

В. В. Шолота
Д. Л. Рачинський

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОЗНАК ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ІНТРОСКОПІЧНИХ МЮЛЛЕР-МАТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ БІОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Наведено особливості визначення вектору ознак на основі нечіткої логіки для класифікації мюллер-матричних зображень в системі інтроскопічної діагностики двокомпонентних біологічних структур. Встановлено підвищення достовірності діагностики за рахунок нечіткої класифікації фазових та орієнтаційних мюллер-матричних зображень відповідно на 2% та на 3,3%.

Ключові слова: класифікація, вектор ознак, мюллер-матричне зображення, інтроскопічна система, біологічна структура, нечітка логіка.

Abstract

The features of defining a feature vector based on fuzzy logic for classifying Muller matrix images in the system of introspective diagnostics of two-component biological structures are presented. It is established that the diagnostic reliability is increased by 2% and 3.3%, respectively, due to the fuzzy classification of phase and orientation Muller matrix images.

Keywords: classification, feature vector, Muller matrix image, introspective system, biological structure, fuzzy logic.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку лазерних інтроскопічних поляриметричних систем [1-3], які застосовують для задач медичної діагностики біологічних об'єктів, пов'язані із впровадженням сучасних інформаційних технологій для вирішення задач класифікації та розпізнавання вимірних поляризаційних параметрів.

Зокрема, одним із ефективних підходів є формування вектора інформативних ознак вимірних розподілів елементів мюллер-матричного зображення (ММЗ) досліджуваного об'єкта на основі статистичного та кореляційного аналізу [4]. Класифікація ММЗ на основі такого вектора ознак може здійснюватись за різними методами, як от метод найближчих сусідів, метод логістичної регресії, метод дерев рішень. Проте основною проблемою є недостатній обсяг бази даних, отриманих експериментально за допомогою вимірювань в лазерному поляриметрі.

Тому актуальним є обрання для класифікації вказаного вектора ознак в мюллер-поляриметрі класифікаційних методів на основі нечіткої логіки [5], що не вимагають такого значного обсягу даних.

Метою даної роботи є дослідження ефективності застосування класифікатора вектора інформативних ознак ММЗ двокомпонентних біологічних тканин (БТ) на нечіткій логіці при діагностиці в лазерній інтроскопічній поляриметричній системі.

Результати досліджень

Як об'єкти діагностики в лазерній інтроскопічній системі використовуємо зразки гістологічних зрізів двокомпонентної тканини з шийки матки з коефіцієнтом екстинції 0,1. Отримавши розподіли ММЗ для дослідного зразка обчислюємо вектор його інформативних ознак

$$V = [M1, D, Ax, Ex, QM1, QM2, QM3, QM4],$$

де $M1, D, Ax, Ex$ – статистичні моменти з 1-го по 4-ий порядок; $QM1 - QM4$ – кореляційні моменти з 1-го по 4-ий порядок [3].

За обчисленими функціями належності до класу «норма» $\mu_{norm}[V]$ та до класу «патологія» $\mu_{pathol}[V]$, моделі яких було виведено на основі принципів нечіткої логіки, формується результат бінарної класифікації: якщо $\mu_{norm}[V] \geq \mu_{pathol}[V]$, то діагноз діагностики є «норма», в іншому випадку діагнозом є «патологія».

Було отримано бази даних з розбиттям на 5 піддіапазонів (з нечіткими термами для представлення низького (Н), нижче середнього (НС), середнього (С), вище середнього (ВС) та високого (В) рівнів) елементів вектора інформативних ознак ММЗ типу фазовий елемент Z_{44} та орієнтаційний елемент Z_{22} . Проте кількість елементів вектора V було зменшено в обох випадках, оскільки обирались лише ті з оцінок статистичних та кореляційних моментів, значення яких не мали перетину в діапазонах представлення. На цій основі було побудовано моделі класифікаторів на основі нечітких правил.

Для діагностичного тестування було взято дві групи зразків (норма – група 1, патологія – група 2) по 21 елементу в кожній. Застосовуючи програмну реалізацію розробленого класифікатора засобами Java, отримано результати точності класифікації, які визначили достовірність діагностики (таблиця).

Таблиця – Порівняння характеристик інтроскопічних систем на основі аналізу ММЗ БТ

Назва системи	Функціональні можливості	Методи аналізу ММЗ	Методи автоматизованої класифікації вектора ознак	Достовірність діагностики
Автоматизована система для вимірювань та аналізу ММЗ двошарових БТ (прототип) [3]	1. Діагностика двошарових БТ на основі ММЗ 2. Відсутність можливостей діагностики двокомпонентних БТ за ММЗ	Статистичний та кореляційний аналіз	Відсутні	83,7% (за орієнтаційними ММЗ) 89,5% (за фазовими ММЗ)
Комп'ютеризована система діагностики двокомпонентних БТ на основі матриць Мюллера	1. Діагностика двошарових БТ на основі ММЗ 2. Діагностика двокомпонентних БТ за ММЗ	Статистичний та кореляційний аналіз	На основі нечіткої логіки	85,7% (за орієнтаційними ММЗ) 92,8% (за фазовими ММЗ)

Проведено експериментальні вимірювання ММЗ двокомпонентних двошарових біологічних тканин в розробленій системі та оцінено її технічні характеристики.

Доведено розширення функціональних можливостей системи та підвищення достовірності діагностичного методу за рахунок нечіткої класифікації на 2% та на 3,3% відповідно при діагностиці БТ за орієнтаційними ММЗ та фазовими ММЗ двокомпонентних БТ.

Висновки

Експериментально підтверджена діагностична ефективність методів автоматизованої класифікації інтроскопічних ММЗ двокомпонентних БТ на основі нечіткої логіки. Достовірність діагностики збільшилась на 2% для застосування орієнтаційних ММЗ та на 3,3% для застосування фазових ММЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alali S., Vitkin A. Polarized light imaging in biomedicine: emerging Mueller matrix methodologies for bulk tissue assessment. *Journal of Biomedical Optics*. 2015. Vol. 20, no. 6. P. 061104.
2. Заболотна Н.І., Радченко К.О., Костюк С.В. Статистична, кореляційна і фрактальна структура мюллер–матричних зображень багатошарових біологічних тканин. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2013. №2(26). С. 58–66.

3. Zabolotna N.I., Sholota V.V., Okarskyi H.H. Methods and systems of polarization reproduction and analysis of the biological layers structure in the diagnosis of pathologies. *Proceedings of SPIE*. 2020. Vol. 11369, 113691S. P. 501-513.
4. Zabolotna N.I. Sholota V.V. Polarimetric system of mueller-matrix diagnostics of two-component biological structures with decision-making support. *Опт-ел. інф-енерг. техн.* 2023. №1. С. 120–127.
5. Заболотна Н.І., Шолота В.В., Масловський В.Ю., Жумагулова Ш. Нечіткі моделі прийняття рішення при лазерній поляризаційно інваріантній діагностиці ішемії міокарда. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2023. №1. С.97-105.

Шолота Владислава Владиславівна – асистент кафедри комп’ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vladislava.sholota@gmail.com

Рачинський Дмитро Леонідович – студент групи ЛТО-24 м, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, місто Вінниця, e-mail: rachinskiydim2016@gmail.com

Sholota Vladyslava V. – assistant of the Department of Computer Sciences, Vinnytsia National Technical University, 95 Khmelnytske Shose, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: vladislava.sholota@gmail.com

Rachynskyi Dmytro L. - student of group LTO, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: rachinskiydim2016@gmail.com