

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ДЖОНС-МАТРИЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі було проаналізовано результати роботи системи джонс-матричного картографування шарів біологічних тканин. Також було проведено оцінку чутливості, специфічності, а також достовірності даної системи.

Ключові слова: поляриметрія, матриця Джонса, статистичний аналіз, кореляційний аналіз

Abstract

The results of the system of Jones-matrix mapping of layers of biological tissues were analyzed in this paper. An assessment of the sensitivity, specificity, and reliability of this system was also made.

Keywords: polarimetry, Jones matrix, statistical analyses, correlation analyses

На сьогоднішній день лазерна зображувальна поляриметрія біологічних тканин знайшла своє широке практичне значення в галузі медичної діагностики. Взаємодія монохроматичного поляриметричного випромінювання із детермінованими об'єктами описується відомими матричними методами, кожен з яких, за певних обмежень, можна застосувати до опису біологічних тканин [1-4].

В результаті огляду існуючих методів діагностування патологій біологічних тканин/рідин було проаналізовано, що визначальна кількість методів є інвазивними, а тому травматичними з підвищеним рівнем небезпеки зараження [5,6] і тому було вирішено використати технологію джонс-матричного картографування, як найбільш підходящу для ранньої діагностики [7]. Найбільш ефективно використання матриць Джонса полягає у дослідженні прозорих середовищ, де майже відсутня втрата поляризації світла [8].

Для дослідження було обрано 20 зразків плазми крові, 10 взятих у пацієнтів зі здоровою молочною залозою та 10 патологічними відхиленнями відповідно.

Двовимірна система лазерної поляриметрії, що використовувалася для отримання дійсних та уявних елементів матриці Джонса, складається з вимірювального каналу та з персонального комп'ютера для аналізу, обробки та класифікації отриманих зображень [9].

Було проведено статистичний та кореляційний аналіз двовимірних розподілів параметрів анізотропії біологічних шарів. В ході аналізу одержаних даних було встановлено найбільш інформативні ознаки для подальшої ідентифікації нозологій «норма» та «патологія».

Таблиця 1 – статистичні та координаційні розподіли дійсних елементів матриці Джонса плівок плазми крові для нозології – Норма

Norm	R_{11}	R_{21}	R_{12}	R_{22}
M_1	$0,76 \pm 0,019$	$0,67 \pm 0,075$	$0,72 \pm 0,067$	$0,96 \pm 0,034$
M_2	$0,015 \pm 0,003$	$0,0077 \pm 0,0064$	$0,0054 \pm 0,0038$	$0,0048 \pm 0,0034$
M_3	$-0,32 \pm 0,16$	$0,33 \pm 0,53$	$0,2 \pm 0,41$	$-3,99 \pm 2,79$
M_4	$2,79 \pm 0,44$	$3,63 \pm 1,0$	$2,78 \pm 0,35$	$34,14 \pm 30,34$
K_1	$0,49 \pm 0,005$	$0,495 \pm 0,005$	$0,49 \pm 0,01$	$0,5 \pm 0,005$
K_2	$0,0845 \pm 0,0015$	$0,085 \pm 0,002$	$0,084 \pm 0,004$	$0,0845 \pm 0,0005$
K_3	$0,028 \pm 0,019$	$0,014 \pm 0,011$	$0,0135 \pm 0,0115$	$0,00466 \pm 0,00464$
K_4	$1,76 \pm 0,001$	$1,275 \pm 0,33$	$1,76 \pm 0,07$	$1,785 \pm 0,015$

Таблиця 2 – статистичні та координаційні розподіли дійсних елементів матриці Джонса плівок плазми крові для нозології – Фіброаденома

Fibroadenoma	R ₁₁	R ₂₁	R ₁₂	R ₂₂
M ₁	0,76±0,01	0,53±0,044	0,57±0,033	0,9±0,06
M ₂	0,021±0,0034	0,019±0,015	0,01±0,006	0,01±0,005
M ₃	-0,21±0,45	0,56±0,73	1,03±0,78	-1,28±0,79
M ₄	2,57±0,53	3,77±1,58	4,83±2,167	4,65±2,19
K1	0,485±0,005	0,485±0,005	0,465±0,025	0,495±0,005
K2	0,082±0,003	0,081±0,002	0,078±0,004	0,0825±0,0025
K3	0,034±0,014	0,036±0,029	0,072±0,059	0,00985±0,00415
K4	1,755±0,025	1,78±0,02	1,795±0,015	1,7759±0,0059

Для характеристики інформативності будь якого діагностичного методу користуються об'єктивними параметрами, що називають операційними характеристиками. Виділяють основні та допоміжні характеристики. До основних характеристик відносяться чутливість S_e , специфічність S_p та достовірність A_c .

Таблиця 3 – Розподіл зразків за наявністю захворювання та результатами фазового картографування лазерних мікроскопічних зображень плівок плазми крові групи 1 та групи 2

Поляризаційна мапа	Злоякісні зміни		Всього
	Присутні (група 1)	Відсутні (група 2)	
Дійсні елементи матриці Джонса плівок плазми крові			
Позитивні результати	8	9	17
Негативні результати	2	1	3
Всього	10	10	20

Аналіз одержаних даних про силу методу Джонс-матричного картографування мікроскопічних лазерних зображень для діагностики злоякісних змін молочної залози виявив наступне: сила методу поляризаційної діагностики злоякісних змін молочної залози для дійсних елементів матриці Джонса ($S_e = 80\%$, $S_p = 90\%$, $A_c = 85\%$).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. V. Pavlov, N.I. Zabolotna, and etc. Methods and system of 2D polarization multi-matrix tomography of birefringent biological tissues and fluid / by editors: Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz// Information Technology in Medical Diagnostics . London, July 11, 2017 by Taylor & Francis Group CRC Press Reference - 210 Pages. - ISBN 9781138299290 - P.65 – 93.
2. N. I. Zabolotna; S. V. Pavlov; A. G. Ushenko; A. O. Karachevtsev; V. O. Savich, et al. System of the phase tomography of optically anisotropic polycrystalline films of biological fluids, *Proc. SPIE* 9166, Biosensing and Nanomedicine VII, 916616 (August 27, 2014).
3. Natalia I. Zabolotna, Bogdan P. Oliinychenko, Kostiantyn O. Radchenko, Anastasiia K. Krasnoshchoka, Olga K. Shcherba, "System of polarization phasometry of polycrystalline blood plasma networks in mammary gland pathology diagnostics", *Proc. SPIE* 9613, Polarization Science and Remote Sensing VII, 961311 (1 September 2015); doi: 10.1117/12.2187383
4. N. I. Zabolotna; S. V. Pavlov; A. G. Ushenko; O. V. Sobko and V. O. Savich. Multivariate system of polarization tomography of biological crystals birefringence networks, *Proc. SPIE* 9166, Biosensing and Nanomedicine VII, 916615 (August 27, 2014); doi:10.1117/12.2061105.
5. Natalia I. Zabolotna; Sergii V. Pavlov; Kostiantyn O. Radchenko; Vladyslav A. Stasenko; Waldemar Wójcik, et al. Diagnostic efficiency of Mueller-matrix polarization reconstruction system of the phase structure of liver tissue, *Proc. SPIE* 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161E (December 18, 2015).
6. N. I. Zabolotna; W. Wojcik; S. V. Pavlov; O. G. Ushenko and B. Suleimenov. Diagnostics of pathologically changed birefringent networks by means of phase Mueller matrix tomography, *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980E (January 11, 2013).
7. Zabolotna N.I. System of Mueller-Jones matrix polarizing mapping of blood plasma films in breast pathology / N. I. Zabolotna, K. O. Radchenko, M. H. Tarnovsiky // Proceedings SPIE Volume 10407, Polarization Science and Remote Sensing VIII; 1040714 (2017)

8. O. P. Mintser, N. I. Zabolotna, B. P. Oliinychenko, P. Komada, "Differential phase analysis of laser images of a polycrystalline component of blood plasma in diagnostics of pathological changes in mammary gland", Proc. SPIE 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980D (11 January 2013); doi: 10.1117/12.2019714
9. Zabolotna N. I. A multifunctional automated system of 2D laser polarimetry of biological tissues / N. I. Zabolotna, K. O. Radchenko // Proc. SPIE. — 2014. — Vol. 9205, 92050V.

Павлов Сергій Володимирович – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи, вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Карась Олександр Володимирович – аспірант кафедри біомедичної інженерії, вінницький національний технічний університет, Вінниця, karas2014.o.11@gmail.com.

Serhii V. Pavlov - professor, vice-rector for scientific work, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Oleksandr V. Karas - post-graduate student of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, karas2014.o.11@gmail.com.