

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Тернопільський національний економічний університет

МЕЛЬНИК ГРИГОРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 004.932.2+004.925.8:616-006.

**Інформаційна технологія аналізу та синтезу структурних
текстур в автоматизованих системах опрацювання
гістологічних зображень**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Тернопільському національному економічному університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Березький Олег Миколайович
Тернопільський національний економічний університет,
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Крилов Віктор Миколайович,
Одеський національний політехнічний університет,
завідувач кафедри прикладної математики та
інформаційних технологій в бізнесі;

доктор технічних наук, доцент
Пелешко Дмитро Дмитрович,
Національний університет "Львівська політехніка",
професор кафедри інформаційних технологій
видавничої справи.

Захист відбудеться «7» березня 2013 р. о 16⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.082.02 при Тернопільському національному економічному університеті за адресою: 46020, м. Тернопіль, вул. Львівська, 11а (корпус 11, зал засідань).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Тернопільського національного економічного університету адресою: 46020, м. Тернопіль, вул. Бережанська, 4.

Автореферат розісланий «5» лютого 2013 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент

В.В. Яцків.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Згідно даних статистичних досліджень на другому місці за рівнем смертності серед населення України та світу займають злоякісні новоутворення. У клінічній практиці для їх вивчення використовується світлова мікроскопія, яка є областю лабораторних досліджень, де домінує трудомісткий суб'єктивний якісний аналіз. При верифікації попереднього діагнозу, подальшому лікуванні і плануванні терапії використовуються отримані за допомогою мікроскопа гістологічні зображення (ГЗ).

Протікання злоякісних процесів характеризується зміною структури тканин. Аналіз цих змін виконується візуально, в результаті чого отримується якісна експертна оцінка. Вона є необхідною, але недостатньою, оскільки для повної характеристики патологічних процесів потрібні кількісні ознаки, які отримуються шляхом числового морфометричного аналізу, що зменшує суб'єктивізм дослідника. Крім того, проведення гістологічної експрес-діагностики, наприклад, під час хірургічного втручання, ставить додаткові вимоги до оперативності таких досліджень. Аналіз ГЗ показав, що вони належать до класу структурних текстур, тобто складаються з обмеженої кількості непохідних елементів, що знаходяться у відношенні просторового порядку – мають структурні залежності. Отже, аналіз структурних властивостей ГЗ складається із операцій виділення непохідних елементів – мікрооб'єктів та оцінки структурних залежностей між ними. Аналіз існуючих автоматизованих систем опрацювання ГЗ (АСОГЗ) показав відсутність інформаційних технологій для аналізу структурних властивостей ГЗ. Розроблення та верифікація таких технологій ускладнені обмеженістю обсягів тестових вибірок зображень, зокрема нормальних тканин.

Методи виділення мікрооб'єктів висвітлені в роботах Ю. Скобцова, Л. Тимченка, А. Ruifrok. Дослідження в області розроблення методів структурного аналізу і синтезу зображень проводили вітчизняні та закордонні вчені: С. Абламейко, С. Антошук, О. Ахметшин, В. Боюн, Ю. Василенко, Р. Воробель, В. Грицик, Р. Дуда, Р. Камінський, В. Кожем'яко, В. Крилов, В. Машталір, Л. Местецький, О. Романюк, Є. Путятін, Д. Серра, І. Сіроджа, В. Сойфер, О. Тузіков, В. Файн, Я. Фурман., М. Шлезінгер, D. Chetverikov, R. Collins, D. Ebert, F. Musgrave, K. Perlin, A. Turina, S. Worley.

Аналіз існуючих методів структурного аналізу зображень показав такі недоліки: неінваріантність до повороту та зміни форми непохідного елемента. Методи аналізу, що використовують класифікацію груп симетрії на площині, обмежені лише штучними текстурами. В умовах зміни форми, колірних та текстурних ознак мікрооб'єктів перелічені недоліки не дозволяють підвищити рівень автоматизації процесу морфометричного аналізу ГЗ.

Для усунення цих недоліків перспективним є використання методів структурного розпізнавання зображень на основі теорії кристалографічних груп у розвиток якої значний внесок зробили: Г. Вейл, О. Заморзаєв, Г. Коксетер, Ф. Кляйн, Є. Федоров, А. Шенфліс, О. Шубніков. Не дивлячись на нескінченну різноманітність зображень структурних текстур, можлива скінченна множина варіантів розміщення непохідних елементів, що характеризується тільки 17-ма

групами симетрії на площині. Наявність афінних спотворень непохідних елементів та зв'язків між ними в структурній текстурі ГЗ спричиняє нескінченну кількість асиметричних структур. Визначення різниці між асиметричною та відомою симетричною структурами дозволить автоматизувати морфометричну оцінку патологічних змін тканин при злоякісних процесах. Поєднання теорії кристалографічних груп та методів параметричного синтезу зображень мікрооб'єктів дозволить автоматизувати генерацію тестових вибірок ГЗ.

Таким чином актуальною науково-технічною задачею є розроблення інформаційної технології аналізу та синтезу структурних текстур для підвищення рівня автоматизації процесу морфометричного аналізу гістологічних зображень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася відповідно до напрямків наукової діяльності кафедри комп'ютерної інженерії факультету комп'ютерних інформаційних технологій Тернопільського національного економічного університету (ТНЕУ) за темами Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України:

1) кафедральною темою «Розробка та дослідження методів аналізу зображень біомедичної природи», 2008-2012 рр. (номер державної реєстрації 0107U012222). В рамках теми автором, як відповідальним виконавцем, розроблено методи і алгоритми аналізу та синтезу гістологічних зображень на основі теорії кристалографічних груп;

2) держбюджетною темою «Інформаційно-аналітична система для дослідження та діагностування пухлинних (ракових) клітин людини на основі аналізу їх зображень», 2008-2010 рр. (номер державної реєстрації 0108U002109). В рамках теми автором, як відповідальним виконавцем, проведено аналітичне дослідження зображень пухлинних клітин людини, розроблено метод і алгоритм сегментації гістологічних зображень.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розроблення інформаційної технології аналізу та синтезу структурних текстур на основі теорії кристалографічних груп для підвищення рівня автоматизації опрацювання гістологічних зображень.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

– провести аналіз методів та алгоритмів структурного аналізу зображень, методів класифікації текстур, сегментації та синтезу гістологічних зображень і автоматизованих систем опрацювання зображень;

– розробити метод оцінки структурної атипії гістологічних зображень на основі теорії кристалографічних груп для визначення групи симетрії площини окремих структур мікрооб'єктів;

– розробити метод синтезу зображень мікрооб'єктів для відтворення мікрооб'єктів на тестових гістологічних зображеннях;

– вдосконалити метод співставлення областей різної форми на основі відповідних точок, знайдених за допомогою дискретних центральних моментів, для знаходження структурних залежностей між мікрооб'єктами;

– вдосконалити метод синтезу гістологічних зображень на основі теорії кристалографічних груп для створення тренувальних вибірок гістологічних

зображень із заданими параметрами спотворення;

- вдосконалити метод сегментації гістологічних зображень на основі текстурних ознак для виділення області структурної текстури ГЗ;

- розробити інформаційну модель для представлення даних аналізу гістологічних зображень;

- створити інформаційну технологію аналізу та синтезу структурних текстур та здійснити експериментальне дослідження запропонованих алгоритмів аналізу та синтезу гістологічних зображень.

Об'єкт дослідження: процеси аналізу та синтезу гістологічних зображень.

Предмет дослідження: методи і засоби аналізу та синтезу структурних текстур на прикладі гістологічних зображень.

Методи досліджень. При виконанні поставлених у дисертаційній роботі задач, застосовувалися методи теорії алгоритмів, теорії кристалографічних груп, теорії розпізнавання образів і аналітичної геометрії, технологій структурного та об'єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна отриманих результатів. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень отримано такі основні наукові результати:

- вперше розроблено метод оцінки структурної атипії гістологічних зображень на основі теорії кристалографічних груп та дерева афінних перетворень, що дало можливість визначити групи симетрії площини для окремих структур мікрооб'єктів та оцінити ступінь їх спотворення;

- вперше розроблено метод синтезу зображень мікрооб'єктів на основі параметричного синтезу текстури та автоматичного керування параметрами кольору, що дало змогу підвищити якість відтворення зображень мікрооб'єктів;

- удосконалено метод співставлення областей різної форми на основі відповідних точок, знайдених за допомогою дискретних центральних моментів, що дало можливість зменшити величину симетричної різниці під час співставлення областей;

- удосконалено метод синтезу гістологічних зображень на основі використання породжуючих перетворень груп симетрії площини та параметричного синтезу зображень мікрооб'єктів, що дало змогу зменшити обсяги пам'яті для зберігання зображень;

- отримав подальший розвиток метод текстурної сегментації гістологічних зображень за рахунок застосування гістограмного аналізу геометричних моментів-ознак, що дало можливість підвищити якість сегментації.

Практичне значення одержаних результатів. У результаті виконаного дисертаційного дослідження, на основі розроблених методів і засобів, реалізовано автоматизовану систему опрацювання гістологічних зображень для опрацювання гістологічних зображень пухлинних (ракових) клітин людини. Система здійснює завантаження зображень, автоматизовану сегментацію, обчислення інформативних та морфометричних ознак мікрооб'єктів, їх статистичне оброблення та вивід результатів аналізу. Впровадження розробленої інформаційної технології дозволило підвищити рівень автоматизації опрацювання

гістологічних зображень на 10%.

Результати дисертаційного дослідження використано у Тернопільському обласному патологоанатомічному бюро для розв'язання задач гістологічних досліджень. Теоретичні та практичні результати використано у навчальному процесі, а також під час виконання курсових і дипломних робіт на кафедрі комп'ютерної інженерії факультету комп'ютерних інформаційних технологій ТНЕУ.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертаційної роботи отримано автором особисто. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, автору належать: [4, 12] – метод синтезу зображень мікрооб'єктів гістологічних зображень; [5, 10, 15] – експериментальне дослідження методів синтезу структури систем автоматизованої мікроскопії; [8,13] – методика сегментації гістологічних зображень; [7, 11] – дерево І–АБО для структурного синтезу апаратної складової системи опрацювання гістологічних зображень; [21, 24] – метод аналізу гістологічних зображень; [14, 16] – алгоритм синтезу гістологічних зображень; [6, 17, 20, 22, 23] – експериментальні дослідження автоматизованої системи опрацювання гістологічних зображень.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи представлялися на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях і школах-семінарах, а саме: міжнародній науково-технічній конференції «Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в мікроелектроніці» (Поляна-Свалява, 2009 р.); міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (Євпаторія, 2009-2011 рр.); міжнародній конференції Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (Ренде, Італія, 2009 р.); міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії» (Львів-Славсько, 2010 р.); міжнародній науково-технічній конференції «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» (Львів, 2007, 2009, 2011 рр.); Всеукраїнській міжнародній конференції з оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів «УкрОБРАЗ» (Київ, 2012 р.) а також на наукових семінарах кафедри комп'ютерної інженерії факультету комп'ютерних інформаційних технологій ТНЕУ (2009-2012 рр.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи відображені у 24 публікаціях, зокрема: 10 статей у фахових виданнях, що входять до переліку затвердженого МОНмолодьспорту України, з них 4 одноосібні; 13 публікацій у збірниках матеріалів і тез доповідей міжнародних та вітчизняних наукових конференцій, 1 стаття у зарубіжному науковому виданні.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 182 сторінки, я яких 130 сторінок основного тексту. Робота містить 43 рисунки, 16 таблиць і 7 додатків. Список використаних джерел включає 136 найменування на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, розкрито наукову та практичну цінність отриманих результатів, наведено відомості щодо публікацій, апробації роботи та особистого внеску здобувача.

У **першому розділі** виконано аналіз стану проблеми використання гістологічних зображень при їх морфометричному дослідженні. Розглянуто об'єкти дослідження сучасної гістології та їх ознаки. Проаналізовано склад та структуру інформаційної технології аналізу та синтезу гістологічних зображень. Показано, що в даній інформаційній технології застосовують методи пошуку повторюваних елементів зображень, методи текстурного аналізу структурних текстур та методи синтезу зображень.

Згідно даних статистичних досліджень на другому місці за рівнем смертності серед населення України та світу займають онкологічні захворювання. Одним із основних методів числового морфометричного дослідження ракових захворювань є дослідження зразків тканини людини за допомогою світлового мікроскопа. Під час автоматизації досліджень використовують цифрові ГЗ. Об'єктами на ГЗ є окремі клітини та зрізи тканин певних органів, що є сукупністю

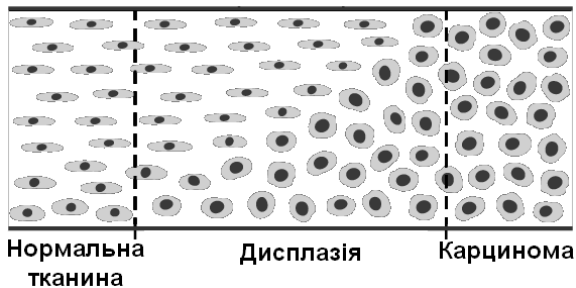


Рисунок 1 – Зміна структури тканини

організованих клітин. Характерною ознакою протікання злоякісних процесів є зміна структурної організації тканин (рисунок 1).

Процес опрацювання ГЗ розглядається як послідовність операцій його перетворення у потрібну форму. Проаналізовано склад та функції АСОГЗ, узагальнену структуру схеми якої наведено на рисунку 2. Виявлено відсутність

операцій аналізу структурних змін у тканинах і операцій створення навчальних вибірок зображень для верифікації систем опрацювання ГЗ.

Гістологічні зображення утворені непохідними елементами, а саме мікрооб'єктами із характерним просторовим розміщенням, що дозволяє розглядати ГЗ як структурну текстуру. Для самих мікрооб'єктів в межах одного класу характерним є зміна форми, розміру, ознак стохастичної текстури та розподілу кольору. Структурний аналіз ГЗ полягає у виявленні повторюваних елементів та визначенні ознак, що характеризують їх структурні зв'язки.

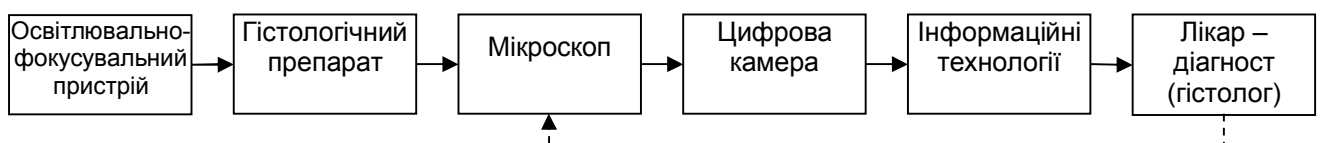


Рисунок 2 – Узагальнена структурна схема АСОГЗ

Методи структурного аналізу зображень розділено на дві групи відповідно до наявності глобальних ознак, що обчислюються для зображення. Методи першої групи ґрунтуються на знаходженні множини елементів і побудови гіпотези про їх зв'язки, базуючись на відповідності певній параметричній моделі. Перевагами цих методів є виявлення повторюваних елементів на частині зображення та висока швидкодія. До недоліків належать опрацювання тільки об'єктів однакової форми, визначення трансляції та сусідства. Методи другої групи базуються на використанні автокореляційної функції. Їх перевагами є стійкість проти шуму, визначення всіх 17 груп симетрії на площині. Проте недоліки полягають в аналізі тільки штучних зображень сітчастих орнаментів, неможливості розбиття на сегменти із різними групами симетрії, відсутності врахування спотворення елементів симетрії. Знаходження автокореляційної функції для кольорового зображення великого розміру є обчислювально складним і тому суттєво зменшує швидкодію опрацювання ГЗ.

Методи синтезу зображень будуються на основі вхідного зразка або числових параметрів певної моделі. Методи на основі вхідного зразка мають перевагу у швидкодії, однак їх недоліками є великі обсяги пам'яті та додаткові витрати часу на оброблення границь зображень. Переваги методів параметричного синтезу полягають у малих обсягах пам'яті та високій якості відтворення вхідного зразка. До недоліків таких методів належать низька швидкодія та ручне налаштування параметрів.

Морфометричне дослідження, що виконується засобами АСОГЗ, розділено на такі етапи: попереднє оброблення, створення віртуального слайду, розширення глибин фокусу, сегментація по інтенсивності, сегментація по текстурі, контурна сегментація, детекція ядер клітин, детекція цитоплазми, детекція тканин, оцінка структурних змін тканин. В існуючих АСОГЗ відсутні інформаційні технології аналізу та синтезу структурних текстур ГЗ. Запропоновано визначити рівень автоматизації опрацювання ГЗ:

$$P = \frac{K_A}{K} * 100\%,$$

де K_A – кількість автоматичних операцій,
 K – загальна кількість операцій.

Зроблено висновок щодо актуальності задачі розробки методів структурного аналізу гістологічних зображень та методів їх параметричного синтезу на основі теорії кристалографічних груп, а також введення в структуру АСОГЗ блоків, що реалізують відповідні функції.

У **другому розділі** удосконалено метод текстурної сегментації гістологічних зображень на основі гістограмного аналізу геометричних моментів-ознак. Удосконалено метод співставлення областей різної форми на основі відповідних точок, знайдених за допомогою дискретних центральних моментів. Розроблено метод оцінки структурної атипії гістологічних зображень на основі теорії кристалографічних груп.

Процес аналізу структурних характеристик ГЗ користувачем автоматизованої системи узагальнено полягає у детекції мікрооб'єктів (МО),

виділенні необхідних структур, класифікації на нормальні та спотворені частини, оцінці їх площі та розмірів та інтерпретації результатів. Сучасні АСОГЗ забезпечують автоматизацію тільки першого кроку.

З метою автоматизації виділення шарів тканини, стінок залоз та судин розроблено методику текстурної сегментації, що використовує алгоритми обчислення математичного сподівання і дисперсії значень точок текстурного поля для проведення багатопорогової сегментації. За текстурну ознаку обрано функцію обчислення геометричних моментів-ознак у межах ковзаючого вікна. При сегментації гістологічних зображень кількість порогів обирається в залежності від кількості типів тканин, які потрібно виділити.

У якості структурних залежностей між МО обрано афінне перетворення $g \in G$ що переводить область одного МО в іншу, де G - множина всіх можливих афінних перетворень. Для знаходження перетворення між двома зображеннями або областями достатньо взяти три точки, які не лежать на одній прямій, на області O_1 і знайти відповідні їм точки області O_2 . Дана вимога справедлива для областей однакової геометричної форми.

Характерною властивістю ГЗ є зміна форми МО (клітин) одного класу та наближення їх до форми еліпса. Тому пряма відповідність між точками двох областей при афінному перетворенні неможлива, навіть враховуючи похибку дискретизації. Для оцінки відмінності областей МО одна від одної використано площу області їх перекриття. Для двох компактних множин O_1 і O_2 визначено область перекриття

$$M = O_1 \Delta O_2 = (O_1 \setminus O_2) \cup (O_2 \setminus O_1), \quad (1)$$

де Δ - операція симетричної різниці.

У випадку плоских областей одного класу з різною формою приймемо, що афінне перетворення g переводить область O_1 у O_2 з найменшою нормованою симетричною різницею:

$$s = \frac{|M|}{|O_1|}. \quad (2)$$

Для удосконалення методу співставлення областей різної форми на контурах МО запропоновано обчислення дискретних моментів області, які характеризують область, проте обчислюються не на основі ознак контуру.

На основі моментів визначаються осі інерції області, що відповідають великій і малій осям і еліпса зображення. Орієнтація об'єкту визначається як кут нахилу великої осі до осі абсцис, а кут орієнтації

$$\theta = \frac{1}{2} \arctg \frac{2m_{1,1}}{m_{2,0} - m_{0,2}}, \quad (3)$$

де $m_{i,j} = \sum_{(x,y) \in O}^w (x - \bar{x})^i (y - \bar{y})^j$ – центральний момент;

\bar{x}, \bar{y} – середньовибіркові значення,

i, j – порядок моменту;

w – кількість точок області O .

Метод співставлення областей різної форми складається з таких кроків:

1. Обчислити координати центру інерції області $M(x_c, y_c)$ та кут орієнтації області згідно (3).

2. Побудувати пряму a , яка лежить на великій осі, проходить через $M(x_c, y_c)$ і перетинає контур об'єкту в двох точках A і B . Точки перетину обираються так, щоб виконувалась умова $|AM| > |MB|$ (рисунок 3,а).

3. Провести пряму b перпендикулярно до a в точці центру інерції. Пряма b перетне опуклий контур в двох точках C і C' . Обрати третю відповідну точку C таким чином, щоб виконувалась умова $|CM| > |MC'|$ (рисунок 3,а).

4. Визначити афінне перетворення, що переводить область O_1 у область O_2 .

Для дослідження удосконаленого методу проведено його тестування з використанням бази даних (БД) гістологічних зображень Breast Cancer Dataset та БД мікрооб'єктів, сформованої в патологоанатомічного бюро м. Тернополя. Результати експериментів підтверджують доцільність застосування дискретних центральних моментів при розв'язанні задачі відповідності двох областей одного класу з різною формою. Удосконалений метод дозволив зменшити величину нормованої симетричної різниці співставлених областей (2) на 8% у порівнянні із методом січних та методом серединного перпендикуляра (рисунок 3,б).

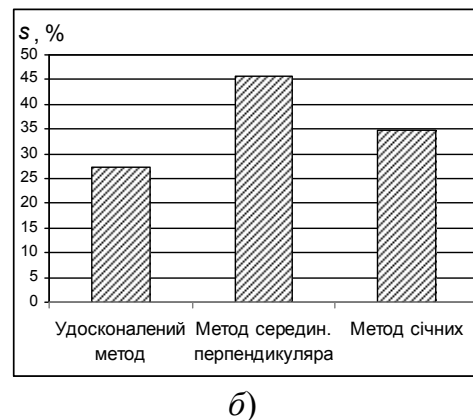
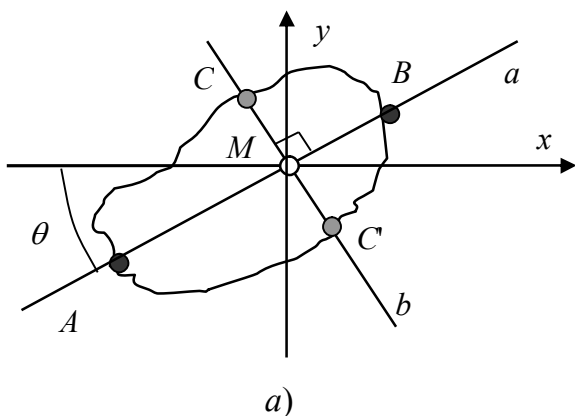


Рисунок 3 – Дослідження методу співставлення областей різної форми: а) відповідні точки на контурі області, б) нормована симетрична різниця областей при співставленні

Гістологічне зображення представлено як асиметричне зображення. Визначення асиметричного зображення дано через визначення симетричного, що складається із елементарного зображення I_E , на основі якого за допомогою застосування оператора геометричних перетворень S отримано рапорт

$$P = S(I_E). \quad (4)$$

Тоді рівняння асиметричного зображення:

$$I_A = jL_Y D_Y (iL_X D_X [T_n D_n (T_{n-1} D_{n-1} (T_{n-2} D_{n-2} \dots K T_1 D_1 X)])), \quad (5)$$

де X – матриця координат елементарного зображення;

T_1, T_2, \dots, T_n – матриці породжуючих перетворень рапорту;

D_1, D_2, \dots, D_n – матриці спотворень рапорту;

L_X, L_Y – матриці трансляцій вздовж OX та OY ;

D_X, D_Y – спотворення осей трансляції відносно OX та OY ;

i, j – кількість ітерацій зсуву рапорту вздовж осей OX та OY відповідно.

Скомпонувавши породжуючі перетворення T і спотворення D у комбіноване перетворення C , отримаємо:

$$I_A = jC_Y(iC_X[C_n(C_{n-1}(C_{n-2} \dots C_1 X)]))]. \quad (6)$$

Для оцінки спотворень структур мікрооб'єктів на гістологічному зображенні потрібно знайти перетворення T і спотворення елементів симетрії D .

Для аналізу ГЗ запропоновано метод, що полягає в представленні його у вигляді дерева афінних перетворень (ДАП)

$$GR=(V, A), \quad (7)$$

де V – множина вершин, що представляють елементарні рисунки;

A – множина гілок.

Множина гілок A складається з множини гілок видів перетворень симетрії A_C та множини гілок зсувів A_L :

$$A = A_C \cup A_L.$$

Представимо послідовність гілок ДАП для множини k елементарних зображень у вигляді списку пар значень (C, L) :

$$g(A) = \{(C_i, L_j) \mid i = 1..k, j = 1..k\}. \quad (8)$$

Групу симетрії рапорту описано через впорядковану послідовність породжуючих перетворень між першим елементарним зображенням та всіма іншими:

$$g^*(P) = \{(T_i, L_j) \mid T \in T^*, i = 1..k, j = 1..k\}, \quad (9)$$

де T^* – множина всіх породжуючих перетворень симетрії для 17 груп на площині,

L – множина всіх матриць зсуву, що можуть утворити групи.

Приклад знайдених перетворень для ГЗ та породжуючих перетворень відповідної групи симетрії r_{pm} наведено на рисунку 4.

Визначення групи симетрії рапорту зводиться до послідовного поелементного порівняння знайденого списку $g(A)$ із списками породжуючих перетворень кожної з 17 груп $g_r^*(P)$, $r = 1, \dots, 17$.

Вид породжуючого перетворення визначається на основі відстані:

$$d(C, T) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 |c_{ij} - t_{ij}|, \quad (10)$$

де C – знайдене перетворення,

T – породжуюче перетворення.

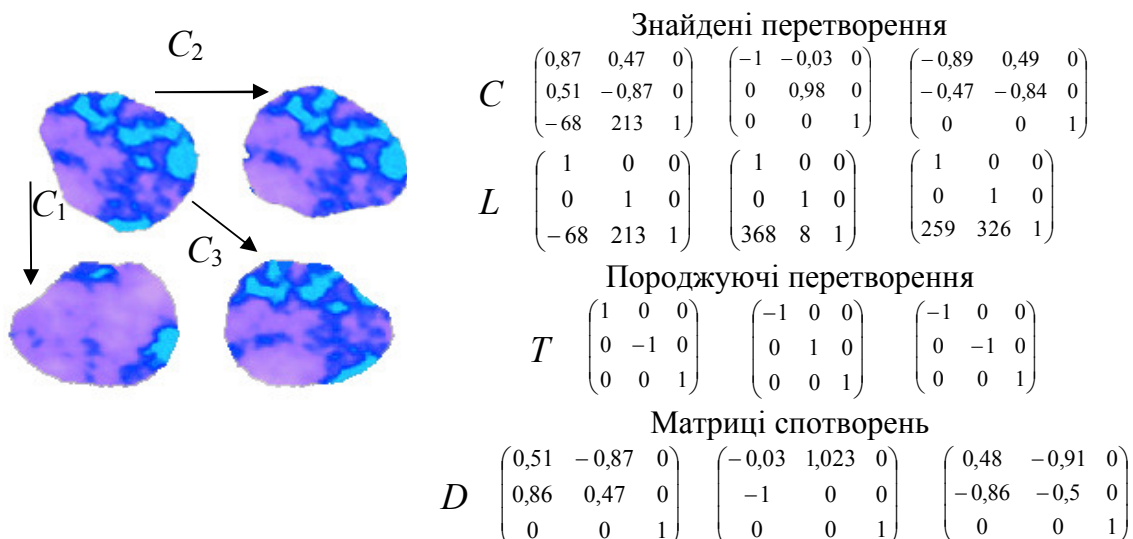


Рисунок 4 – Гістологічне зображення та його породжуючі перетворення

Для рапорту визначено загальний коефіцієнт спотворення:

$$\delta_p = \frac{\sum_{u=1}^k \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 d_{ij}}{k}, \quad (11)$$

де k – кількість елементарних зображень у рапорті.

Для оцінки структурних змін тканини при злоякісних новоутвореннях введено коефіцієнт структурної атипії для зображення:

$$\delta_I = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{P_i}}{n}, \quad (12)$$

де n – кількість рапортів на зображенні.

Проведено експериментальне дослідження коефіцієнта структурної атипії (12), шляхом класифікації тренувальної вибірки ГЗ тканин епітеліального шару із відомим класом зображення, обчислено показники чутливості та специфічності (таблиця 1). При цьому використано БД обсягом 400 зображень.

Таблиця 1 – Коефіцієнт структурної атипії тканин

Класи зображень	Коефіцієнт структурної атипії	Чутливість	Специфічність
Важка дисплазія	0,54-0,67	0,96	0,93
Помірна дисплазія	0,42-0,49	0,93	0,92
Нормальна тканина	0,25-0,41	0,95	0,94

Результати досліджень підтвердили характерність розробленого показника під час аналізу епітеліальних тканин на ГЗ.

У **третьому розділі** описано інформаційну модель даних ГЗ, а також розроблено метод синтезу зображень мікрооб'єктів та удосконалено метод синтезу гістологічних зображень із застосуванням спотворення породжуючих перетворень кристалографічних груп.

Для виконання лікарем-діагностом оцінки структурних змін у тканинах та керування синтезом тестових вибірок зображень запропоновано інформаційну модель (ІМ) даних ГЗ (рисунок 5). Джерелами вихідної інформації є блоки: детекції МО, визначення відповідних точок, побудови ДАП та визначення векторів трансляції. Синтез гістологічного зображення відбувається за допомогою таких блоків: синтез зображення МО, синтез рапорту, трансляція рапорту. В точці діалогу лікар-діагност отримує інформацію про розміщення структур мікрооб'єктів та коефіцієнт їх спотворення і приймає рішення про зміну параметрів синтезу зображення мікрооб'єктів для формування тестової вибірки ГЗ. Блок переробки інформації *B* призначений для перетворення інформації про границі шарів тканини, групи симетрії рапортів структур мікрооб'єктів і коефіцієнтів спотворення.

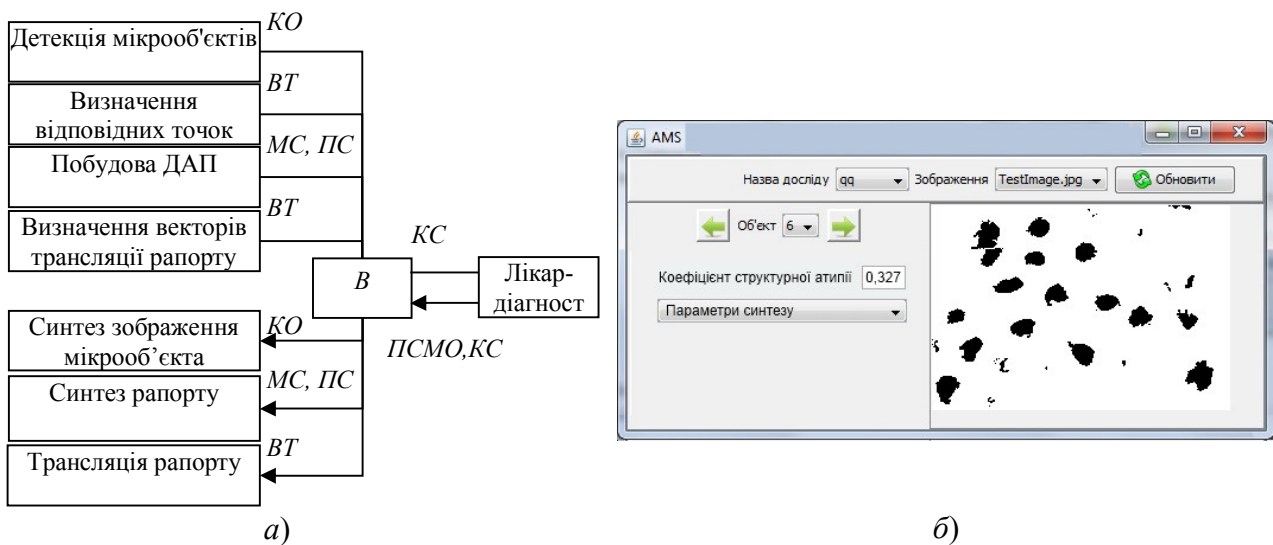


Рисунок 5 – Інформаційна модель даних аналізу ГЗ: а) інформаційні масиви, б) відображення моделі за допомогою засобів графічного інтерфейсу

До ІМ входять такі інформаційні масиви: колірна ознака (*KO*), матриці спотворення (*MC*), породжуючі перетворення (*PC*), вектори трансляції та спотворення (*BT*), параметри синтезу мікрооб'єктів (*ПСМО*), коефіцієнт структурної атипії (*КС*).

Для створення тестових ГЗ запропоновано розділити процес синтезу на два етапи: створення зображень МО та розміщення їх на площині. Розроблено метод синтезу зображень МО, який дозволяє будувати зображення із заданими параметрами роздільної здатності, кольору, текстури та контуру. Клітина складається із областей округлої форми, заповнених кольоровою стохастичною текстурою. Метод базується на аналізі кольору вхідного зображення МО, синтезі текстурного зображення області, зафарбовуванні текстурного зображення області, генерації контуру області (рисунок 6).

Обґрунтовано застосування методу Перліна для генерації текстури внутрішньої області МО. Цей метод генерує результуючу текстуру як суму складових текстур з заданими параметрами згладженого псевдовипадкового шуму: початкового значення генератора псевдовипадкової послідовності (ГПВЧ),

інтервалу побудови, кількості складових текстур, частоти, множника частоти, множника амплітуди.

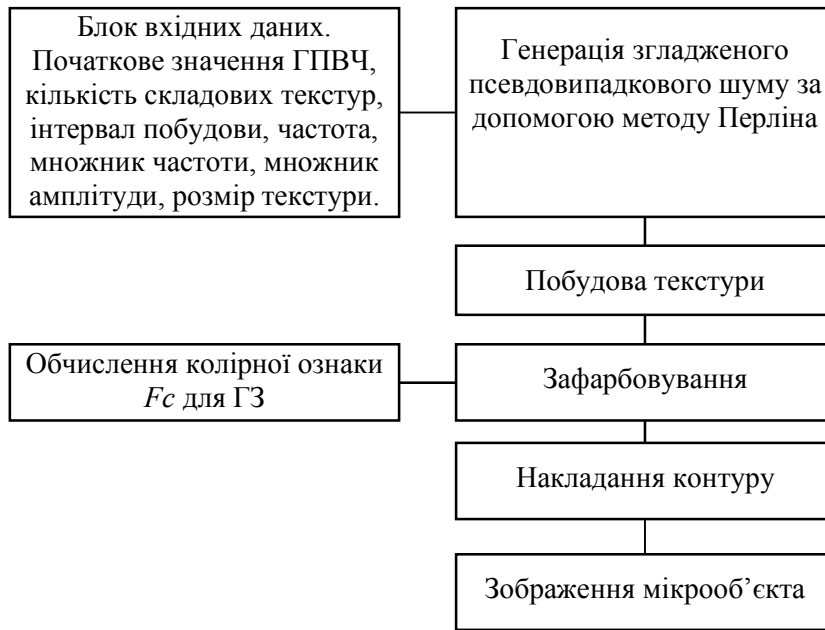


Рисунок 6 – Метод синтезу зображення мікрооб'єктів

Сформовано колірну ознаку зображення мікрооб'єкта F_c

$$F_c = \{(I_i, U_i) \mid I_i \in \{R, G, B\}, 0 \leq U_i \leq 1, \sum_{i=1}^p U_i = 1, 1 \leq i \leq p\}, \quad (13)$$

де p – кількість кластерів колірного простору,
 I_i – значення кольору i -го кластера,
 R, G, B – складові кольору у відповідному колірному просторі,
 U_i – відносний розмір i -го кластера.

Зафарбовування полягає у призначенні кольору кожній точці текстури шляхом вибірки значень із розрахованої колірної ознаки F_c .

Для синтезу контуру мікрооб'єкта використано спотворення контуру еліпса за допомогою згладженої псевдовипадкової послідовності:

$$x = \cos t \cdot r_p \cdot a, \quad y = \sin t \cdot r_p \cdot b, \quad (14)$$

де x, y – координати контуру еліпса;
 a, b – довжини великої і малої півосей еліпса,
 t – кут між радіусом-вектором і додатнім напрямом осі обсис,
 r_p – коефіцієнт спотворення контуру.

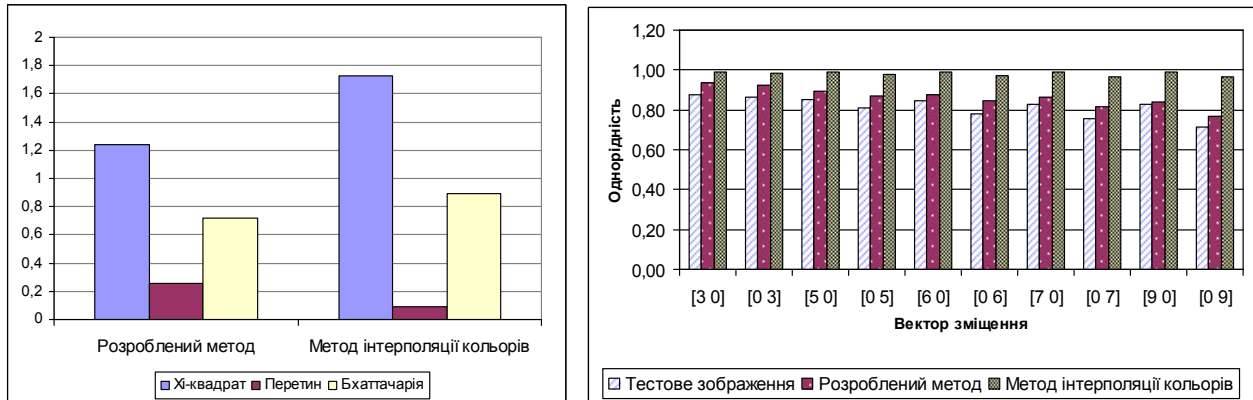
На основі методу Перліна $noise(i)$ визначено коефіцієнт спотворення

$$r_p = r + s * noise(i), \quad (15)$$

де r – стала радіусу,
 s – масштаб,
 i – крок побудови.

В результаті експериментального дослідження розробленого методу синтезу МО на тестових зображеннях оцінено якість відтворення їх колірних та текстурних характеристик. На основі відстаней Хі-квадрат, перетину та Бхаттачарія здійснено порівняння гістограми "колірний тон" – яскравість. На

основі матриць розподілу рівнів сірого здійснено порівняння ознаки однорідності при різних векторах зміщення. Отримано перевагу над методом інтерполяції кольорів на 30% та 19% для кольорних та текстурних характеристик відповідно (рисунок 7).



а) оцінка гістограми розподілу кольорів б) оцінка текстурних характеристик
Рисунок 7 – Результати порівняльного аналізу методу синтезу зображень мікрооб'єктів

Удосконалено метод синтезу ГЗ на основі використання породжуючих перетворень груп симетрії на площині та параметричного синтезу зображень МО. Метод базується на обході ДАП із модифікованим коефіцієнтом структурної атипії та складається з таких кроків:

1. Задати значення коефіцієнтів спотворення (11), (12) для знайденого в результаті аналізу ДАП;
2. Задати параметри синтезу зображень мікрооб'єктів;
3. Синтезувати мікрооб'єкт;
4. Для всіх елементів рапорту повторити крок 3 у відповідності з (4);
5. Для кожного рапорту виконати трансляцію у відповідності з (5);
6. Растрезувати зображення.

Визначено обсяг пам'яті необхідний для зберігання параметрів синтезу одного ГЗ (таблиця 2).

Таблиця 2 – Обсяг пам'яті, необхідний для зберігання ГЗ

Кількість мікрооб'єктів	10	100	1000
Обсяг для згенерованого зображення 1Мп, байт	3145728	3145728	3145728
Обсяг для зберігання параметрів синтезу	11708	23048	136448
Коефіцієнт зменшення обсягу пам'яті	268,7	136,5	23,1

При цьому показано, що обсяг пам'яті для зберігання тестової вибірки зображень в найгіршому випадку зменшено у 23 рази.

У **четвертому розділі** на основі запропонованих методів розроблено інформаційну технологію аналізу та синтезу структурних текстур, яку реалізовано в рамках автоматизованої системи опрацювання гістологічних зображень. Проведено експериментальне дослідження розроблених методів та алгоритмів сегментації, аналізу та синтезу гістологічних зображень.

Програмну реалізацію виконано за допомогою середовищ розробки Microsoft Visual Studio 2008 Express Edition, IntelliJ IDEA Community Edition та бібліотек алгоритмів опрацювання зображень OpenCV, Libnoise. Розроблені методи і алгоритми програмно реалізовані у вигляді блоків програмного комплексу АСОГЗ.

На рисунку 8 наведено приклад результатів опрацювання фрагменту ГЗ.

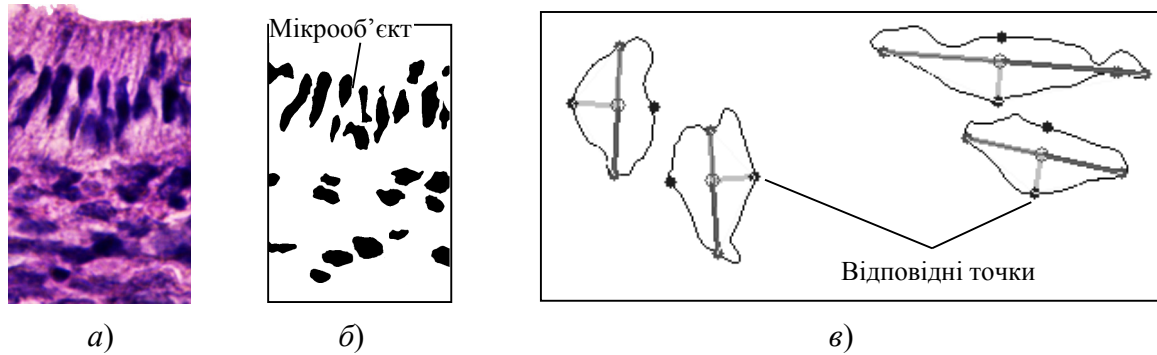


Рисунок 8 – Аналіз гістологічного зображення: *а)* вхідне зображення, *б)* детектовані мікроб'єкти, *в)* фрагмент із визначеними відповідними точками на контурах мікроб'єктів.

Результат синтезу зображень із заданим коефіцієнтом структурної атипії наведено на рисунку 9.

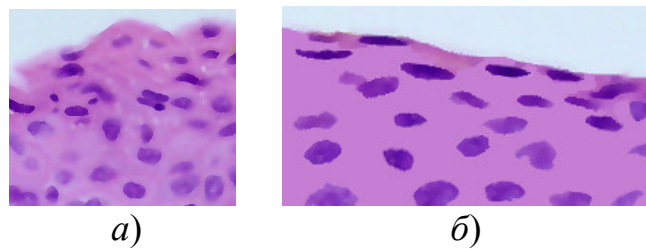


Рисунок 9 – Синтез гістологічного зображення з різним коефіцієнтом структурної атипії: *а)* $\delta_1 = 0,72$, *б)* $\delta_1 = 0,63$

Оцінено рівень автоматизації процесу опрацювання ГЗ при застосуванні розробленої технології (рисунок 10).

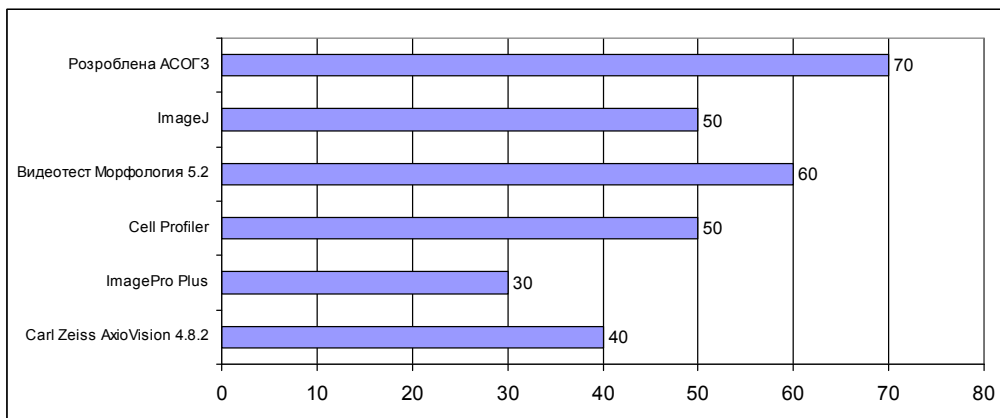


Рисунок 10 – Результати порівняльного аналізу рівня автоматизації опрацювання ГЗ

Порівняльний аналіз підтвердив ефективність запропонованої інформаційної технології, оскільки її застосування дозволило збільшити рівень автоматизації на 10% у порівнянні з найкращим аналогом – системою Відеотест Морфологія (Росія). Оцінено середній час виконання сукупності операцій для опрацювання зображень епітеліального шару шийки матки. При цьому розмір тестової вибірки склав 400 зображень. Показано, що застосування розробленої технології дозволило зменшити час опрацювання в середньому у 1,7 рази. Перспективним напрямом подальших досліджень є використання розробленого коефіцієнта структурної атипії як діагностичної ознаки при вивченні патологічних процесів у різних органах людини.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано науково-технічну задачу розроблення інформаційної технології аналізу та синтезу структурних текстур на основі теорії кристалографічних груп з метою підвищення рівня автоматизації процесу морфометричного аналізу гістологічних зображень.

При цьому отримані такі результати:

1. Проаналізовано структуру та функції автоматизованих систем опрацювання гістологічних зображень. При застосуванні систем для аналізу гістологічних зображень оцінка структурних змін у тканинах виконується лікарем-діагностом на якісному рівні. Тому актуальним є розроблення технології структурного аналізу зображень та вибір в якості критерію ефективності рівня автоматизації процесу аналізу. Здійснено аналіз методів структурного аналізу та синтезу зображень та визначено такі їх недоліки як неінваріантність до повороту непохідного елемента та зміни його форми. Обґрунтовано перспективність застосування теорії кристалографічних груп для створення методів аналізу та синтезу гістологічних зображень.

2. Розроблено метод текстурної сегментації гістологічних зображень, що дало можливість реалізувати операцію виділення структур мікрооб'єктів та підвищити якість сегментації на 28%.

3. Розроблено метод співставлення областей різної форми, що дозволило зменшити величину симетричної різниці при співставленні областей різної форми на 8%.

4. Розроблено метод оцінки структурної атипії гістологічних зображень на основі теорії плоских кристалографічних груп та дерева афінних перетворень, що дало можливість оцінити ступінь їх спотворення.

5. Розроблено метод синтезу зображень мікрооб'єктів, що дало змогу підвищити відтворюваність колірних ознак згенерованих зображень мікрооб'єктів на 30%, текстурних – на 19%.

6. Розроблено метод синтезу гістологічних зображень, що дало змогу формувати зображення із різним рівнем спотворення та зменшити обсяги пам'яті для їх зберігання у 23 рази.

7. Розроблено інформаційну модель даних аналізу гістологічних зображень, що відображає інформацію про коефіцієнт структурної атипії тканин та дозволяє керувати синтезом гістологічних зображень.

8. Розроблено інформаційну технологію аналізу та синтезу структурних текстур, яку застосовано в автоматизованій системі опрацювання гістологічних зображень, яка здійснює сегментацію, обчислення інформативних ознак мікрооб'єктів, структурний опис гістологічних зображень, статистичне оброблення та вивід результатів аналізу. Це дозволило збільшити рівень автоматизації на 10% у порівнянні з відомою системою-аналогом та, зокрема, зменшити середній час опрацювання зображень епітеліального шару шийки матки в 1,7 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельник Г.М. Метод і алгоритми аналізу симетричних зображень // Штучний інтелект – 2010. – № 4. – С. 253–261.

2. Мельник Г.М. Метод знаходження відповідних точок на контурах мікрооб'єктів біомедицини природи // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» – 2012., №732 – С. 343–350.

3. Мельник Г.М. Інформаційна технологія опрацювання гістологічних зображень // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2012. – № 5. – С.154–161.

4. Березький О. М. Аналіз та генерування зображень біологічної природи / О. М. Березький, Г. М. Мельник // Моделювання та керування станом еколого-економічних систем регіону – 2006. – Т. 3, – С. 69–77.

5. Березький О.М. Інформаційно-аналітична система дослідження та діагностування пухлинних клітин на основі аналізу їх зображень / О.М. Березький, Ю.М. Батько, Г.М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету – 2008. – Т. 3, № 4 (113). – С. 33–41.

6. Березький О.М. Комп'ютерна система аналізу біомедицини зображень / Березький О.М., Батько Ю.М., Мельник Г.М. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» – 2009. – № 650. – С. 11–18.

7. Березький О.М. Синтез альтернативних рішень при структурному проектуванні систем автоматизованої мікроскопії / О.М. Березький, К.М. Березька, Ю.М. Батько, Г.М. Мельник // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Комп'ютерні науки та інформаційні технології». – 2009. – № 638. – С. 64–72.

8. Березький О.М. Методи сегментації біомедицини зображень / О.М. Березький, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2010. – № 1 (144). – С.188–195.

9. Мельник Г.М. Аналітичний огляд методів аналізу та синтезу текстурних зображень //Вісник Хмельницького національного університету" – 2007. – Т.1, №2 – С. 110–114.

10. Berezsky O. Biomedical Image Search and Retrieval Algorithms / O. Berezsky, G. Melnyk, Yu. Batko // *Computing* – 2008. – № 7. – P. 108–114.
11. Berezsky O. Modern Trends in Biomedical Image Analysis System Design / O. Berezsky, G. Melnyk, Yu. Batko // *Biomedical engineering trends in electronics, communications and software* – Rijeka, Croatia: InTech, 2011. – P. 461–480.
12. Березький О.М. Аналіз та генерування зображень біологічної природи / Березький О.М., Мельник Г.М. // *Матеріали міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій» (ISDMIT'2006)*, 15–18 травня 2006 р. – 2006. – Т.2. – С. 5–8.
13. Березький О.М. Текстура сегментація біомедичних зображень на основі просторових моментів / Березький О.М., Мельник Г.М., Батько Ю.М. // *Матеріали 4-ї міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»*. 15-17 жовтня, 2009, Львів, Україна – Львів: ПП "Вежа і Ко", 2009 – С.42–45.
14. Berezsky O. Synthesis of Complex Images on the Basis of Theory of Crystallographic Groups / O. Berezsky, K. Berezska, Y. Batko, G. Melnyk // *Матеріали міжнародної IEEE конференції Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2009)*, 21–23 September 2009. – Rende (Cosenza), Italy, 2009. – P.409–413.
15. Berezsky O. M. Design of Computer Systems for Biomedical Image Analysis / O. M. Berezsky, K.M. Berezska, G.M. Melnyk, Y.M. Batko // *Proceedings of the Xth International Conference «The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics» (CADSM'2009)*, 24–28 February 2009, Lviv–Polyana. – Lviv: Vezha&Co, 2009. – С. 186–192.
16. Березький О.М. Порівняння алгоритмів синтезу біомедичних зображень / О.М. Березький, Г.М. Мельник // *Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2011): Матеріали міжнародної наукової конференції*. Том 2., 16–20 травня 2011 р., Євпаторія, Україна – Херсон: ХНТУ, 2011. – С. 189–193.
17. Березький О.М. Алгоритми статистичної обробки біомедичних зображень / О.М. Березький, К.М. Березька, Г.М. Мельник // *Херсонський національний технічний університет, Матеріали міжнародної науково–практичної конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (ISDMCI'2009)* – Херсон: ХНТУ, 2009. – С. 23–29.
18. Melnyk G. Contour Keypoints Detection for Structural Image Analysis // *Proceedings of the VIth International Scientific and Technical Conference “Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT'2011)*, 16–19 November 2011, Lviv – Lviv: Publishing House Vezha&Co, 2011. – P. 116-120.
19. Мельник Г.М. Аналіз симетричних зображень // *Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2010): Матеріали міжнародної наукової конференції*. Том 2., 17–21 травня 2010 р. Євпаторія, Україна – Херсон: ХНТУ, 2010 – С. 435–438.
20. Vision-based Medical Expert System / O. Berezsky, K. Berezska, Yu. Batko, G. Melnyk // *6th International Scientific and Technical Conference «Computer Sciences*

and Information Technologies» (CSIT'2011, Lviv, Ukraine, November 16–19), 2011 – P. 49-50.

21. Berezsky O. Contour Correspondence Points Detection for Biomedical Image Analysis / O. Berezsky, Yu. Batko, G. Melnyk // Proceedings of VII-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, May 11-14, 2011, Polyana – L.: Publishing House Vezha&Co, 2012. – P. 57-59

22. Berezsky O. Image Search and Retrieval Application / O. Berezsky, G. Melnyk, Yu. Batko // Proceedings of the International conference on computer science and information technologies (CSIT'2007), September 27- 29, 2007 – L.: Ukrainski tehnologii, 2007. – P. 121–122.

23. Березький О.М. Інформаційна технологія аналізу та синтезу гістологічних зображень / О.М. Березький, Г.М. Мельник // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів. Праці. Одинадцята Всеукраїнська міжнародна конференція. 15-19 жовтня 2012 р. (Укробраз) – К.: УкрІНТЕІ – С.161–165.

24. Комп'ютерна програма «Інформаційно-аналітична система для дослідження та діагностування пухлинних (ракових) клітин людини «Morphosys» («Morphosys») / Березький О.М., Батько Ю.М., Дацко І.А., Мельник Г.М. // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 35888 від 30.11.2010 р.

АНОТАЦІЯ

Мельник Г.М. Інформаційна технологія аналізу та синтезу структурних текстур в автоматизованих системах опрацювання гістологічних зображень.
– На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, 2013.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі автоматизації морфометричного аналізу гістологічних зображень шляхом розроблення інформаційної технології аналізу та синтезу структурних текстур на основі теорії кристалографічних груп.

Розроблено метод оцінки структурної атипії гістологічних зображень на основі теорії кристалографічних груп та дерева афінних перетворень, що дало можливість оцінити ступінь їх спотворення. Вдосконалено метод співставлення областей різної форми на основі знаходження відповідних точок за допомогою дискретних центральних моментів області. Розроблено метод генерування зображень мікрооб'єктів на основі параметричного синтезу текстури та автоматичного керування параметрами кольору, що дозволив підвищити якість відтворення ознак мікрооб'єктів. Для створення тестових вибірок зображень із заданим коефіцієнтом структурної атипії реалізовано метод синтезу гістологічних зображень.

За результатами досліджень реалізовано інформаційну технологію аналізу та синтезу структурних текстур. Впровадження розробленої інформаційної

технології дозволило підвищити рівень автоматизації опрацювання гістологічних зображень на 10%. Інформаційну технологію впроваджено у ряді державних медичних установ України.

Ключові слова: гістологічне зображення, структурна текстура, мікроскопія, групи симетрії на площині, аналіз зображень, синтез зображень.

АННОТАЦІЯ

Мельник Г.М. Информационная технология анализа и синтеза структурных текстур в автоматизированных системах обработки гистологических изображений. – На правах рукописи.

Диссертация на получение научной степени кандидата технической науки по специальности 05.13.06 – Информационные технологии. – Тернопольский национальный экономический университет, Тернополь, 2013.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-технической задачи автоматизации морфометрического анализа гистологических изображений.

В работе произведен анализ состояния проблемы использования гистологических изображений при их морфометрическом исследовании. Рассмотрены объекты исследования современной гистологии и их признаки. Проанализирован состав и структура автоматизированных систем обработки гистологических изображений. Рассмотрены преимущества и недостатки методов сопоставления областей, методов анализа и синтеза структурных текстур изображений. Обоснована перспективность применения теории плоских кристаллографических групп для разработки методов анализа и синтеза структурных текстур и реализации на их базе информационной технологии.

Разработанный метод оценки структурной атипичности гистологических изображений на основе теории кристаллографических групп и дерева аффинных преобразований дает возможность определять группу симметрии плоскости для отдельных структур микрообъектов. Для нахождения связи между микрообъектами при условиях инвариантности относительно формы и угла поворота микрообъекта, усовершенствован метод сопоставления областей на основе нахождения соответствующих точек с помощью дискретных центральных моментов области. Разработан метод генерирования изображений микрообъектов на основе параметрического синтеза текстуры и автоматического управлением параметрами цвета, который повысил качество воссоздания признаков реальных микрообъектов. Реализован метод синтеза гистологических изображений путем генерирования изображений микрообъектов, формирования рапортов группы симметрии и их трансляции на плоскости. Метод использован для создания тестовых выборок гистологических изображений с заданным коэффициентом структурной атипичности, что дало возможность уменьшить объемы необходимой для хранения изображений памяти.

По результатам исследований реализована информационная технология анализа и синтеза структурных текстур, которая использована в автоматизированной системе обработки гистологических изображений для исследования опухолевых (раковых) тканей человека. Система осуществляет

загрузку изображений, автоматизированную сегментацию, вычисление информативных характеристик микрообъектов, статистическую обработку морфометрических характеристик и вывод результатов анализа. Внедрение разработанной информационной технологии повысило уровень автоматизации обработки гистологических изображений на 10%. Информационная технология внедрена в ряде государственных медицинских учреждений Украины.

Результаты диссертации использованы в научно-исследовательских работах: кафедральной теме «Разработка и исследование методов анализа изображений биомедицинской природы» (номер государственной регистрации 0107U012222), госбюджетной теме «Информационно-аналитическая система для исследования и диагностирования опухолевых (раковых) клеток человека на основе анализа их изображений» (номер государственной регистрации № 0108U002109). Отдельные разработки диссертационной работы внедрены на базе отдела общей патологии Тернопольского областного патологоанатомического бюро.

Ключевые слова: гистологическое изображение, структурная текстура, микроскопия, группы симметрии на плоскости, анализ изображений, синтез изображений.

ABSTRACT

Grygoriy M. Melnyk. Information technology of structural textures analysis and synthesis in histological image processing automated systems. – Manuscript.

Thesis for the Ph.D (candidate of technical sciences) degree in speciality 05.13.06 – Information Technology. – Ternopil National Economic University, Ternopil, 2013.

The thesis is devoted to solving of important scientific and technical problem of automating of histological images morphometric analysis through the development of information technology for analysis and synthesis of structural textures based on the theory of crystallographic groups.

A method for evaluating of histological images structural atypism based on the theory of crystallographic groups and affine transformations trees. This method gave an opportunity to evaluate the degree of image distortion. Improved method of comparing regions of different forms. This method is based on detecting of corresponding points with help of discrete central moments. Method for microobjects images generating is developed. This method id based on parametric texture synthesis and automatic management of the color features. This method allowed us to increase microobjects characteristics mapping. Method for the synthesis of histological images is implemented to create a test image samples with a given coefficient of structural atypism.

Information technology for analysis and synthesis of structural textures is implemented. Implementation of the developed information technology allowed to increase the level of automation of processing histological images by 10%. Information technology applied in several state medical institutions of Ukraine

Keywords: histological image, structural texture, microscopy, plane symmetry group, image analysis, image synthesis.