

2. Кирейцев Г.Г. Глобализация экономики и унификация методологии бухгалтерского учета: науч. доклад / Г.Г. Кирейцев. – Житомир : Вид-во ЖГТУ, 2007. – 68 с.
3. Гиляровская Л.Т. Анализ и оценка финансовой устойчивости коммерческого предприятия / Л.Т. Гиляровская, А.А. Вехорева. – СПб. : Изд-во "Питер", 2003. – 256 с.
4. Базецька Г.І. Конспект лекцій з дисципліни "Фінансовий менеджмент" (для слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.03050401 – Економіка підприємства (за видами діяльності)) / Г.І. Базецька, В.Г. Федорова; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : Вид-во ХНАМГ, 2012. – 259 с.
5. Sopelana A. Organizational flexibility: a dynamic evaluation of Volberda's theory / A. Sopelana, M. Kunc, O. Rivera Hernández // 28th International Conference of the System Dynamics Society, 2010. – Pp. 1191-1218.
6. Volberda H.W. Building flexible organizations for fast-moving markets / H.W. Volberda // Long range planning. – 1997. – № 2. – Pp. 169-183.
7. Volberda H.W. Building the flexible firm: How to remain competitive / H.W. Volberda. – Oxford University Press, 1999. – 384 p.

Чишко І.С. Оцінювання та формування фінансової гнучкості суб'єктів господарювання

Розглянуто інформаційно-організаційне забезпечення оцінювання та формування фінансової гнучкості суб'єкта господарювання. Виділено основні цілі інформаційно-організаційного забезпечення фінансової гнучкості та фактори, що визначають його структуру. Уточнено функції структурних підрозділів щодо їх участі в процесі оцінювання та формування фінансової гнучкості. Обґрунтовано доцільність зосередження функцій аналізу та прогнозування рівня гнучкості у фінансово-аналітичному відділі, що сприяє максимальній інтеграції процесів управління поточною діяльністю та фінансовою гнучкістю.

Ключові слова: фінансова гнучкість, інформаційно-організаційне забезпечення, функції структурних підрозділів, інформаційна гнучкість, організаційна гнучкість.

Chishko I.S. Evaluation and formation of the financial flexibility of business entities

The information and organizational support for the evaluation and foundation of business entities financial flexibility is considered. The main goals of information and organizational support of business entities financial flexibility and the factors that determine its structure are highlighted. The functions of business entities structural units are specified. The concentration of analysis functions and forecasting of flexibility in the financial and analytical department that promotes integration of the management current activities and financial flexibility processes are justified.

Key words: financial flexibility, information and organizational support, the functions of structural subdivisions, information flexibility, organizational flexibility.

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 004:932.2:616-006.06

*Проф. О.М. Березький¹, д-р техн. наук;
ст. викл. Г.М. Мельник¹, канд. техн. наук;*

доц. К.М. Березька¹, канд. техн. наук; доц. Т.В. Дацко², канд. мед. наук

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ
АУТО- ТА КСЕНОГЕННИХ ТКАНИН**

Розглянуто питання удосконалення інтелектуальних систем аналізу ауто- та ксеногенних тканин на прикладі діагностування злоякісних новоутворень молочної залози. Дослідження аутоканин базується на аналізі цитологічних і гістологічних зображень, отриманих за допомогою цифрового світлового мікроскопа. Інтелектуалізацію системи здійснено шляхом розроблення таких функцій та засобів: словника патологічних станів на прикладі ракових захворювань, бази даних числових ознак мікрооб'єктів та зображень, бази знань якісних ознак мікрооб'єктів та зображень, підсистеми набуття знань, підсистеми експорту бази знань у системи добування знань.

Ключові слова: аутоканина, ксеногенна тканина, гістологічне зображення, база знань, база даних.

Вступ. ХХІ ст. – це століття наук про людину: медицини, мікробіології, генетики тощо. Аналіз цифрових мікроскопічних зображень у медицині – галузь швидкого розвитку інформаційних технологій. Цифрові мікроскопи використовують для аналізу ауто- та ксеногенних тканин. Аутоканина – власна тканина людини. Ксеногенною називають тканину тварин (наприклад свиней, коней), що використовують для задач регенерації тканин людського тіла. Зокрема, для задач онкологічної діагностики використовують дослідження гістологічних і цитологічних зображень зразків аутоканин [1-3]. Цитологічні зображення – це мікроскопічні зображення препаратів, що містять клітини та їхні складові частини (ядро, вакуолі і т. ін.). Гістологічні зображення – це мікроскопічні зображення препаратів тонких зрізів зафіксованих тканин, що відображають їх структуру.

Гістологічне дослідження – не тільки вирішальний етап діагностики онкологічних захворювань. Його роль постійно зростає у зв'язку з прагненням до ранньої діагностики пухлинних процесів, передпухлинних змін та дослідження змін структури тканин взагалі. Гістологічне дослідження аутоканин охоплює три основні етапи. Перший і найважливіший етап – встановлення морфологічного діагнозу перед початком лікування (хірургічне, хіміотерапія, променева терапія, гормональна дія). Другий етап охоплює проведення термінового гістологічного дослідження під час операції. Нарешті, найбільшу інформацію про характер патологічного процесу можна отримати на завершальному етапі – під час планового морфологічного дослідження операційного матеріалу.

Остаточне гістологічне дослідження операційного матеріалу – завершальний етап морфологічної діагностики, на якому патологоанатом повинен відповісти на питання, поставлені клініцистами. При цьому необхідно насамперед все оцінити макроскопічну картину видаленого матеріалу, звертаючи увагу на локалізацію,

¹ Тернопільський національний економічний університет

² Тернопільський державний медичний університет ім. І. Горбачевського

розміри, форму новоутворення, чіткість його кордонів, консистенцію, колір, відхід пухлини від країв резекції, інфільтрацію стінок органу і навколишніх тканин.

Характеристика мікроструктури аутотканин охоплює, передусім, встановлення гістологічного типу пухлини за сучасними морфологічними класифікаціями. Для дослідження біомедичних зображень медики-науковці широко використовують загальновідомі програмні системи (ПС) Matlab, Octave, Microsoft Excel. Вони забезпечують великий інструментарій як для попереднього опрацювання зображення, так і для розпізнавання. Велика популярність ПС забезпечила появу користувацьких спеціалізованих алгоритмів [1].

Експерти, котрі аналізують гістологічні та цитологічні зображення, користуються якісними категоріями для опису нормального чи патологічного стану тканини. Цей опис необхідний при побудові ПС, що реалізують вищі рівні розпізнавання зображень і, зокрема, класифікацію. Недоліками наявних систем аналізу ауто- та ксеногенних тканин є відсутність функцій набуття знань опису тканин. Для класифікації зображень використовують кількісний опис мікрооб'єктів та опис у вигляді якісних категорій [2-4]. Якісний опис надають медики-експерти та наводять у спеціалізованій літературі.

Постановка задачі. Спеціалізовані програмні засоби (ПЗ) аналізу ауто- та ксеногенних тканин містять функції визначення кількісних ознак мікрооб'єктів, перелік яких наведено в табл. 1. Недоліками ПС є: значна ціна, великий розмір дистрибутиву, відсутність засобів для представлення і моделювання знань.

Табл. 1. Кількісні ознаки мікрооб'єктів

№ з/п	Назва ознаки	№ з/п	Назва ознаки
1	Бінарне зображення області мікрооб'єкта	15	Середнє значення рівнів сірого
2	Кут нахилу	16	Медіана значень рівнів сірого
3	Площа області	17	Мінімальне значення рівнів сірого
4	Координата обмежуючого прямокутника	18	Мінімальний діаметр Ферета
5	Координата обмежуючого прямокутника	19	Довжина малої осі
6	Ознака округлості	20	Мода значень рівнів сірого
7	Діаметр Ферета	21	Периметр області
8	Кут нахилу діаметра Ферета	22	Сума значень пікселів зображення
9	Координата точок діаметра Ферета	23	Момент третього порядку
10	Висота області	24	Номер шару зображення у стеку
11	Добуто площі і середнього значення рівнів сірого зображення	25	Середньоквадратичне відхилення значень пікселів
12	Момент четвертого порядку	26	Ширина області
13	Довжина великої осі	27	Координати центроїда області
14	Максимальне значення рівнів сірого	28	Координати центру мас області

Мета роботи – удосконалення програмного забезпечення інтелектуальної системи діагностування [5, 6] шляхом його інтелектуалізації та розроблення таких функцій і засобів: словника патологічних станів на прикладі ракових захворювань, бази даних та знань числових ознак мікрооб'єктів та зображень, підсистеми набуття знань, підсистеми експорту бази знань у системи добування знань.

Основна частина.

Архітектуру розробленої системи [5] наведено на рис. 1. Інтелектуальна система реалізована як розширення ПЗ опрацювання зображень ImageJ. Основною системою є інтерпретатор сценаріїв і методик. Методика, у цьому випадку, –

це стала послідовність операцій опрацювання зображень, яка зберігається для повторного використання [6-9].

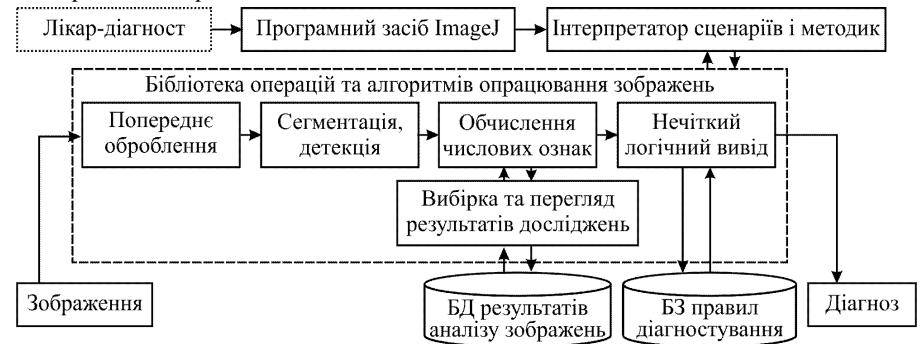


Рис. 1. Узагальнена структура інтелектуальної системи

Для реалізації графічного інтерфейсу побудови методик обрано парадигму візуального програмування (рис. 2).

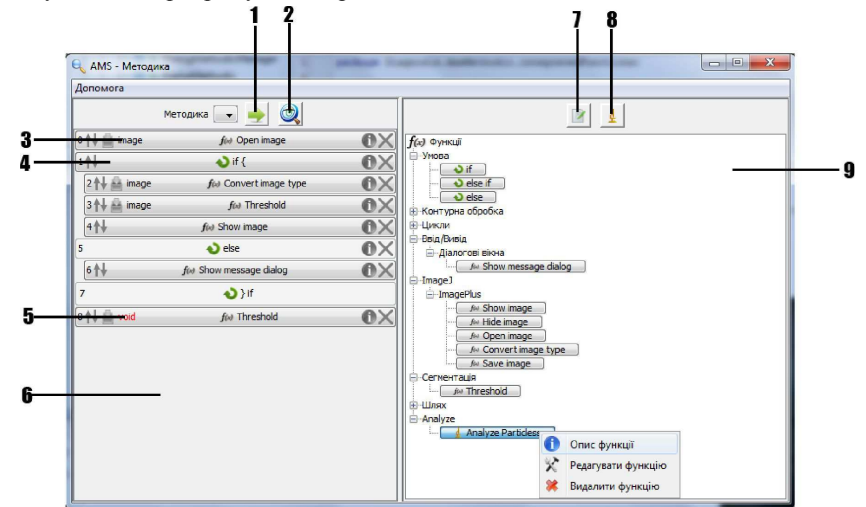


Рис. 2. Вікно для побудови методик і функцій

На наведеному рисунку зображено такі елементи меню:

- 1) запуск методики на виконання для тестування роботи;
- 2) виклик діалогового вікна для управління методиками;
- 3) назва змінної, у якій зберігається результат функції;
- 4) блок конструкції IF, котра не повертає параметрів;
- 5) блок функції без вихідного параметра;
- 6) панель, що містить послідовність функцій для виконання;
- 7) кнопка виклику діалогового вікна для створення складеної функції з уже наявних функцій;
- 8) кнопка виклику діалогового вікна для додання ImageJ плагіна у список функцій;
- 9) панель представлення доступних функцій у вигляді дерева.

Вхідними параметрами функції можуть бути такі типи змінних: стрічка, булевий, цілочисельний, з плаваючою комою або клас "обгортка". Повний опис функції складається з опису призначення, опису вхідних параметрів, опису вихідних параметрів та шляху розміщення (рис. 3). Для підключення ImageJ плагіна створено спеціальну функцію генерування "обгортки". "Обгортка" є проміжним класом і включає назву оригінального плагіна, опис вхідних параметрів, ідентифікатор вхідного зображення, ідентифікатор результуючого зображення.

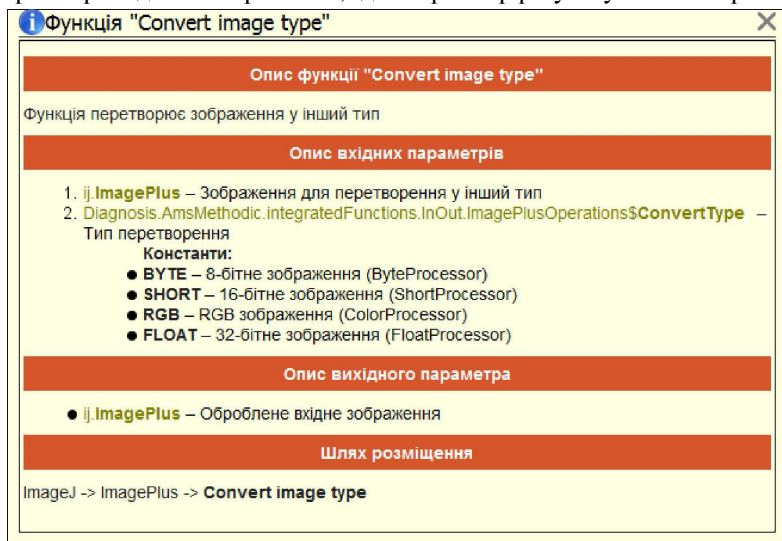


Рис. 3. Вікно опису аргументів функції

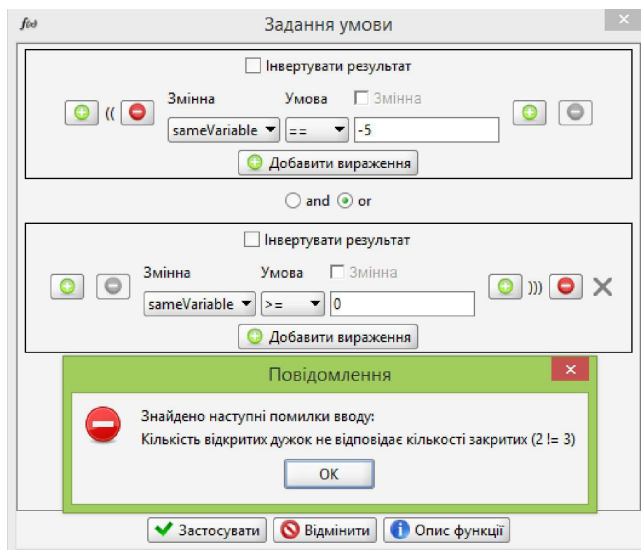


Рис. 4. Інтерфейс для реалізації розгалужень в алгоритмі методики

Для реалізації розгалужень в алгоритмі роботи методики реалізовано інтерфейс створення умов правил IF-THEN (ЯКЩО-ТО) (рис. 4). Для інвертування результатів логічних операцій реалізовано перемикач "Інвертувати результат". Кнопки "+" та "-" призначені для додавання та видалення дужок, які використовуються для реалізації пріоритетів виконання операцій. Кнопка "Додати вираз" додає нову умову, а кнопка "Закрити" – її видалає. Для уникнення помилкових ситуацій контролюється правильність вкладення дужок (рис. 4).

Словник ознак патологічних станів. Внаслідок роботи з експертом розроблено деревоподібний словник ознак патологічних станів [10-14]. Спочатку отримано ряд характерних ознак для різних видів раку, наприклад, раку кістозної мастопатії молочної залози: клітини полігональні, клітини розташовані пласкими, трапляються кубічні та призматичні елементи, сосочкові та округлі комплекси, у фоні багато фагоцитів та гістіоцитів, цитоплазма гомогенна або дрібнозерниста, в клітинах кругле ядро розташовується по центру, дистрофічні зміни в клітинах супроводжуються розрідженням хроматину, трапляються клітини із апокриноювою секрецією, які мають дві зони (базальну та апікальну).

Отримано характерні ознаки для діагностування апілярного раку за допомогою цитологічного дослідження: клітини великого розміру, слабо видимі межі цитоплазми, збільшені чіткі ядра овальної форми, розташування клітин тяжами, насичений колір, відсутність ознак секреторної активності.

База даних числових ознак мікрооб'єктів та зображень. Для збереження інформації про пацієнта, зображень, отриманих із відповідного препарату, кількісних ознак мікрооб'єктів розроблено базу даних [6]. 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 у певному каталозі файлової системи із ідентифікатором дослідження. Окрема таблиця пов'язує зображення та набір виділених на ньому областей і їх числових ознак. Додаткові таблиці призначені для зберігання якісного опису зображення та мікрооб'єктів на ньому.

Підсистема набуття знань. Основою будь-якої інтелектуальної системи є база знань з відповідної предметної області (ПО) [10-12]. Набуття знань є досить складним та громіздким процесом. Основна робота припадає на експерта у відповідній ПО та інженера із знань (когнітолога). У процесі спілкування інженера із знань з експертом з'ясовують низку ключових питань:

- 1) уточнення понять і об'єктів предметної області, дослідження їхніх властивостей і зв'язків між ними, оцінка важливості параметрів;
- 2) аналіз процедур міркувань при прийнятті рішень;
- 3) побудова несуперечливого опису (з урахуванням варіантів досліджуваних ситуацій). Незважаючи на значну кількість розроблених підходів, витяг експертних знань є дуже складною задачею. І чим менше структурована ПО, тим з більшими труднощами стикається когнітол. Найбільше це проявляється в гуманітарних і низці природничих галузей (медицина, біологія, геологія та ін.).

У клінічній медицині в основі кожної лікарської дії лежить діагноз захворювання. У загальному випадку кожен процес ідентифікації захворювання є диференціальним діагнозом. Під ним розуміють так званий процес "зважування"

кожного із симптомів на предмет його достовірності і значущості, оцінку первинності або вторинності, аналіз його ролі в поєднанні з іншими симптомами. Отже, метою такої діагностики є виявлення, до якої із нозологічних одиниць відносять прояви хвороби, та оцінювання можливого прогнозу перебігу і тактики лікування. Тобто клінічні знання повинні включати різноманіття симптомів, синдромів, їх причин (етіології), механізмів їх переходів (патогенез хвороби) і діагностів у динаміці тимчасових змін.

Підсистема набуття знань (рис. 5) призначена для перегляду уже зроблених досліджень, яка дає змогу переглянути зображення цих дослідів та усі виділені мікрооб'єкти на зображенні. Людина-експерт може охарактеризувати зображення та виділені мікрооб'єкти у вигляді атрибутів або якісних категорій. З рис. 5 видно, що інтерфейс дає змогу вибрати: пацієнта, дослід вибраного пацієнта, зображення і клас мікрооб'єктів вибраного дослідів та самі мікрооб'єкти вибраного класу, яким і будуть задаватися певні атрибути. Вибраному зображенню теж можуть задаватися атрибути або якісні категорії. Кнопку "Зберегти" використовують для збереження заданих атрибутів, а кнопку "Завантажити" – для завантаження атрибутів (наприклад, якщо користувач вніс зміни, а потім вирішив відмінити їх і відновити попередньо збережені атрибути).

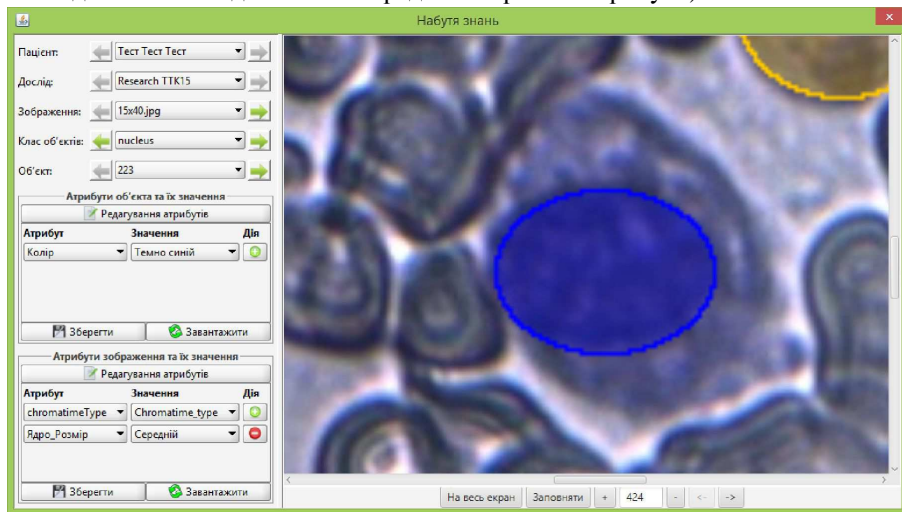


Рис. 5. Головне вікно підсистеми набуття знань

У правій частині вікна наведено зображення та виділені мікрооб'єкти на ньому. Вибраний об'єкт виділяється унікальним кольором.

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 двох видів раку молочної залози [15, 16] (табл. 2, табл. 3). Дослідження виконано в рамках договору на створення науково-технічної продукції "Характеристика ауто- та ксеногенних тканин на основі аналізу гістологічних та цитологічних зображень" на замовлення ТзОВ "Інститут біомедичних технологій" на вибірці обсягом більше 1500 зображень.

Табл. 2. Числові ознаки двох видів раку

Папілярний рак	
Площа ядра, пікселів	13610,9
Площа цитоплазми, пікселів	28833,1
ЯЦВ	0,47
Кістозна мастопатія	
Площа ядра, пікселів	5581,7
Площа цитоплазми, пікселів	114426,8
ЯЦВ (ядерно-цитоплазматичне відношення)	0,049

Табл. 3. Порівняльна характеристика папілярного раку та кістозної мастопатії

	Папілярний рак	Кістозна мастопатія
Площа ядра	13610,87392	5581,726
Площа цитоплазми	28833,08333	114426,8
ЯЦВ	0,472057524	0,048779884

Висновок. Удосконалено інтелектуальну систему для аналізу ауто- та ксеногенних тканин. Спроекована система є гібридною, оскільки комбінє методи та алгоритми аналізу зображень із методами інженерії знань. У процесі реалізації системи отримано базу знань діагностування злоякісних процесів на основі кількісних та якісних ознак мікрооб'єктів на цифрових гістологічних та цитологічних зображеннях аутотканин.

Література

- Егорова О.В. Компьютерная микроскопия / О.В. Егорова, Е.И. Клыкова, В.Г. Пантелеев – М.: Изд-во "Техносфера", 2005. – 304 с.
- Ovalle A. Medical system design and knowledge acquisition using cooperating intelligent agents. A case study for breast cancer diagnosis / A. Ovalle, E. Hugonnard, C. Garbay // Artificial Intelligence in Medicine. – 1993. – № 10. – Pp. 247-258.
- 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.
- Березький О.М. Комп'ютерна програма "Інформаційно-аналітична система для дослідження та діагностування пухлинних (ракових) клітин людини "Morphosys" ("Morphosys") / О.М. Березький, Ю.М. Батько, І.А. Дацко, Г.М. Мельник // Свідчення про реєстрацію авторського права на твір від 30.11.2010 р., № 35888
- Березький О.М. Інтелектуальна система для діагностування різних форм раку молочної залози на основі аналізу гістологічних та цитологічних зображень / О.М. Березький, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько, Т.В. Дацко // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – № 23.13. – С. 357-367.
- Березький О.М. Нечітка база знань інтелектуальної системи діагностування видів раку молочної залози / О.М. Березький, Г.М. Мельник, К.М. Березька // Вісник Хмельницького національного університету : зб. наук. праць. – 2013. – № 6. – С. 284-291.
- Березький О.М. Комп'ютерна програма "Інтелектуальна система для діагностування різних форм раку молочної залози на основі аналізу гістологічних та цитологічних зображень "Intel-iD" / О.М. Березький, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько, Т.В. Дацко, В.Д. Вальків // Свідчення про реєстрацію авторського права на твір від 11.11. 2013 р., № 52096
- Berezsky O. Biomedical engineering trends in electronics, communications and software / O. Berezsky, G. Melnyk, Y. Batko. – InTech, 2011. – Pp. 461-480.
- Мельник Г.М. Інформаційна технологія опрацювання гістологічних зображень / Г.М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету : зб. наук. праць. – Сер.: Технічні науки. – 2012. – № 5. – С. 154-161.

10. 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.

11. Антошук С. Гибридные информационные модели в системах обработки изображений / С. Антошук, О. Бабилунга // Компьютеринг. – 2009. – Т. 2, № 8. – С. 41-49.

12. 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.

13. Батько Ю.М. Метод вибору алгоритмів автоматичної сегментації біомедичних зображень / Ю.М. Батько // Системи оброблення інформації : зб. наук. праць. – Харків : Вид-во ХУПС. – 2012. – № 7(105). – С. 98-107.

14. Березький О.М. Похибки перетворення типу "область – область" в автоматизованих системах аналізу цитологічних зображень / О.М. Березький // Штучний інтелект. – 2013. – № 2. – С. 205-212.

15. Березький О.Н. Информационная технология анализа и синтеза гистологических изображений в системах автоматизированной микроскопии / О.Н. Березький, Г.Н. Мельник // Управляющие системы и машины. – 2013. – № 3. – С. 10-16.

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

Березький О.Н., Мельник Г.Н., Березька Е.Н., Дацко Т.В. Интеллектуальная система анализа изображений ауто- и ксеногенных тканей

Рассмотрены вопросы совершенствования интеллектуальных систем анализа ауто- и ксеногенных тканей на примере диагностирования злокачественных новообразований молочной железы. Исследование аутоклеток базируется на анализе цитологических и гистологических изображений, полученных с помощью цифрового светового микроскопа. Предложено расширить интеллектуальную систему подсистемой приобретения знаний для формализации качественного описания изображений и микрообъектов экспертом-медиком.

Ключевые слова: аутоклетка, ксеногенная ткань, гистологическое изображение, база знаний, база данных.

Berezsky O.M., Melnyk G.M., Berezka K.M., Datsko T.V. The Intelligent System for Auto- and Xenogen Tissue Image Analysis

The problem of improvement of intelligent systems of the analysis of auto- and xenogen tissue on the example of breast cancer diagnosis is considered. Autotissue exploration is based on the cytologic and histologic analysis of images obtained by a digital light microscope. Extending of intelligent system using knowledge acquisition subsystem to formalize a qualitative description of microscopic imaging by medical experts is proposed.

Key words: autotissue, xenogen tissue, knowledge base, database.

УДК 536.2

*Вед. науч. сотр. В.Г. Прокопов, д-р техн. наук –
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев;*

**ЗАМЕЩЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПРИ
МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
В СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНОЙ СИСТЕМЕ**

Представлены результаты математического моделирования процессов теплопроводности в слоисто-неоднородной системе при использовании различных упрощающих замещений внутренних источников энергии. Рассмотрены возможности замещения, связанные с изменением зависимости внутренних источников энергии от пространственной координаты. Проанализировано также замещение условий теплоподвода, при котором меняются зависимости источников энергии как от пространственной, так и временной

координаты. Показано, что такие замещения базируются на проявлении эффектов локализации тех или иных особенностей, касающихся характеристик теплоподвода.

Ключевые слова: внутренние источники энергии, слоисто-неоднородная система, явление локализации, процессы теплопроводности.

Введение. В данной работе рассмотрены особенности явления локализации влияния внутренних источников энергии и в связи с этим проанализированы возможности их замещения. Наблюдаемые в изучаемой ситуации эффекты локализации влияния данных источников обусловлены тем, что область их задания существенно меньше размеров всей исследуемой области и к тому же тепловыделение весьма ограничено по времени. Наличие указанных эффектов позволяет изменять определенным способом условия теплоподвода при исследовании процессов теплопереноса в подобластях, достаточно удаленных от области задания внутренних источников энергии.

Изложение основного материала. В рамках данной работы возможности замещения внутренних источников энергии анализируются на примере рассмотрения процесса теплопроводности в слоисто-неоднородной системе в условиях периодического действия этих источников. Математическая постановка соответствующей задачи представлена в [1].

Остановившись вначале на упрощающем замещении внутренних источников энергии, связанном с возможностью изменения их зависимости от пространственной координаты. В ситуациях, когда область задания числа Померанцева Po ($0 < Pd^* \leq Pd_{C_2}^*$) существенно меньше размеров всей исследуемой области ($Pd_{C_2}^* \ll Pd_3^*$), может иметь место локализация влияния особенностей пространственного распределения величины Po . Иначе говоря, на достаточном удалении от области теплоподвода специфика эпюры внутренних источников теплоты практически не оказывает влияния на процесс теплопереноса. Это обстоятельство (т.е. наличие явления пространственной локализации влияния особенностей внутренних источников теплоты) позволяет при замещении величины Po изменять характер ее зависимости от пространственной координаты. В частности, замещать в пределах подобласти $0 < Pd^* \leq Pd_{C_2}^*$ изменяющиеся вдоль пространственной координаты внутренние источники $Po(Pd^*, Fo^*)$ постоянными внутренними источниками $Po_x(Fo^*)$ в соответствии с соотношением

$$Po_x(Fo^*) = \frac{1}{Pd_{C_2}^*} \int_0^{Pd_{C_2}^*} Po(Pd^*, Fo^*) dPd^*. \quad (1)$$

Очевидно, в силу указанной пространственной локализации отмеченное замещение числа Po целесообразно при исследовании процессов теплопереноса во всем временном интервале в подобластях, достаточно удаленных от зон теплоподвода. Следующий эффект локализации влияния пространственного распределения величины Po имеет место в связи с ограниченностью тепловыделения во времени. В рассматриваемых условиях безразмерное время теплоподвода Fo_u в рамках каждого периода незначительно ($Fo_u / Fo_1 = 0,0002$). Иными словами, в пределах каждого периода по истечении достаточно большого времени после прекращения теплоподвода особенности его пространственного распределения сказываются несущественно и притом, в отличие от предшествующего случая, во