

СТРУКТУРА ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПОЛЯРИМЕТРИЧНІЙ АЗИМУТАЛЬНО-НЕЗАЛЕЖНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗРІЗІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Описано структуру підсистеми підтримки прийняття рішень для системи поляриметричної зображальної діагностики гістологічних зрізів на основі інваріантних мюллер-матричних зображень та суперпозицій мюллер-матричних зображень.

Ключові слова: гістологічний зріз, мюллер-матричні зображення, мюллер-матричні інваріанти, нечітка логіка, інформативні ознаки, статистичні оцінки, кореляційні оцінки, спектральні оцінки

Abstract

The structure of the decision-making support subsystem for the system of polarimetric imaging diagnostics of histological slices based on invariant Mueller-matrix images and superpositions of Mueller-matrix images is described.

Keywords: histological section, Mueller matrix images, Mueller matrix invariants, fuzzy logic, informative features, statistical estimates, correlation estimates, spectral estimates.

Азимутально-незалежні методи з використанням інваріантів мюллер-матричних зображень (ІММЗ) займають важливе місце серед методів сучасної зображальної поляриметричної діагностики гістологічних зрізів.

В якості ММІ розглядаються власне елементи матриці Мюллера M_{11} , M_{14} , M_{41} , M_{44} , а також суперпозиції елементів матриці Мюллера, а саме суми та різниці $S_{22,33}$ та $D_{23,32}$, M_{22} , M_{33} і M_{23} , M_{32} . Використання вищезазначених ІММЗ дозволяє уникнути проблеми азимутальної залежності отриманих значень від кута повороту зразка відносно напрямку його опромінення, що, в свою чергу, в сукупності з сучасними методами аналізу та підтримки прийняття рішень дає свій ефект у вигляді підвищення достовірності діагностики за допомогою системи зображальної поляриметричної діагностики [1-3].

Таким чином, вагому роль відіграють як безпосередньо інваріантність елементів та їх суперпозицій, так і використання інформаційного аналізу даних. Важливою частиною діагностики на основі ІММЗ є використання статистичного, кореляційного та спектрального аналізу в комбінації з різноманітними методами підтримки прийняття рішень (ППР). ППР на основі нечіткої логіки розглянуто у [2, 3].

Отже, для отримання підвищеного у порівнянні з аналогами рівня достовірності діагностики необхідним є проектування та реалізація підсистеми ППР зі структурою, що включає вищепераховані методи та забезпечує їх взаємодію.

Метою роботи є розробка структурної організації підсистеми ППР для поляризаційної системи азимутально-незалежної діагностики гістологічних зрізів та технології її реалізації на основі моделей нечіткої логіки з використанням мови програмування Java для реалізації математичного апарату та інтерфейсу користувача.

Метод, імплементований у підсистемі, включає в себе формування ІММЗ на основі наборів мюллер-матричних зображень біологічних шарів (БШ), оцінки їх статистичних, кореляційних та спектральних моментів 1-го-4-го порядків та подальше обчислення за даними оцінками на основі виведених формул нечіткої логіки значень функцій належностей ІММЗ до станів «норма» та «патологія» з наступним їх порівнянням для прийняття рішення щодо рекомендованого діагнозу [2, 3].

Структуру підсистеми ППР наведено на рисунку 1.

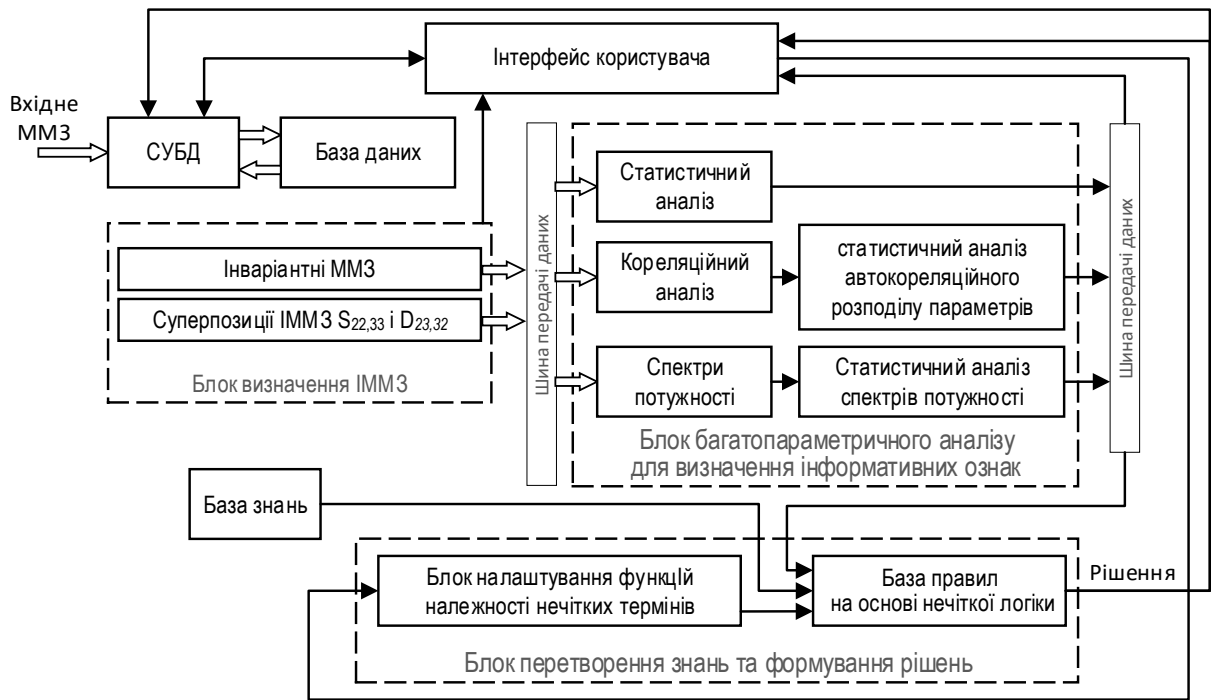


Рис. 1. Структура підсистеми підтримки прийняття рішень

Основними блоками підсистеми ППР є: база даних, поєднана з системою з допомогою СУБД; блок визначення ІММЗ, що включає в себе визначення власне інваріантних ММЗ та розрахунку суперпозицій; блок багатопараметричного аналізу для визначення інформативних ознак, що передбачає здійснення статистичного аналізу та розрахунку статистичних моментів 1-го-4-го порядків кореляційної функції та спектрів потужності; база знань; блок перетворення знань та формування рішень; інтерфейс користувача.

База знань виконує роль вмістилища даних про пацієнтів, що відображається за допомогою інтерфейсу користувача, та водночас містить повні набори мюллер-матричних зображень гісто-логічних зрізів, сформованих в процесі вимірювань за допомогою відеополяриметричної системи діагностики. На основі отриманих даних з використанням визначеного математичного апарату виділяються ІММЗ, в тому числі суперпозиції, та переходять у блок багатопараметричного аналізу.

Аналіз ІММЗ передбачає комплексне застосування взаємодоповнюючих видів аналізу, а саме статистичного, кореляційного та спектрального. Сформовані в результаті набори статистичних моментів 1-го-4-го порядків через шину даних надходять до блоку перетворення знань та формування рішень.

Рішення у підсистемі ППР виконується за допомогою бази правил на основі нечіткої логіки, що, використовуючи налаштування функцій належності нечітких термів та базу знань. Формування бази знань здійснюється на основі статистичних досліджень, вона включає в себе діапазони змінювання статистичних моментів обраних ІММЗ у вигляді ознак, представлених у якісних термах. На етапі реалізації ці дані було інтегровано у програмний код.

Після обробки отриманих наборів статистичних моментів за допомогою блоку правил нечіткої логіки, що передбачає розрахунок значень аналітично описаних функцій належності ІММЗ до стану «норма» та «патологія», блок перетворення знань та формування рішень надсилає рекомендоване рішення до блоку інтерфейсу користувача, де воно буде продемонстроване лікареві – основному користувачу даної системи, поруч з іншою інформацією про пацієнта.

Таким чином, продемонстрована підсистема вміщає в себе увесь комплекс необхідних методів аналізу ІММЗ та блок прийняття рішення на основі отриманих статистичних моментів, а також відображення цього за допомогою інтерфейсу користувача. Використання сукупності методів аналізу та методу нечіткої логіки для ППР дозволило підвищити достовірність до 98%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ushenko, V. A., Prysyzhnyuk, V. P., Dubolazov, O. V. et al., Mueller-matrix invariants of optical anisotropy of the bile polycrystalline films in the diagnosis of human liver pathologies / Ushenko V. A. et al. *Proc. SPIE*. 2015. Vol. 9599. 959920
2. Заболотна Н.І., Шолота В.В. Метод та підсистема підтримки прийняття рішення для мюллер-матричної лазерної поляризаційної діагностики біологічних тканин. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2022. Том 43, №1. С. 43–52.
3. Zabolotna N., Sholota V., Satymbekov M., Komada P. Azimuthally invariant system of Mueller-matrix polarization diagnosis of biological layers with fuzzy logical methods of decision-making. *Proc. SPIE*. 2022. Vol. 12476. 1247608

Шолота Владислава Владиславівна — асистент кафедри комп'ютерних наук, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lada.sholota@vntu.edu.ua

Sholota Vladyslava V. — assistant of the Department of Computer Science, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lada.sholota@vntu.edu.ua