ocular screening: a review of image analysis and intelligent systems for diabetic retinopathy / T. Teng, D. Claremont, M. Lefley // Medical & Biological Engineering & Computing. – 2002. – Vol. 40(1). – P. 2-13. - ISSN: 0140-0118.
40. Heneghan, C. Characterization of changes in blood vessel width and tortuosity in retinopathy of prematurity using image analysis / C. Heneghan, J. Flynn, M. O'Keefe, M. Cahill // Med. Image. Anal. - 2002. - Vol. 6(4). - P. 407-29.
41. Cheung, C.S. Computer-assisted image analysis of temporal retinal vessel width and tortuosity in retinopathy of prematurity for the assessment of disease severity and treatment outcome / C.S. Cheung, Z. Butty, N.N. Tehrani, W.C. Lam // J AAPOS. - 2011. - Vol. 15(4). - P. 374-380.
42. Haddouche, A. Detection of the foveal avascular zone on retinal angiograms using Markov random fields / A. Haddouche, M. Adel, M. Rasigni, J. Conrath, S. Bourenane // Digital Signal Processing. - 2010. - Vol. 20(1). - P. 149-154.
43. Lowell, J. Measurement of retinal vessel widths from fundus images based

on 2-D Modeling / J. Lowell, A. Hunter, D. Steel, A. Basu, R. Ryder, R.L. Kennedy // IEEE Trans Med Imaging. - 2004. - Vol 3(10). - P. 1196-1204.

44. Foracchia, M. Extraction and quantitative description of vessel features in hypertensive retinopathy fundus images / M. Foracchia // Book Abstracts / 2nd International Workshop on Computer Assisted Fundus Image Analysis. - 2001. - P. 6. – doi: 10.1109/TMI.2004.829331

45. Семёнова, Н.С. Комплексная методика оценки ангио- и нейроархитектоники сетчатки у больных гипертонической болезнью и синдромом обструктивного апноэ/гипоапноэ сна: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / Н.С. Семёнова. - Москва: МГУ, 2012. - 131с.

46. Малая Л.Т., Микляев И.Ю., Кравчук П.Г. Микроциркуляция в кардиологии. Харьков, 1977. — 230 с.

47. Fraz, M.M. Blood vessel segmentation methodologies in retinal images / M.M. Fraz, P. Re- magnino, A. Hoppe, B. Uyyanonvara, A.R. Rudnicka, C.G. Owen, S.A. Barman // Computer Methods Programs Biomed. - 2012. - Vol. 108(1). - P. 407-433.

48. Метод оценки оксигинации субконъюнктивального сосудистого русла с помощью спектроскопии отраженного света / [В.Ф. Шмырева. С.Ю. Петров. А.А. Антонов, В.П. Сиплиный. А.А.Стратонников. Т.А. Савельева. С.А. Шевчик. А.В. Рябова] // Глаукома. - 2008. - № 2. - С. 9-14.

49. Staal, J.J. Ridge based vessel segmentation in color images of the retina / J.J. Staal, M.D. Abramoff, M. Niemeijer, M.A. Viergever, and B. van Ginneken // IEEE Transactions on Medical Imaging. - 2004. - Vol. 23(4). - P. 501-509.

50. Gelman, R. Diagnosis of Plus Disease in Retinopathy of Prematurity Using Retinal Image multiScale Analysis / R. Gelman, M.E. Martinez-Perez, D.K. Vanderveen, A. Moskowitz, A.B. Fulton // Investigative Ophthalmology and Visual Science. - 2005. - Vol. 46(12). - P. 4734-4738.

51. Hoover, A. Locating the optic nerve in a retinal image using the fuzzy convergence of the blood vessels / A. Hoover, M. Goldbaum // IEEE Trans Med Imaging. - 2003. - Vol. 22. - P. 951-958.

52. Шишкин Е.В., Боресков А.В. Компьютерная графика. Динамика, реалистичные изображения. – М.: Диалог – МИФИ, 1995. – С. 76.
53. Методы обработки биомедицинских изображений// Карпенко А.С., Чирков К.В.- ilab.xmedtest.net/
54. Сравнительный анализ алгоритмов видения контуров медицинских изображений, Эль-Хаттиб С.А., Скобцов Ю.А. - masters.donntu.edu.ua/2011/fkntl/el-khatib/library/
55. Бойко, Д.О. Обзор методов сегментации медицинских изображений [Текст] / Бойко Д.О., Филатова А.Е. // Международная научная конференция MicroCAD : Секція №15 - Застосування комп'ютерних технологій для вирішення наукових і соціальних проблем у медицині - НТУ "ХПИ", 2012.
56. Методы и алгоритмы фильтрации изображений – www.mm-dsp.com/index.php
57. Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов, А.В. Бондаренко, М.В. Ососков, А.В. Моржин. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: Курс лекций и практических занятий. – М.: Физматкнига, 2010. – 672 с.
58. И.М.Журавель. Краткий курс теории обработки изображений / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: matlab.exponenta.ru/imageprocess/books5/8-2.php
59. Интроскопия [Электронный ресурс] – Вікіпедія. Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтроскопія>. Дата опублікування: 24 березня 2013. Дата перегляду: 20.02.2016р.
60. Инфраредовна термографія [Электронный ресурс] – ТермВікі. Режим доступа: http://uk.termwiki.com/UK/infrared_thermography. Дата опублікування: невідома. Дата перегляду: 20.02.2016р.
61. Нікітченко Н. П.¹ Основні етапи графічного конвеєру / В. А. Денисюк, Т. П. Нікітченко, Н. П. Нікітченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2008. – № 12(130), Ч. 2. – С. 110-114. – ISSN 1998-7927.

¹ Нікітченко Н.П. вважати Бабюк Н.П. у зв'язку із зміною прізвища.

62. Using of fuzzy expert method for diagnostic glaucoma / S. V. Pavlov, A. O. Rozhman, N. P. Babyuk, I. D. Ivasyuk // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 2(43). – С. 152-157. – ISSN 2219-9365.

63. Fuzzy expert opto-electronic system for the analysis of biomedical images (for example diagnosing glaucoma) / S. V. Pavlov, O. D. Azarov, N.P. Babyuk and other // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2013. – № 1(26). – С. 8-14. – ISSN 1999-9941.

64. Застосування оптико-електронних технологій для оброблення біомедичних зображень шляхом формування інформаційних ознак / С. В. Павлов, О. Д. Азаров, Д. В. Вовкотруб, Н. П. Бабюк // Проблеми інформатизації та управління. – 2013. – № 1(41). – С. 81-87. – ISSN 2073-4751.

65. Метод автоматического определения сегментационного порога для повышения качества прогнозирования параметров изображений / С. В. Павлов, А. А. Поплавский, А. А. Поплавская, Н. П. Бабюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2013. – № 2 (26). – С. 8-12. - ISSN 1681-7893.

66. Оцінювання динамічних змін конфігурації зображень мікросудин кон'юнктиви ока / В. П. Кожем'яко, С. В. Павлов, П. Ф. Колісник, Н.П. Бабюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2014. – № 1(27). – С. 95-103. – ISSN 1681-7893.

67. Метод класифікації зображень плям лазерних пучків із застосуванням паралельно-ієрархічної мережі із підвищеною точністю / Л.І. Тимченко, М. С. Петровський, Н. І. Кокряцька, Н. П. Бабюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2014. – № 1(27). – С. 5-17. – ISSN 1681-7893.

68. Романюк О.Н. Модифікований алгоритм Раперта для триангуляції поверхонь / О.Н. Романюк, Н.П. Нікітченко, О.П. Гончарук // Наука и предпринимательство : Международная научно-техническая конференция : сборник трудов, 14-17 сентября 2005 г., г. Винница-Ялта – Винница-Ялта, 2005. – С.79-80.

69. Нікітченко Н. П. Аналіз методу тіньових карт та його модифікація / Н. П. Нікітченко, Т. П. Нікітченко, В. Ф. Варкетин // Прогресивні інформаційні технології в науці та освіті : Міжвузівська науково-практична конференція : збірник наукових праць, 4-5 жовтня 2007 р., м. Вінниця. – Вінниця: Вінницький соціально-економічний інститут Університету «Україна», 2007. – С. 100-105.

70. Нікітченко Н. П. Основні етапи графічного конвеєру / В. А. Денисюк, Т. П. Нікітченко, Н. П. Нікітченко // Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці : матеріали II Всеукраїнська науково-практична конференція, 8-10 квітня 2008 р., м. Луганськ. – Луганськ: Альма-матер, 2008. – С. 27-28.

71. Нікітченко Н. П. Методи перспективно-коректного накладання текстур / Н. П. Нікітченко, О.Н. Романюк // XXXVIII Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ : тези доповідей. – Вінниця, 2009. – С. 41.

72. Програмний модуль для порівняння зображень / О.В. Романюк, Т.М. Павлик, Н.П. Бабюк, О.Н. Романюк // Сучасні інформаційні технології 2011 : матеріали першої міжнародної конференції студентів і молодих науковців, 12-13 травня 2011 р., м. Одеса. – Одеса: Издательство, 2011. – С. 53-54.

73. Microfacet distribution function for physically based bidirectional reflectance distribution functions / O. N. Romanyuk, S. V. Pavlov, N. P. Babyuk and others // Optical Fibers and Their Applications 2012. Lublin and Naleczow, Poland, Code 96466. – ISBN 978-081949485-6.

74. Павлов С. В. Розробка біомедичної системи при діагностиці прогресування ІМР / С. В. Павлов, Д. В. Вовкотруб, Н. П. Бабюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія : Четверта Міжнародна науково-практична конференція : тези доповідей, 28-30 травня 2014 р., м. Вінниця – Вінниця: ВНТУ, 2014. – С. 86-88. – ISBN 978-966-641-465-9.

75. Патент на корисну модель 89910 Україна, МПК А61В 3/02. Оптико-електронний пристрій для дослідження дна ока / Павлов Сергій Володимирович, Вовкотруб Діна Вікторівна, Салдан Йосип Романович, Бабюк Наталя Петрівна; заявник та патентовласник Вінницький національний

технічний університет. – № U 2013 06898; заявл. 01.06.2013; опубл. 12.05.2014, Бюл. № 9. – 4 с.

76. Патент на корисну модель 94490 Україна, МПК А61В 3/06. Кореляційна система аналізу структурних змін мікросудин кон'юнктиви ока / Павлов Сергій Володимирович, Тимченко Леонід Іванович, Марченко Людмила Володимирівна, Колісник Петро Федорович, Романюк Сергій Олександрович, Бабюк Наталя Петрівна ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № U 2014 06807; заявл. 16.06.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21. – 4 с.

77. Тимченко Л.И. Многоэтапная параллельно-иерархическая сеть как модель нейроподобной схемы вычислений / Л.И. Тимченко // Кибернетика и системный анализ. – 2000. - №2. – С. 114-134.

78. V. P. Kozhemyako, Y. F. Kutaev, L. I. Timchenko, S.V. Chepornyuk, R.R. Hamdi, A.A. Gertsy, I.D. Ivasyuk, The Q-transformation method applying to the facial images normalization, in: Proc. International ICSC/IFAC Symposium NEURAL COMPUTATION–NC'98, Vienna, 287-291 (1998).

79. Л.И.Тимченко, А.А. Поплавский, Н.И. Кокряцкая. Использование градиентных масок для быстрого определения центров изображений пятен лазерных пучков с повышенной точностью. Проблемы управления и информатики. - №4, 2011. - С. 108 - 112.

80. Філінюк М. А. Критеріальна оцінка ефективності узагальнених перетворювачів іммітансу / Філінюк М. А., Ле Туан Ту, Піддубний О. П. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1999. – № 1. – С. 85–90.

81. William K. Pratt, Introduction to Digital Image Processing, CRC Press, 2013,-708 p.

82. Shtuchkin A. Structured light range sensing using color patterns and two stage dynamic programming / Shtuchkin A., Gurov I. // In: Proc. OSAV'2004, Int. Topical Meeting on Optical Sensing and Artificial Vision (St. Petersburg, Russia, 19–21 October 2004). Saint Petersburg State University ITMO – 2004. – P. 40–47.

83. Zhang Li Rapid shape acquisition using color structured light and multipass dynamic programming / Zhang Li, Curless B., Seitz S. // Int. Symp. on 3D Data Processing, Visualization and Transmission. Padova, Italy. – 2002. – P. 24–36.
84. Система управления процессом распознавания и определения геометрических размеров объектов для гибких производственных систем / [Шевчук В. П., Мелехов Д. Б., Титов Р. Н., Саньков А. Г.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – № 5. – С. 54–57.
85. L. I. Timchenko, A multistage parallel-hierarchical network as a model of a neurolike computation scheme, *Cybernetics and Systems Analysis*, 36, No. 2, 251–267 (2000).
86. Параллельные методы и средства распознавания образов. Том 2 / под ред. А. Н. Свенсона. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 280.
87. N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram", *IEEE Trans. Syst. Man Cybern*, 9, pp. 62-66 (1979).
88. A. Canny, "Computational Approach to Edge Detection", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), pp. 679-698 (1986).
89. Ta-Hsin Li, Gibson J.D. "Time correlation analysis of a class of nonstationary signals with an application to radar imaging." *IEEE Intl. Conf. Acoust., Speech and Signal Proc. ICASSP97 Munich, Germany*, vol. 5, 1997, pp. 3765-3769.
90. C. M. Bishop, "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer (2006).
91. S. M. Smith and J. M. Brady, "SUSAN - a new approach to low level image processing", *International Journal of Computer Vision*, **23**(1), pp. 45-78, (May 1997) doi:10.1023/A:10 07963 8247101.
92. L. Breiman, "Random Forests Machine Learning", v.45, №.1, pp. 5-32 (2001).
93. S.V. Hlushakou and A.L. Klevtsov, "Programming in Delphi7.0", *Folio*, pp. 415 (2003).
94. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов / Р. Блейхут –М.: «Мир», 1989. —284с.
95. Микаэлян А. Л. Оптические методы в информатике: запись,

обработка и передача информации / Микаэлян А. Л. – М. : Наука. Современные физические проблемы, 1990. – 250 с.

96. Оптико-електронні технології аналізу біомедичних зображень: /С.В. Павлов, В.П. Кожем'яко, І.І. Бурденюк, Рамі Ребхі Хамді. – Вінниця, ВНТУ, 2011. – 166 с.

97. Павлов С. В. Исследование методов и разработка универсальных информационно-измерительных систем с оптическим преобразованием биомедицинской информации: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.1 / Павлов Сергей Владимирович. – Вінниця, 1995.– 210 с.

98. Бохвалов Н. С. Численные методы / Н. С. Бохвалов, Н. П. Житков, Г. М. Кобельков. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 636 с.

99. Аналіз сучасних методів візуалізації даних в неврології і нейрохірургії з точки зору їх діагностичної цінності / [Злепко С. М., Белоусова О. В., Белзецкий Р. С., Аль-Адемі Я. Т.] // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – № 1. – 2010. –С. 134–137.

100. Бунин А.Я. Микроциркуляция глаза / А.Я. Бунин. Л А. Каинельсон, А.А. Яковлев. - М.: Медицина,- 1984. - 270 с.

101. Метод оценки оксигинации субконъюнктивального сосудистого русла с помощью спектроскопии отраженного света / [В.Ф. Шмырева. С.Ю. Петров. А.А. Антонов, В.П. Сипливый. А.А.Стратонников. Т.А. Савельева. С.А. Шевчик. А.В. Рябова] // Глаукома. - 2008. - № 2. - С. 9-14.

102. Ильясова, Н.Ю. Оценивание геометрических признаков пространственной струк-туры кровеносных сосудов // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 529-538. – ISSN 0134-2452.

103. Ильясова, Н.Ю. Измерение биомеханических характеристик сосудов для ранней ди-агностики сосудистой патологии глазного дна / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, М.А. Ананьин, Н.А. Гаврилова // Компьютерная оптика. – 2005. – № 27. – С. 165-170.

104. Павлов С. В. Неінвазивні оптико-електронні прилади та системи діагностики мікроциркуляції периферійного кровообігу : дис. д-ра техн. наук: 05.11.17 / Павлов Сергій Володимирович. – Вінниця, 2008. – 338 с.

105. Ильясова Н.Ю. Системы компьютерного анализа диагностических изображений кровеносных сосудов. дис. ... докт. техн. наук: 05.11.17 / Ильясова Наталья Юрьевна. – Самара, СГАУ, 2014.– 346 с.

106. Ильясова, Н.Ю. Анализ структуры сосудистой системы сердца методом трассировки изображений проекций / Н.Ю. Ильясова, А.О. Корепанов, А.В. Куприянов, В.Г. Баранов, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 2002. – № 23. – С. 53-57.

107. Ильясова, Н.Ю. Измерение биомеханических характеристик сосудов для ранней диагностики сосудистой патологии глазного дна / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, М.А. Ананьин, Н.А. Гаврилова // Компьютерная оптика. – 2005. – № 27. – С. 165-170.

108. Ильясова, Н.Ю. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.Г. Храмов. - М.: Радио и связь, 2012. - 424 с.

109. Ильясова, Н.Ю. Оценивание геометрических признаков пространственной структуры кровеносных сосудов // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 529-538. – ISSN 0134-2452.

110. Потапов А.С. Распознавание образов и машинное восприятие. – СПб.: Политехника, 2007. – 548 с.

111. Medina-Carnicer, R., Muñoz-Salinas, R., Yeguas-Bolivar, E., Diaz-Mas, L. A novel method to look for the hysteresis thresholds for the Canny edgedetector, Pattern Recognition, 44 (6), pp. 1201-1211 (2011).

112. Кожем'яко В.П. Образний відео-комп'ютер око-процесорного типу : монографія / В.П. Кожем'яко, Г.Л. Лисенко, А.А. Яровий, А.В. Кожем'яко. ВНТУ.– Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008.– 215 с. - ISBN 966-641-261-7.

113. Білінський Й. Й. Детектор виділення контуру розфокусованих зображень / Й.Й. Білінський, К.В. Огородник, І.В. Микулка // Наукові праці ВНТУ. – Вінниця.–2012. – №3.

114. Білінський Й. Й. Пристрій розпізнавання зображень на основі шаблонів і класифікаторів / Білінський Й. Й. Білінський В. Й. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – №1 (13) – С. 41–45.

115. Білінський Й. Й. Класифікація методів крайового детектування зображень / Білінський Й. Й. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 1. – С. 161–169.

116. Білінський Й. Й. Субпікселне вимірювання геометричних параметрів сегментних елементів зображення / Білінський Й. Й. // Методи та прилади контролю якості. – 2007. – Вип. 19. – С. 35–39.

117. Свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 23631 Україна. Комп'ютерна програма «Локалізація краю об'єкта на зображенні»/ Й. Й. Білінський, П. М. Ратушний. Дата реєстрації 1.02.08. – 4 с.

118. Кожем'яко В.П. Вступ в алгоритмічну теорію ієрархії і паралелізму нейроподібних обчислювальних середовищ та її застосування до перетворення зображень. Основи теорії пірамідально сільового перетворення зображень : посібник / В.П. Кожем'яко, Л.І. Тимченко, Ю.Ф. Кутаєв, І.Д. Івасюк. – К.: УМК ВО, 1994. – 272 с.

119. Yang L., Meer P., Foran D. Unsupervised segmentation based on robust estimation and color active contour models // IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine. – 2005. – V. 9. - P. 475–486.

120. Fernández-García, N.L., Carmona-Poyato, A., Medina-Carnicer, R., Madrid-Cuevas, F.J. Automatic generation of consensus ground truth for the comparison of edge detection techniques, Image and Vision Computing, 26 (4), pp. 496-511 (2008).

121. Vogel S., Schiele B. Semantic Modeling of Natural Scenes for Content-Based Image Retrieval // International Journal of Computer Vision. - 2007. - №2. – P. 133-157.

122. Avrunin O., Tymkovych M., Pavlov S., Timchik S., Kisała P., Orakbaev Ye. Classification of CT-brain slices based on local histograms // Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and their Applications 2015, 98161j (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229040.

123. Боровиков В.П. Искусство анализа данных на компьютере / В.П. Боровиков; 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

124. Яровий А.А. Паралельно-ієрархічні мережі як структурно-функціональний базис розробки оптико-електронної моделі для побудови образного комп'ютера / дис... канд. техн. наук: 05.13.13 / А.А. Яровий; Вінниц. нац. техн. ун-т. — Вінниця, 2004. — 19 с.
125. William K. Pratt, Introduction to Digital Image Processing, CRC Press, 2013 – 708 p.
126. P.J. Brockwell and R.A. Davis, Introduction to Time Series and Forecasting, second edition, Springer-Verlag, New York., 2002,
127. Box George, Jenkins Gwilym, Time series analysis: forecasting and control, rev. 3 Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA , 1994, 592p.
128. Haykin S., Neural Networks, 2nd ed., New Jersey: Prentice Hall, 1999,- 1104p.
129. Dimitri P. Bertsekas, Linear network optimization: algorithms and codes, MIT Press, 1991, pp.109-122.
130. Robert J. Howlett, L. C. Jain, Radial basis function networks 2: new advances in design, -Haidelberg; NewYork: Phisycs-Verl., 2001.
131. Боровиков В.П. Нейронные сети. Методология и технология современного анализа данных., -М.: Горячая линия - Телеком, 2008. - 392с.
132. Sugimura H., Takashima K. “On a fractal approach to actual plant images”. Proc. of Int. Conf. Pattern Recognition and Image Processing’99. Minsk, Republic of Belarus, 1999, pp.130-133.
133. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М. «Наука», 1986.
134. Оптико-електронні інформаційні технології контролю реологічних властивостей крові / [Павлов С. В., Кожемяко В. П., Ганиш Н. В., Бурденюк І. І.] // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – № 2 (9). – 2007. – С. 75–80.
135. Cho Y.H. “An Efficient Compression of Image Data Using Neural Networks of Hybrid Learning Algorithm”. Int. ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation – NC’98, Vienna, Austria, 1998, pp. 798-801

136. Rosenfeld A.A., Troy E.B. Visual Texture Analysis./ In Proc. UMR-Mervin J. Kelly Communication Conf. - Missouri: University of Missouri-Rolla, Oct. 1970, Section 10-1.

137. Харалик Р.М. Статистический и структурный подходы к описанию функций. /ГИИЭР. – 1979. – Т.67, №5.

138. Threedimensional optical profilometry for artwork inspection / [Schirripa Spagnolo G., Guattari G., Sapia C., Ambrosini D. at al.] // J. Opt. A: Pure Appl. Opt. – 2000. – V. 2. – P. 353–361.

139. Воробель Р. А. Цифрова обробка зображень на основі теорії контрастності : дис. д-ра техн. наук : 05.13.06 / НАН України. – Л., 1999. –369 с.

140. Хемминг Р. В. Цифровые фильтры / Р. В Хемминг –М. : Недра, 1987. – 221 с.

