

ЛАЗЕРНА МЮЛЛЕР-ПОЛЯРИМЕТРІЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ПАТОЛОГІЙ ПЕЧІНКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Наведено оцінки статистичних моментів, кореляційних та спектральних моментів 1-го – 4-го порядку орієнтаційних та фазових мап мюллер-матричних зображень зрізів печінки мишей для групи «норма» та «гепатит». Встановлено підвищення точності діагностики гепатиту за рахунок побудови нечітких моделей прийняття рішення при інтелектуалізованій діагностиці в системі лазерної мюллер-поляриметрії біологічних тканин.

Ключові слова: лазерна мюллер-поляриметрія, аналіз поляриметричних параметрів, біологічний зріз, гепатит, діагностика.

Abstract

Estimates of statistical moments, correlation and spectral moments of the 1st to 4th order of orientation and phase maps of Mueller-matrix images of mouse liver sections for the "normal" and "hepatitis" groups are given. It has been established that the accuracy of the diagnosis of hepatitis has been increased due to the construction of fuzzy models of decision-making during intellectualized diagnosis in the system of laser Müller-polarimetry of biological tissues.

Keywords: laser Müller polarimetry, analysis of polarimetric parameters, biological section, hepatitis, diagnosis.

Вступ

Лазерна поляриметрична діагностика біологічних тканин та рідин сьогодні є однією із прогресивних технологій оцінювання патологічних станів біологічного об'єкту. За допомогою аналізу зареєстрованих оптичних поляризаційних зображень біологічних тканин (БТ) можна отримати інформацію про одну із найважливіших властивостей БТ, а саме її мікроструктурну анізотропію та пов'язаний з нею показник двопронезаломлення об'єкту. Відомо, що багато хвороб, зокрема й захворювання на гепатит, пов'язані із мікроструктурними змінами БТ. Визначити їх можна за допомогою аналізу орієнтаційних та фазових мюллер-матричних зображень (ММЗ) БТ [1-3], зареєстрованих в системі лазерної зображувальної мюллер-поляриметрії. Актуальним є визначення діагностичних можливостей зазначених систем при конкретному захворюванні.

Метою даної роботи є експериментальне дослідження ефективності методів орієнтаційної та фазової мюллер-поляриметрії БТ при діагностиці патологій печінки при використанні багатопараметричної інтелектуалізованої системи мюллер-поляриметрії БТ.

Результати досліджень

За об'єкти експериментального дослідження нами взято дві репрезентативні вибірки гістологічних зрізів печінки мишей: здорових (група 1) і хворих на гепатит (група 2) мишей. В кожній групі по 43 зразки.

За допомогою багатопараметричної інтелектуалізованої системи мюллер-поляриметрії БТ, описаної в роботі [], отримано відповідні орієнтаційні ММЗ $Z_{33}(N \times M)$ та фазові $Z_{44}(N \times M)$ ММЗ оптично тонкого біологічного зрізу печінки мишей.

Визначено також статистичні оцінки координатного та кореляційного розподілів та спектральних характеристик орієнтаційних та фазових ММЗ БТ, наведені в таблиці 1 у вигляді відповідно оцінок статистичних, кореляційних та спектральних моментів 1-го-4-го порядку.

Для орієнтаційних ММЗ біологічних зрізів тканини групи 1 і групи 2 установлені наступні кількісні критерії для диференціації фізіологічного стану ($\Delta M_4 = 1,24$; $\Delta Q_4 = 1,29$; $\Delta J_4 = 1,14$).

Таблиця 1 - Оцінки статистичних, кореляційних та спектральних моментів орієнтаційних та фазових ММЗ біологічного зрізу печінки для групи здорових та хворих на гепатит мишей

g	Група 1	Група 2	g	Група 1	Група 2
Оцінки розподілів орієнтаційних ММЗ					
M_1	$0,13 \pm 0,011$	$0,15 \pm 0,013$	Q_4	$1,19 \pm 0,105$	$0,92 \pm 0,088$
M_2	$0,11 \pm 0,009$	$0,12 \pm 0,011$	J_1	$0,78 \pm 0,069$	$0,71 \pm 0,062$
M_3	$0,72 \pm 0,065$	$0,65 \pm 0,058$	J_2	$0,11 \pm 0,088$	$0,12 \pm 0,093$
M_4	$1,33 \pm 0,11$	$1,07 \pm 0,097$	J_3	$0,018 \pm 0,0014$	$0,021 \pm 0,0018$
Q_2	$0,16 \pm 0,014$	$0,21 \pm 0,017$	J_4	$0,29 \pm 0,022$	$0,33 \pm 0,028$
Q_3	$0,31 \pm 0,026$	$0,35 \pm 0,029$			
Оцінки розподілів фазових ММЗ					
M_1	$0,24 \pm 0,021$	$0,23 \pm 0,019$	Q_4	$0,93 \pm 0,085$	$0,72 \pm 0,068$
M_2	$0,14 \pm 0,011$	$0,21 \pm 0,017$	J_1	$0,72 \pm 0,066$	$0,74 \pm 0,069$
M_3	$0,85 \pm 0,077$	$1,26 \pm 0,11$	J_2	$0,13 \pm 0,011$	$0,15 \pm 0,013$
M_4	$0,83 \pm 0,079$	$0,77 \pm 0,068$	J_3	$0,021 \pm 0,0018$	$0,025 \pm 0,0021$
Q_2	$0,21 \pm 0,018$	$0,27 \pm 0,021$	J_4	$0,32 \pm 0,026$	$0,36 \pm 0,029$
Q_3	$0,38 \pm 0,029$	$0,43 \pm 0,039$			

Установлені наступні кількісні критерії фазової диференціації проявів двопронезаломлення тканини печінки здорових і хворих на гепатит пацюків : $(\Delta M_2 = 1,5; \Delta M_3 = 1,48; \Delta Q_4 = 1,29; \Delta J_4 = 1,13)$.

Були побудовані моделі підтримки прийняття рішення на основі апарату нечіткої логіки при проведенні діагностики зазначених зразків печінки мишей [4]. За ними автоматично в системі формувалася рекомендований діагноз. В результаті експериментального діагностування при обробці 86 зразків БТ було визначено точність діагностики.

Встановлено, що точність діагностики захворювання на гепатит за орієнтаційними ММЗ склала 84,8%, що на 2% краще, ніж у аналога [3]. Точність діагностики захворювання на гепатит за фазовими ММЗ склала 88,4%, що на 1,4 % краще, ніж у аналога [3].

Висновки

Експериментально підтверджена діагностична ефективність методів лазерної мюллер-поляриметрії при діагностиці гістологічних зрізів БТ печінки здорових і хворих на гепатит мишей.

Використовуючи методи інтелектуального аналізу мюллер-матричних орієнтаційних та фазових зображень було підвищено точність діагностики у диференціації патології печінки мишей відповідно на 2% та на 1,4% у порівнянні із аналогами, в яких не передбачалось проведення формування автоматизованого рекомендованого діагнозу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Заболотна Н.І. Архітектура і алгоритми функціонування та аналізу даних двовимірних систем лазерної поляриметрії біологічних тканин. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2013. №1(25). –С. 54–65.

2. Заболотна Н.І., Радченко К.О., Костюк С.В. Статистична, кореляційна і фрактальна структура мюллер–матричних зображень багатшарових біологічних тканин. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2013. №2(26). С. 58–66.

3. Заболотна Н.І. Інформативність систем поляризаційної фазової томографії у диференціації патології печінки. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2015. №2. С. 126 – 131.

4. 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. №1 (43). С. 43–52.

Заболотна Наталія Іванівна – професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, E-mail: natalia.zabolotna@gmail.com

Шолота Владислава Владиславівна – асистент кафедри комп’ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Титула Дмитро Леонідович – студент гр. КОІС-20 б, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Zabolotna Natalia I. - Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: natalia.zabolotna@gmail.com

Sholota Vladyslava V.– assistant of the Department of Computer Sciences, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Title Dmytro Leonidovych - student of KOIS-20 b, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia