

ны факторы, влияющие на построение информационной системы управления задолженностью предприятия, а также установлены основные принципы формирования системы его внутренних коммуникаций с применением процессно-структурированного менеджмента.

Ключевые слова: коммуникации, информационная система, процессно-структурированный менеджмент, задолженность, машиностроительное предприятие.

Chornenka O.B. Communication in the debt management system of engineering enterprises

Approaches to communication in system of debt management of enterprise are researched, their classification is conducted. Factors that influence the construction of information system of company's debt management are determined, and the basic principles of its internal communications system using a process-structured management are established in the article.

Keywords: communication, information system, process-structured management, indebtedness, engineering enterprise.

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 004:932.2:616-006.06

Доц. О.М. Березький, д-р техн. наук;

викл. Г.М. Мельник, канд. техн. наук; викл. Ю.М. Батько; доц. Т.В. Дацко,
канд. мед. наук – Тернопільський національний економічний університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ РІЗНИХ ФОРМ РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ГІСТОЛОГІЧНИХ І ЦИТОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Розглянуто проблеми побудови інтелектуальних систем для діагностування злоякісних новоутворень молочної залози на основі цифрових мікроскопічних зображень. Діагностика новоутворень базується на аналізі цитологічних і гістологічних зображень, отриманих за допомогою світлового мікроскопа. Запропоновано інтелектуальну систему із застосуванням нечітких алгоритмів для автоматизації процесу аналізу гістологічних та цитологічних зображень та виводу висновку про стан і тип мікрооб'єктів.

Ключові слова: попереднє опрацювання, фільтрація, сегментація, контурний аналіз, структурний аналіз, нечіткий логічний вивід, база знань, база даних.

Вступ. За даними Національного канцер-реєстру (НКР) [1], у 2011 р. було зареєстровано 169 030 нових випадків захворювання на злоякісні новоутворення (ЗН). Загальний показник захворюваності для жіночого населення зріс на 2,7 %. Показник смертності серед населення у 2011 р. становив 186,3 на 100 тис. населення, що на 0,3 % вище, ніж у попередньому році. Перше місце в структурі як захворюваності, так і смертності серед жіночого населення України у 2011 р. посідають ЗН молочної залози із питомою вагою в 20 %.

У 2012 р. зроблено першу спробу провести оцінку показника морфологічно підтверджених діагнозів (цитологічно чи гістологічно). У НКР констатовано, що стан морфологічної верифікації ЗН в Україні за період 2000-2009 рр. є не задовільним. Це свідчить, зокрема, про відсутність необхідного зв'язку між онкологічною та патологоанатомічною службами.

Рак молочної залози – це злоякісна пухлина, утворена з клітин молочної залози. Основним методом раннього виявлення раку молочної залози у клінічній практиці є рентгеновське дослідження – мамографія. Для діагностування ЗН після проведення мамографії застосовують біопсію. Біопсія – забір клітин і тканин ураженого органу на цитологічне або гістологічне дослідження. Висновок цитологічного дослідження закінчується формулюванням передопераційного діагнозу, ґрунтуючись на якому розробляють тактику лікування пацієнта. При цьому дослідженні використовують цитологічні зображення (ЦЗ). Мікрооб'єктами на ЦЗ є клітини та їх складові. Критерії цитологічної діагностики ЗН ґрунтуються насамперед на морфології клітини і особливо ядра.

Для верифікації попереднього діагнозу, подальшого лікування і планування терапії використовують отримані за допомогою мікроскопа гістологічні зображення (ГЗ). Об'єктами на ГЗ є зрізи тканин певних органів, утворені впорядковано розміщеними клітинами. Цитологічні і гістологічні зображення входять до класу біомедичних зображень (БМЗ) – зображень, які отримані за допомогою будь-якої біомедичної техніки. Перебіг злоякісних процесів характеризується

зміною структури тканин і клітин у них. Прикладом ознак таких змін є: інфільтрація – проникнення в тканину клітин, що не є їх нормальною складовою частиною, інвазія – здатність клітин злоякісної пухлини відділятися від вогнища та проникати в сусідні тканини.

Аналіз злоякісних процесів на основі ЦЗ і ГЗ виконують візуально, внаслідок результату чого отримують якісну експертну оцінку. Вона є необхідною, але недостатньою, оскільки для повної характеристики патологічних процесів потрібні кількісні ознаки, які отримують шляхом числового морфометричного аналізу, що зменшує суб'єктивізм дослідника. Для автоматизації аналізу ГЗ і ЦЗ в умовах клінічної практики застосовують системи автоматизованої мікроскопії (САМ). До складу САМ входить мікроскоп, цифрова камера та спеціалізоване програмне забезпечення.

Базовими інформаційними технологіями, які широко використовують науковці під час дослідження біомедичних зображень є програмні комплекси Matlab, Octave, Microsoft Excel. Вони забезпечують великий інструментарій як для попереднього опрацювання зображення, так і для розпізнавання. Велика популярність програмних комплексів забезпечила появу користувацьких спеціалізованих алгоритмів. Недоліками програмних комплексів є: висока ціна, великий розмір дистрибутиву, відсутність засобів для представлення і моделювання знань.

Класифікація САМ. За рівнем автоматизації [2] сучасні САМ розділимо на не автоматизовані, автоматизовані та автоматичні. Автоматизовані САМ допомагають лікареві проводити аналізи. Відповідальність за результати аналізу несе лікар-діагност, тому ці системи надають йому необхідну для контролю проміжну інформацію. Автоматичні САМ самостійно виконують задані види аналізів. У автоматизованих САМ вибір полів зору для аналізу здійснює оператор. Межі мікрооб'єктів виділяються залежно від складності: вручну, напівавтоматично або автоматично. Вимірювання ідентифікованих мікрооб'єктів виконуються автоматично. Автоматизовані діалогові САМ поділяються на спеціалізовані (для вузького кола біоматеріалів і/або аналізів), і універсальні (призначені для багатьох типів біоматеріалів і/або аналізів).



Рис. 1. Класифікація систем автоматизованої мікроскопії

За ступенем впровадження у клінічну практику САМ поділяють на дослідницькі та спеціалізовані [3, 4]. Дослідницькі САМ використовують медики-науковці, що розробляють нові методи діагностування. Спеціалізовані САМ забезпечують виконання певного одного стандартизованого клінічного дослідження. Класифікацію САМ наведено на рис. 1. За рівнем аналізу зображення [5, 6] програмне забезпечення САМ поділено на три класи (табл. 1) [7]:

1. Редактори зображень, що здійснюють введення зображень за допомогою цифрової фото- та відеокамери, покращення якості зображень, зшивання зображень (створення віртуальних слайдів).
2. Автоматизовані системи опрацювання біомедичних зображень (АСОБМЗ) проводять детекцію та класифікацію мікрооб'єктів, підрахунок їх кількості, визначення числових ознак, статистичне оброблення результатів аналізу.
3. Експертні системи аналізу зображень (ЕСАЗ), що реалізують класифікацію мікрооб'єктів та зображень, вивід висновку про діагноз на основі бази знань (БЗ), створеної лікарем-діагностом.

Табл. 1. Класифікація програмного забезпечення

Клас	I. Редактори	II. АСОБМЗ	III. ЕСАЗ
Задачі опрацювання зображень	Отримання, попереднє оброблення зображення	Опрацювання зображення	Підтримка прийняття діагностичних рішень
Операції	Керування мікроскопом та камерою, нормалізація фону, видалення шумів, підкреслення границь, покращення контрасту	Сегментація, контурний аналіз, текстурний аналіз, детекція мікрооб'єктів, класифікація зображень	Розпізнавання образів, вивід висновку на основі БЗ

Аналогами розробленої системи є: ImageJ, ImageTool v.2.00, ImageWarp, "ИМАДЖЕР-ЦГ", ВидеоТест-Морфо 3.2, ВидеоТест-Морфология, Micromed Images, ScreenMeter, ImageExpert Pro 3, AnalySIS Five, BioVision, QCapture PRO, Motic Images Advanced 3.2, MCID™ Core, Image-Pro Plus 6.2, MetaMorph 7.5, Ди-аМорф.

Прототипом спроектованої системи є програмний засіб з відкритим вихідним кодом ImageJ. Очевидними перевагами цього засобу є відкритість базових і користувацьких алгоритмів, наявність мови сценаріїв та орієнтованість саме на мікроскопічні зображення. Недоліками технології Java є мала швидкодія та використання великих обсягів пам'яті порівняно з технологіями програмування без інтерпретації коду. Оскільки ЦЗ і ГЗ займають значний обсяг пам'яті, то їх опрацювання істотно впливає на оперативність проведення досліджень.

Отже, основними проблемами та шляхами її вирішення, які виникають при автоматизації ручного мікроскопічного дослідження є:

1. **Мінімізація рутинної роботи** зі встановлення зразків у мікроскоп забезпечується:
 - автоматичним вибором інформативних полів зору на основі оцінки локальних і глобальних ознак зображень;
 - застосуванням моторизованих мікроскопів, що дає змогу сканувати предметне скло автоматично та отримувати зображення всього зразку у вигляді віртуального слайду;
 - застосуванням засобів автоматичної подачі зразків на предметний стіл мікроскопа.
2. **Використання інтерактивних алгоритмів**, які потребують налаштування їх параметрів. Результат роботи алгоритмів контролюється користувачем візуально. Послідовність застосування алгоритмів та операторів оброблення зображення також задається вручну. Такі алгоритми повинні виконуватися в інтерактивному режимі для:
 - виконання умови надійності: користувач повністю контролює результати виконання алгоритму шляхом інтерактивного управління;

- розв'язання питань правової відповідальності: автоматична оброблення біомедичних даних часто створює проблему правової відповідальності. Якщо алгоритм виконується під управлінням користувача, ця проблема знімається.
3. **Відсутність засобів аналізу складних мікрооб'єктів.** Переважна більшість систем аналізу зображень містить великий набір алгоритмів сегментації та контурного аналізу. Проте, побудовані на їх основі операції детекції, виявляють тільки прості мікрооб'єкти, що утворені однією областю з певними характеристиками. Для виділення складних мікрооб'єктів операцію співставлення двох зображень серед аналогів містить тільки програма ImageJ. Складним є мікрооб'єкт, який утворений двома і більше областями, що мають спільну границю і розташовані певним чином одна відносно одної. Наявність такої операції є необхідною умовою для обчислення ядерноцитоплазматичного відношення (ЯЦВ), що є однією з найважливіших числових ознак при діагностуванні ЗН.
 4. **Діагностування та пояснення висновку.** Задача діагностування злоякісних процесів на основі зображень містить не тільки кількісні характеристики об'єктів дослідження а й нагромаджені експертами та діагностами нечіткі правила візуальної якісної інтерпретації зображень. Для розв'язання задач такого класу використовують інтелектуальні системи (системи підтримки прийняття рішень, ЕС), обов'язковими складовими яких є БЗ та машина логічного виводу.

Перспективним [8, 9] для підвищення ефективності функціонування інтелектуальних систем діагностики є застосування комплексних інтелектуальних комп'ютерних технологій і систем, побудованих на різномірних знаннях. Такі системи можна розглядати як гібридні, коли поєднуються різні види знань: концептуальні, експертні, фактографічні так і різні відповідні методи їх оброблення. Тому основною задачею при розробці гібридних систем є поєднання різних форм представлення і методів оброблення знань для підвищення ефективності розв'язку задач діагностування в умовах невизначеності (нечіткості).

Першочергове значення в таких системах набувають проблеми побудови вихідної БЗ для конкретної предметної області. Побудова БЗ пов'язана із використанням знань експертів для опису мікрооб'єктів, характеристик патологічних процесів у якісних категоріях і висновку про стан злоякісного процесу. Для діагностування ЗН на основі якісних ознак окремих клітин в якості класифікатора застосовують штучні нейронні мережі (ШНМ) [10], логічний вивід висновку в мультиагентній ЕС [11] та нечіткий логічний вивід [12, 13]. Незважаючи на наукові здобутки, САМ, які представлені на ринку, не володіють засобами класифікації зображень або окремих мікрооб'єктів.

Гібридні інтелектуальні системи в області аналізу зображень віднесемо до таких типів: а) системи на основі (ШНМ), б) системи на основі детекторів ознак та ШНМ, в) чіткої логіки, г) око-процесорні системи. В око-процесорній системі [14] блок аналізатор призначений для аналізу якісних характеристик сигналів та розподілу вхідної інформації на два канали: якісний та кількісний. Внаслідок оброблення отримуються логіко-часові функції (ЛЧФ). В блоці ключової інформації формується цільовий кодер, який внаслідок виконання спеціальних операцій модифікується у ключову ЛЧФ. Кожну нову ключову ЛЧФ аналізують та порівнюють в блоці прийняття рішень з еталонними зразками БЗ.

Ми пропонуємо підхід, що поєднує алгоритми комп'ютерного зору та інтелектуальні засоби опрацювання зображень (нечіткі БЗ) (рис. 2, д). Такий підхід має низку переваг: наскрізний процес опрацювання зображень – від вводу зображення до постановки діагнозу, створення БЗ шляхом формалізації існуючих експертних знань з діагностування злоякісних процесів, можливість створення процедури пояснення всіх етапів виводу діагностичного висновку.

Постановка задачі. Проведений аналіз показав, що шляхами подолання недоліків існуючих САМ є:

- а) автоматизація операцій сегментації мікрооб'єктів та їх складових частин;
- б) автоматизація повторюваних операцій опрацювання для кожного зображення із серії;
- в) створення, збереження та модифікація бази діагностичних знань.

Мета роботи – створення інтелектуальної системи для діагностування внутрішньопроктового та інфільтративного раку молочної залози на основі аналізу гістологічних та цитологічних зображень.

1. Основна частина

1.1. Структура системи. Інтелектуальна система реалізована як розширення програмного засобу (ПЗ) опрацювання зображень ImageJ. ПЗ ImageJ призначений для опрацювання зображень та аналізу числових характеристик виділених мікрооб'єктів і містить інтерпретатор макромови та може бути розширений додаванням зовнішніх модулів.

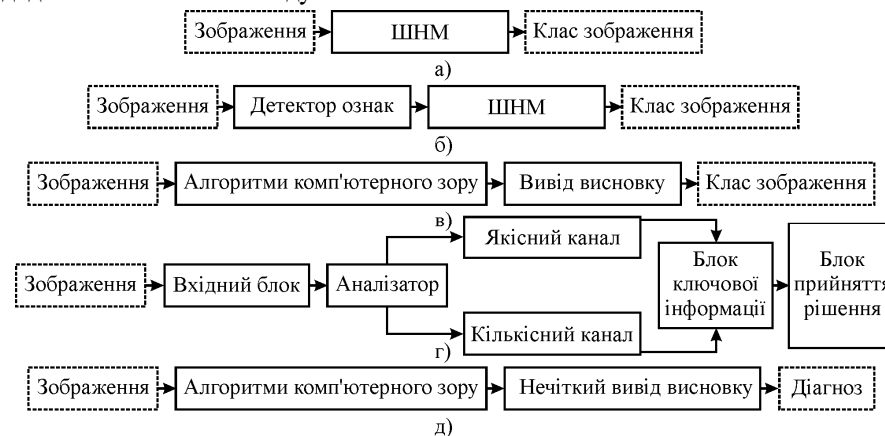


Рис. 2. Типи гібридних інтелектуальних систем

Структуру інтелектуальної системи представлено на рис. 3. Основою системи є інтерпретатор сценаріїв і методик, що призначений для виконання послідовності операцій опрацювання зображень.

Блок вибірки та перегляду результатів досліджень забезпечує перегляд у зручній для користувача формі зображень, виділених мікрооб'єктів та значень їх числових ознак. За допомогою нього можна переглядати окремі мікрооб'єкти та робити експорт результатів числових морфометричних вимірювань у табличний процесор для подальшого статистичного оброблення.

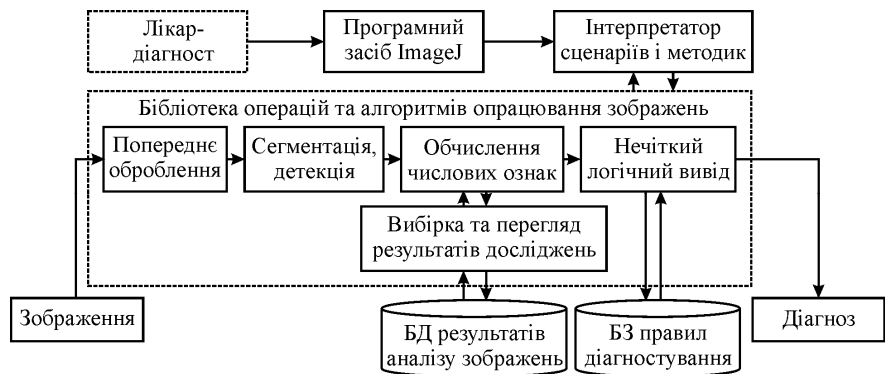


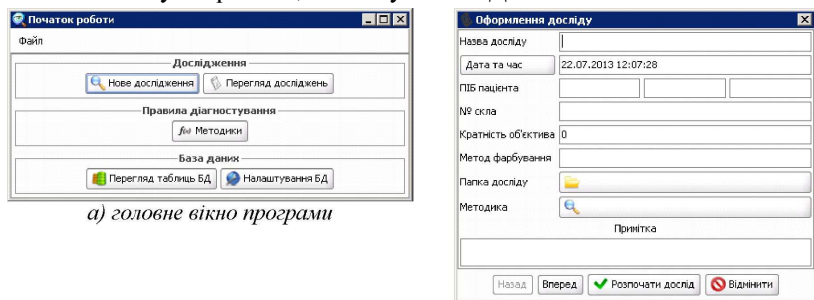
Рис. 3. Узагальнена структура інтелектуальної системи

Прототип системи містить блок для виконання макросів – текстових файлів, написаних на макромові. Розроблена система відрізняється тим, що інтерпретатор сценаріїв виконано на основі мови Java, що дозволило використати як змінні складні об'єкти та візуалізувати створення сценарію. Основними функціями інтерпретатора методики є:

- наявність умовної та циклічної конструкції;
- типізація вхідних змінних окремих функцій, наявність менеджера змінних;
- можливість підключення в якості функції динамічних бібліотек, створених за допомогою Borland Delphi, C та OpenCV.

Алгоритми, що реалізують функції опрацювання та аналізу зображення, утворюють бібліотеку функцій. На відміну від прототипу, розроблена система дає змогу оперувати функціями високорівневого аналізу зображення. До таких функцій належить нечіткий логічний вивід висновку, що забезпечує розпізнавання типу та стану клітини на цитологічному зображенні.

Головне вікно програми зображено на рис. 4, а. На початку роботи системи користувачу надається можливість створення нового дослідження, перегляду бази даних (БД) існуючих досліджень, бібліотеки існуючих алгоритмів опрацювання та аналізу зображень, налаштування БД.



б) вікно введення інформації нового дослідження

Рис. 4. Графічний інтерфейс системи

На початку нового дослідження користувач вводить такі дані (рис. 4, б): назву дослідження, дату, час, прізвище та ім'я пацієнта, номер скла зразку, крат-

ність збільшення об'єктива, метод фарбування препарату, шлях до каталогу, де розміщені зображення, обрану методику дослідження та примітку.

1.2. Основні функції системи. Отримані зображення характеризуються малою чіткістю границь мікрооб'єктів, піксельним шумом, некоректним розподілом кольорів, розфокусуванням. Для покращення зображень у системі використано такі операції: медіанну фільтрацію та усереднення.

Для детекції ядер клітин як на цитологічних, так і гістологічних зображеннях розроблено метод та алгоритм автоматичної сегментації [15]. Запропонований метод на основі аналізу критеріїв однорідності зображення та аналізу гістограми розподілу яскравості за допомогою алгоритмів нечіткої логіки дає змогу автоматично визначити оптимальний алгоритм сегментації.

Для контурного аналізу цитологічних клітин в системі застосовано, розроблені авторами, методи перетворення типу "контур – контур" і "область – область" із заданою похибкою перетворення [16]. Показано, що похибка перетворення типу "контур – контур" складається із похибки апроксимації другого контура та похибки апроксимації першого контура, помноженого та функцію перетворення контурів.

Похибка перетворення типу "область – область" залежить від похибок відтворення областей зображень, які складаються з похибок апроксимації контурів і похибок відтворення областей зображень за їх скелетами. Проведені комп'ютерні експерименти показали, що похибки перетворення в топологічному просторі в 2-3 рази менші за похибки перетворення в афінному просторі.

Для аналізу структурних змін тканин на ГЗ застосовано розроблені авторами [7, 17] методи оцінки структурної атипії на основі теорії кристалографічних груп. Аналіз структурних змін ГЗ складається із таких етапів: визначення відповідних точок на контурах мікрооб'єктів, обчислення афінних перетворень між мікрооб'єктами, визначення групи симетрії для множини мікрооб'єктів (частини зображення). Відповідні точки визначаються на основі дискретних центральних моментів області. Для оцінки структурних змін тканини при 3Н введено коефіцієнт структурної атипії.

Аналіз зображень та діагностування. Послідовність аналізу БМЗ представлено на рис. 5.

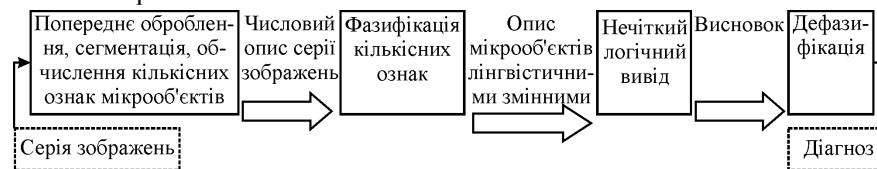


Рис. 5. Загальна схема аналізу гістологічних і цитологічних зображень

Опрацювання зображень охоплює кілька кроків. Попереднє оброблення БМЗ призначене в основному для зменшення шуму, покращення контрасту та підкреслення границь мікрооб'єктів. У системі застосовано операції фільтрації з усереднення значень пікселів. Для виділення мікрооб'єктів та їх границь застосовують алгоритми порогової та контурної сегментації. На бінарному зображенні виконуються морфологічні операції дилатації та закриття.

При опрацюванні зображень інформація у системі послідовно видається такими видами: вхідне зображення, сегментоване зображення, контурне зображення, структурний опис, опис кількісних ознак мікрооб'єктів, опис якісних ознак мікрооб'єктів (лінгвістичні змінні). На основі якісних ознак мікрооб'єктів виводиться висновок про тип злоякісного процесу на основі нечіткого виводу висновку.

При фазифікації кількісних ознак точні значення вхідних змінних перетворюються в значення лінгвістичних змінних шляхом застосування функцій належності, які отримуються на етапі навчання системи (етапі побудови БЗ).

Нечіткий логічний вивід призначений для визначення класу клітин (ракова, нормальна) на основі їх якісного опису у вигляді лінгвістичних змінних.

Побудова бази знань. Загальну схему процесу створення БЗ показано на рис. 6.

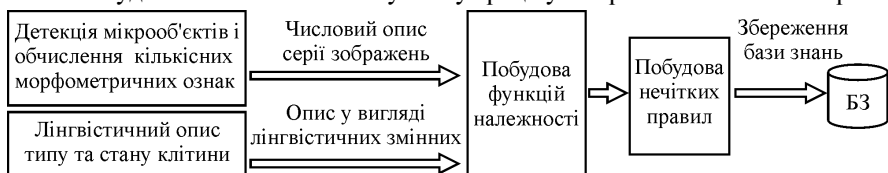


Рис. 6. Загальна схема створення бази знань

У процесі побудови БЗ на цитологічних зображеннях виділяються ракові клітини і вимірюються їх числові морфометричні ознаки. Для кожного зображення експерт ставить у відповідність опис мікрооб'єктів та фону у вигляді лінгвістичних змінних, на основі чого проводиться побудова функцій належності. Оскільки для опису одного об'єкта може використовуватись декілька числових ознак, то проводиться створення правил нечіткого логічного виводу на основі декількох лінгвістичних змінних.

Статистичний аналіз. Для статистичного аналізу в системі застосовано функції ПЗ ImageJ: обчислення мінімального, максимального, середнього значень та середньоквадратичного відхилення. Для детальнішого статистичного аналізу реалізовано експорт результатів числових морфометричних вимірювань у табличний процесор Microsoft Excel. За допомогою нього [18] побудовано варіаційний ряд і статистичний розподіл вибірки; обчислено числові характеристики вибірки: вибіркочку середню, середню геометричну, середню гармонійну, моду, медіану; знайдено числові характеристики розсіювання: розмах варіації, дисперсію, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації; асиметрію, ексцес, їх помилки та проведено перевірку належності вибіркових даних нормальному закону розподілу із визначеними параметрами за критеріями асиметрії й ексцесу, узгодженості Пірсона (χ^2) для коефіцієнта структурної атипії.

1.3. Автоматизація повторюваних операцій. Процес аналізу зображення лікарем-діагностом розділимо на три етапи: пошук потрібного мікрооб'єкта і захоплення зображення, виділення границь мікрооб'єкта, обчислення числових морфометричних ознак та їх статистичний аналіз. Пошук мікрооб'єктів інтересу виконується вручну. Для виділення границь мікрооб'єктів застосовуються такі операції: попереднє оброблення, створення віртуального слайду, розширення глибини фокусу, сегментацію по інтенсивності, текстурну сегментацію, виділення контурів, детекцію ядер клітин та їх цитоплазми. Для ідентифікованих мікрооб'єктів виконується обчислення числових ознак форми та текстури.

Основою для автоматизації повторюваних операцій опрацювання та аналізу зображень в САМ є використання методик (сценаріїв). Розроблена інтелектуальна система містить вдосконалений, порівняно з прототипом, інтерпретатор сценаріїв. Для створення та запуску методик розроблено візуальний редактор, що володіє такими характеристиками: містить умовну і циклічну конструкції, менеджер відображення локальних змінних дає змогу створювати коментарі до окремих функцій.

Кожна операція або алгоритм аналізу зображення можуть бути оформлені у вигляді процедури на мові Java із вхідними та вихідними параметрами. Перевагою системи над аналогами є те, що параметром може бути складний Java об'єкт а не тільки простий тип даних. Для пришвидшення процедури створення методики реалізовано автоматичне визначення параметрів існуючих модулів розширення ImageJ, яке полягає у визначенні кількості та типу параметрів зареєстрованих модулів.

Для підвищення швидкодії та розширення функціональності інтелектуальної системи розроблено засоби підключення зовнішніх модулів, створених за допомогою мов програмування Microsoft Visual C++, ObjectPascal. Для підключення нечіткого логічного виводу використано бібліотеку JFuzzyLogic, що дозволило зберігати та модифікувати БЗ.

Для збереження інформації про пацієнта, зображень отриманих із відповідного препарату, кількісних ознак мікрооб'єктів розроблено БД. Головна таблиця зберігає дані про пацієнта. Вона має зв'язки із таблицями для зберігання даних про дослідження та таблицею, що пов'язує серію зображень, розміщених в певному каталозі файлової системи із ідентифікатором дослідження. Окрема таблиця пов'язує зображення та набір виділених на ньому областей і їх числових ознак.

Для створення програмного засобу використано програмне середовище IntelliJIDEA, мови програмування Java, C++, бібліотеки OpenCV із використанням об'єктно-орієнтованого підходу. Розроблена інтелектуальна система реалізована у вигляді модуля розширення ПЗ ImageJ.

Розроблену систему використано для морфометричного дослідження зображень молочної залози. Дослідження проводилось на основі БД обсягом 1500 зображень, фрагмент результату яких наведені в табл. 2. Обраховано кількісні ознак мікрооб'єктів: площу, периметр, довжини головних осей, округлість, діаметр Ферета.

Табл. 2. Експериментальні результати аналізу цитологічних зображень

№ мікрооб'єкта	Ознака	Площа, пікселів	периметр, пікселів	Велика вісь, пікселів	Мала вісь, пікселів	Округлість, пікселів	Діаметр Ферета, пікселів	Фактор форми, пікселів
1		44921	802,9593	270,2510	211,6372	0,87553	284,007	0,7831
2		44273	905,2112	276,3156	204,0063	0,67896	284,850	0,7383
3		47326	863,8999	297,3988	202,6145	0,79686	317,067	0,6812
4		46667	963,1727	279,7700	212,3825	0,63213	288,922	0,7591

Дослідження виконано в рамках держбюджетної теми за номером № 0112U000736 на тему "Інтелектуальна система для діагностування різних форм раку молочної залози на основі аналізу гістологічних та цитологічних зображень".

Висновки. Розроблено інтелектуальну систему для діагностування різних форм раку молочної залози на основі аналізу гістологічних та цитологічних зображень. Спроектвана система є гібридною, оскільки суміщає методи та алгоритми аналізу зображень із методами нечіткого логічного виводу. У процесі реалізації системи отримано базу знань діагностування злоякісних процесів на основі кількісних та якісних ознак мікрооб'єктів на цифрових гістологічних та цитологічних зображеннях.

Література

1. "Рак в Україні, 2011-2012". Бюлетень Національного канцер-реєстру – 2013. – № 14. – 124 с.
2. Березький О.М. Комп'ютерна система аналізу біомедичних зображень / О.М. Березький, Ю.М. Батько, Г.М. Мельник // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2009. – № 650. – С. 11-18.
3. Егорова О.В. Компьютерная микроскопия / О.В. Егорова, Е.И. Клыкова, В.Г. Пантелеев. – М. : Изд-во "Техносфера", 2005. – 304 с.
4. Егорова О.В. С микроскопом на "ты". Шаг в XXI век. Световые микроскопы для биологии и медицины / О.В. Егорова. – М : Изд-во "Репроцентр М", 2006. – 416 с.
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. Berezsky O. Biomedical engineering trends in electronics, communications and software / Oleh Berezsky, Grygoriy Melnyk, Yuriy Batko – InTech, 2011. – 461-480 p.
7. Мельник Г.М. Інформаційна технологія опрацювання гістологічних зображень / Г.М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. – Сер.: Технічні науки. – 2012. – № 5. – С. 154-161.
8. Гаврилов А.В. Гибридные интеллектуальные системы / А.В. Гаврилов, Ю.В. Новицкая // Международная конференция "Информационные системы и технологии", ИСТ'2003, 22-26 апреля 2003, НГТУ, Новосибирск, Россия – 2003. – С. 113-120.
9. Антошук С. Гибридные информационные модели в системах обработки изображений / С. Антошук, О. Бабилунга // Компьютинг – 2009. – Т. 2, № 8. – С. 41-49.
10. Пат. 2293524 Россия, МПК А61В 10/00, G01N 33/48. Способ дифференциальной диагностики фолликулярной аденомы и фолликулярного рака щитовидной железы / Полоз Т.Л., Демин А.В., Шкурупий В.А.; Владелец патента Государственное учреждение Научный центр клинической и экспериментальной медицины Сибирского отделения Российской академии медицинских наук (ГУ НЦКЭМ СО РАМН), № 2005112953/14, заявл. 28.04.05, опубл. 20.02.07.
11. Ovalle A. Medical system design and knowledge acquisition using cooperating intelligent agents. A case study for breast cancer diagnosis / Arturo Ovalle, Emmanuelle Hugonnard, Catherine Garbay // Artificial Intelligence in Medicine – 1993. – № 10. – Pp. 247-258.
12. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница : Изд-во УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.
13. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М. : Изд-во "Горячая линия – Телеком", 2007. – 288 с.
14. Кормановський С.І. Око-процесорна оброблення та розпізнавання образної інформації за геометричними ознаками. / С.І. Кормановський, В.П. Кожем'яко. – Вінниця : Вид-во УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 160 с.
15. Батько Ю.М. Метод вибору алгоритмів автоматичної сегментації біомедичних зображень / Ю.М. Батько // Системи обробки інформації. – Харків : Вид-во ХУПС. – 2012. – № 7(105). – С. 98-107.
16. Березький О.М. Похибки перетворення типу "область – область" в автоматизованих системах аналізу цитологічних зображень / О.М. Березький // Штучний інтелект. – 2013. – № 2. – С. 205-212.
17. Березький О.Н. Информационная технология анализа и синтеза гистологических изображений в системах автоматизированной микроскопии / О.Н. Березький, Г.Н. Мельник // Управляющие машины и системы. – 2013. – № 3. – С. 10-16.

18. Березький О.М. Статистичне оброблення цитологічних зображень / О.М. Березький, К.М. Березька, С.Ю. Попіна, Г.М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. – Сер.: Технічні науки. – 2012. – № 5. – С. 161-164.

Березький О.М., Мельник Г.М., Батько Ю.М., Дацко Т.В. Интеллектуальная система для диагностики различных форм рака молочной железы на основе анализа гистологических и цитологических изображений

Рассмотрены проблемы построения интеллектуальных систем для диагностирования злокачественных новообразований молочной железы на основе цифровых микроскопических изображений. Диагностика новообразований базируется на анализе цитологических и гистологических изображений полученных с помощью светового микроскопа. Предложена интеллектуальная система с применением нечетких алгоритмов для автоматизации процесса анализа гистологических и цитологических изображений и вывода заключения о состоянии и типе микрообъектов.

Ключевые слова: предыдущая обработка, фильтрация, сегментация, контурный анализ, структурный анализ, нечеткий логический вывод, база знаний, база данных.

Berezsky O.M., Melnyk G.M., Batko Yu.M., Datsko T.V. Intelligent system for diagnosing of different forms of breast cancer based on the analysis of histological and cytological images

The problems of building intelligent systems for diagnosing breast cancers based on digital microscopic images is considered. Diagnosis of tumors based on the analysis of cytological and histological images obtained by light microscopy. Proposed an intelligent system based on fuzzy algorithms. It is devoted to automation of the analysis of histological and cytological images and deriving conclusions about the state and type of microobjects.

УДК 004.9:630.5

Ст. наук. співроб. Г.В. Стрямець¹, канд. с.-г. наук; ст. наук. співроб. І.П. Сіренко²; ст. наук. співроб. Б.Г. Проць^{3,4}, канд. біол. наук; доц. Т.С. Ямелинець^{4,5}, канд. географ. наук; доц. С.П. Стрямець⁶, канд. техн. наук; мол. наук. співроб. В.В. Позорілко¹

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА "ЛІТОПИС ПРИРОДИ" ДЛЯ УСТАНОВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

Наведено результати розроблення електронного варіанта бази даних "Літопис природи" для установ ПЗФ України. БД має забезпечити швидкий доступ до результатів наукових досліджень, що проводяться в цих установах, створити умови для якісного й кількісного аналізу даних та оперативного прийняття управлінських рішень. БД дає змогу частково проаналізувати матеріали Літопису. Зазначена структура програмного забезпечення дає змогу представляти матеріали Літопису в електронному вигляді через мережу Інтернет, або на цифрових носіях, що істотно покращить комунікацію між Мінприродою, громадськістю та об'єктами ПЗФ у питаннях збереження національного надбання на їх території.

Ключові слова: бази даних, ПЗФ, управління, природні заповідники, національні природні парки, багаторічні спостереження, біорізноманіття, Україна.

Для існування цивілізації необхідним є обмін інформацією – передача знань як між окремими членами і колективами суспільства, так і між різними по-

¹ Природний заповідник "Розточчя", смт. Івано-Франкове, Львівська область;

² Київський НУ ім. Тараса Шевченка, м. Київ;

³ Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів;

⁴ Дунайсько-Карпатська Програма в Україні Всесвітнього фонду природи (WWF), м. Львів

⁵ Львівський НУ ім. Івана Франка;

⁶ НУ "Львівська політехніка";