

Методи дослідження

УДК 616.12-005.4-073.55

О.Я.Ванчуляк

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗ МАП АЗИМУТІВ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЛАЗЕРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ МІОКАРДА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ГОСТРОЇ КОРОНАРНОЇ НЕДОСТАТНОСТІ

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Резюме. Обґрунтовується необхідність застосування статистичного підходу вейвлет-аналізу мап азимутів поляризації лазерних зображень міокарда для діагностики гострої коронарної недостатності (ГКН). Досліджена можливість використання даного методу

для діагностики ГКН. Встановлені алгоритми визначення статистичних анізотропних параметрів міокарда за умов при досліджуваній патології.

Ключові слова: лазерна поляриметрия, гостра коронарна недостатність, вектор Стокса, діагностика.

Вступ. Метод лазерної поляриметрії включає цілий комплекс варіантів аналізу пучка поляризованого світла, що, пройшовши через об'єкт, змінює свої властивості. До цього комплексу відноситься вейвлет-аналіз, що є одним із методів, який найбільш повно характеризує структуру об'єкта. Він дозволяє виявити просторово розподілені властивості об'єкта, що вивчається, визначити наявність розподілу ділянок дисипації, отримати локальну високочастотну і глобальну великомасштабну інформацію про об'єкт, при цьому відзначається достатньою точністю та відсутністю надмірності отриманих результатів.

Враховуючи, що всі тканини мають аморфно-кристалічну будову перспективним є дослідження їхньої структури з використанням даного методу [7]. Зазначимо, що в Україні раптова смертність від захворювань серцево-судинної системи посідає перше місце, у зв'язку з чим актуальним є виявлення точних критеріїв для діагностики гострої коронарної недостатності.

Мета дослідження. Вивчити можливості локального вейвлет-аналізу [2, 8] з метою визначення статистичних (статистичні моменти 1-4-го порядків) параметрів, які характеризують розподіли вейвлет-коефіцієнтів азимутів поляризації лазерного зображення зрізу міокарда людини для діагностики настання смерті внаслідок гострої коронарної недостатності.

Матеріал і методи. Робота виконана з використанням традиційної оптичної схеми поляриметра для вимірювання сукупності координатних розподілів азимутів поляризації лазерного зображення зрізу тканини міокарда.

Опромінювання проводилося колімованим променем (радіус $r=10^4 \mu\text{m}$) He - Ne лазера ($\lambda=0.6328 \mu\text{m}$). За допомогою поляризаційного освітлювача (чвертьхвильові пластини і поляризатор формувалися відповідні стани поляризації освітлюючого пучка: 1 - 0^0 ; 2 - 90^0 ; 3 - 45^0 ; 4 - \otimes (права циркуляція).

Зображення шару міокарда формувались у площині світлочутливої площадки

($800\text{pix} \times 600\text{pix}$) CCD-камери за допомогою мікрооб'єктива.

Для кожного окремого пікселя визначалися чотири параметри вектора Стокса [1]:

$$\begin{aligned} S_1 &= I_0 + I_{90}; \\ S_2 &= I_0 - I_{90}; \\ S_3 &= I_{45} - I_{135}; \\ S_4 &= I_{\otimes} - I_{\oplus}. \end{aligned}$$

(1)

Тут $I_0; I_{90}; I_{45}; I_{135}$ - інтенсивності лінійно (з азимутами $0^0, 90^0, 45^0, 135^0$) та ліво- I_{\oplus} і право- I_{\otimes} циркулярно поляризованого випромінювання, пропущеного системою чвертьхвильова пластинка - поляризатор.

Значення азимута поляризації обчислювалися за наступним алгоритмом:

$$\alpha(m \times n) = 0,5 \arctg[S_3(m \times n)/S_2(m \times n)]. \quad (2)$$

Локально-масштабований аналіз координатних розподілів $\alpha(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда здійснюється шляхом лінійного $k_1, \dots, k_m; k = 1 \div n$ сканування МНАТ - вейвлетом із кроком $b = l \text{pix}$ та розмірами вікна $1 \mu\text{m} \leq a_{\min} \leq 70 \mu\text{m}$.

Об'єктом дослідження були зрізи тканини міокарда товщиною 30 мкм, які розподілені на дві групи: контрольна (17 зразків) та дослідна (14 зразків).

Результати дослідження та їх обговорення.

Локально-масштабований аналіз координатних розподілів $\alpha(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда з подальшим обчисленням (співвідношення (1) - (3)) двовимірної сукупності вейвлет-коефіцієнтів

$$W_{a,b} = \begin{pmatrix} W(a_{\min}, b_1) & \dots & W(a_{\min}, b = m) \\ \dots & \dots & \dots \\ W(a_{\max}, b_1) & \dots & W(a_{\max}, b = m) \end{pmatrix}$$

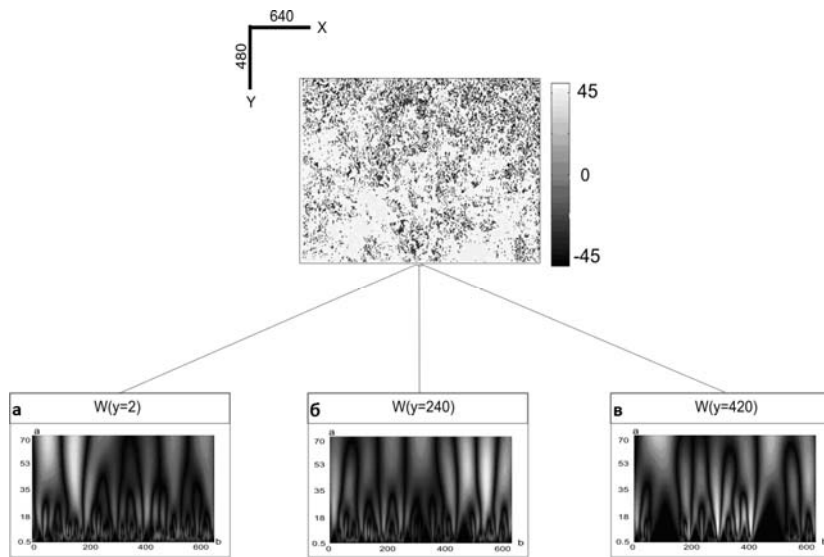


Рис. 1. Розподіли вейвлет-коєфіцієнтів $W(a_{\min}; b = k1 \div km)$ поляризаційної мапи азимутів $\alpha(m \times n)$ поляризації лазерного зображення міокарда контрольної групи для різних рядків CCD – камери: а - $k=2$; б - $k=240$; в - $k=420$

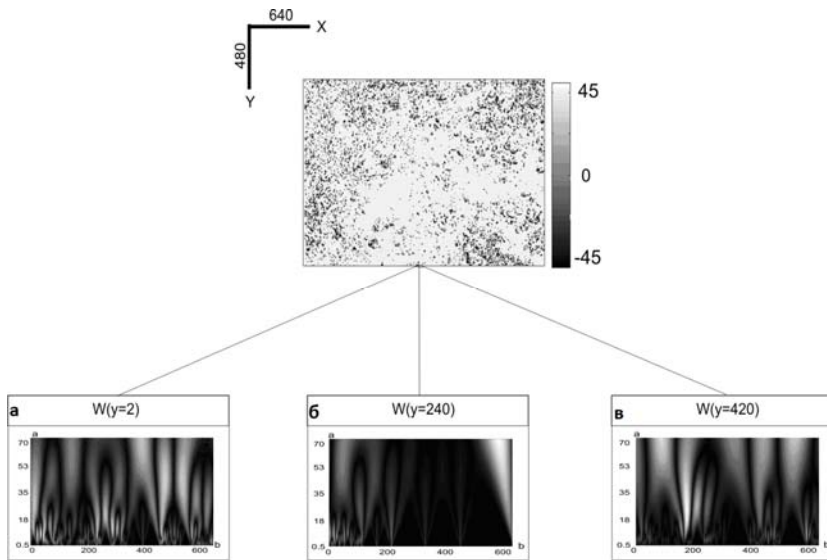


Рис. 2. Розподіли вейвлет-коєфіцієнтів $W(a_{\min}; b = k1 \div km)$ поляризаційної мапи азимутів $\alpha(m \times n)$ поляризації лазерного зображення шару міокарда групи померлих від ГКН для різних рядків CCD – камери: а - $k=2$; б - $k=240$; в - $k=420$

		$a_{\min} = 2 \mu m$	$a_{\min} = 10 \mu m$	$a_{\min} = 30 \mu m$
3а	I X C			
3б	Г К Н			

Рис. 3. Розподіли величини вейвлет – коєфіцієнтів $\bar{W}[(a_{\min} = 2 \mu m; 10 \mu m; 30 \mu m); (b = k1 \div km)]$ поляризаційної мапи азимутів $\alpha(m \times n)$ 3а - зображення міокарда контрольної групи; 3б - групи померлих від ГКН

Таблиця

Статистичні моменти 1 – 4-го порядків розподілу вейвлет-коефіцієнтів поляризаційних мап азимутів $\alpha(m \times n)$ лазерних зображень зрізів міокарда обох груп

Ішемічна хвороба серця			Гостра коронарна недостатність		
a_{\min}	M_j		a_{\min}	M_j	
$a_{\min} = 2 \mu m$	M_1	0,34±0,041	$a_{\min} = 2 \mu m$	M_1	0,51±0,062
	M_2	0,42±0,053		M_2	0,24±0,031
	M_3	1,46±0,25		M_3	0,53±0,061
	M_4	1,98±0,29		M_4	0,56±0,067
$a_{\min} = 10 \mu m$	M_j		$a_{\min} = 10 \mu m$	M_j	
	M_1	0,45±0,053		M_1	0,62±0,075
	M_2	0,31±0,037		M_2	0,17±0,023
	M_3	2,06±0,14		M_3	1,56±0,098
	M_4	2,73±0,18		M_4	2,09±0,12
$a_{\min} = 30 \mu m$	M_j		$a_{\min} = 30 \mu m$	M_j	
	M_1	0,54±0,055		M_1	0,74±0,086
	M_2	0,22±0,028		M_2	0,13±0,015
	M_3	3,14±0,48		M_3	2,61±0,33
	M_4	3,93±0,11		M_4	3,16±0,49

для кожного k -го рядка пікселів світлочутливої площадки цифрової камери 10 (рис. 1 і рис. 2).

Дослідження розподілів $W(a_{\min}; b = k1 \div km)$ на трьох масштабах $a_{\min} = 2 \mu m; a_{\min} = 10 \mu m; a_{\min} = 30 \mu m$ МНАТ – вейвлету поляризаційних мап $\alpha(m \times n)$ лазерних зображень шарів міокарда контрольної та дослідної групи показало, що розподіли вейвлет-коефіцієнтів $\overline{W}_{[(a_{\min}=2,10,30 \mu m); (b=k1 \div km)]}(\alpha)$ поляризаційних мап $\alpha(m \times n)$ гістологічних зрізів міокарда обох груп є індивідуальними для кожного масштабу ($a_{\min} = 2 \mu m; 10 \mu m; 30 \mu m$) МНАТ – вейвлету (рис 3).

Аналіз статистичних моментів 1 – 4-го порядків, які характеризують залежності $\overline{W}_{[(a_{\min}=2,10,30 \mu m); (b=k1 \div km)]}(\alpha)$, виявив різну динаміку зміни величин $M_{j=1,2,3,4}$ із збільшенням масштабу a_{\min} МНАТ – вейвлету (табл.).

Діапазони зміни статистичних моментів 1 – 2-го порядків лежать у межах – $M_1 = 1,25 \div 1,45$; $M_2 = 1,15 \div 1,35$ рази. Статистичні моменти вищих порядків зростають у межах $M_3 = 2,1 \div 2,3$ і $M_4 = 2,2 \div 4,9$ рази відповідно.

Висновки

Виявлені особливості статистичної і координатної структури розподілів вейвлет-коефіцієнтів поляризаційних мап лазерних зображень зрізів тканини міокарда, на нашу думку, пов'язані з різним ступенем самоподібності розподілів напрямів оптичних осей ρ і фазових зсувів δ полікристалічних міозинових фібрилярних структур [3-6] на різних масштабах аналізу ($a_{\min} = 2 \mu m; 10 \mu m; 30 \mu m$) МНАТ – вейвлету.

Суттєві відмінності (у межах 3 – 4 разів) величин статистичних моментів $M_{j=1,2,3,4}$, які характеризують розподіли $\overline{W}_{[(a_{\min}=2 \mu m); (b=k1 \div km)]}(\alpha)$ на масштабі $a_{\min} = 2 \mu m$ МНАТ – вейвлету.

Суттєве зменшення розбіжностей величин статистичних моментів 3-го (у 1,3 – 1,6 рази) і 4-го (у 1,5 – 1,8 рази) порядків розподілів $\overline{W}_{[(a_{\min}=10,30 \mu m); (b=k1 \div km)]}(\alpha)$ визначених для більших масштабів $a_{\min} = 10 \mu m; 30 \mu m$ МНАТ – вейвлету.

Таким чином, нами продемонстровано діагностичну ефективність вейвлет-аналізу координатної структури розподілів вейвлет-коефіцієнтів поляризаційних мап лазерних зображень зрізів тканини міокарда, на нашу думку, пов'язані з різним ступенем самоподібності розподілів напрямів оптичних осей ρ і фазових зсувів δ полікристалічних міозинових фібрилярних структур [3-6] на різних масштабах аналізу ($a_{\min} = 2 \mu m; 10 \mu m; 30 \mu m$) МНАТ – вейвлету.

натних розподілів азимутів поляризації лазерних зображень зрізів тканини міокарда в діагностиці гострої коронарної недостатності.

Перспектива подальших досліджень. Подальші дослідження структури міокарда за умов гострої коронарної недостатності за допомогою лазерної поляриметрії дозволять із більшою імовірністю діагностувати дану патологію.

Автор висловлює щире подяку доктору фізико-математичних наук, завідувачу кафедри оптики і спектроскопії, проректору з наукової роботи Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, професору Ушенко Олександрові Григоровичу та колективу його лабораторії за детальне обговорення результатів роботи та стимулюючі дискусії.

Література

1. Angelsky O.V. Polarization reconstruction of orientation structure of biological tissues birefringent architectonic nets by using their Mueller-matrix speckle-images / O.V.Angelsky, A.G.Ushenko, Yu.A.Ushenko // J. Holography. – 2005. – Speckle 2. – P. 72-79.
2. Angelsky O.V. Investigation of the correlation structure of biological tissue polarization images during the diagnostics of their oncological changes / O.V.Angelsky, A.G.Ushenko, Ye.G.Ushenko // Phys. Med. Biol. – 2005. – Vol. 50. – P. 4811-4822.
3. Boer J.F. Review of polarization sensitive optical coherence tomography and Stokes vector determination / J.F.de Boer, T.E.Milner // J. Biomed. 2002. – Opt. 7. – P. 359-371.
4. Boer J.F. Two dimensional birefringence imaging in biological tissue using phase and polarization sensitive optical coherence tomography / J.F. de Boer, T.E.Milner, J.S.Nelson // In: Trends in Optics and Photonics (TOPS): Advances in Optical Imaging and Photon Migration. OSA, Washington, DC, 1998.
5. Cowin S.C. How is a tissue built? / S.C.Cowin // J. Biomed. Eng. – 2000. – Vol. 122. – P.553-568.
6. Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images / O.Angelsky, A.Ushenko, Yu.Ushenko [et al.] // J. Biomed. Opt. – 2005. – Vol. 10, № 6. – P. 064025.
7. Ushenko A.G. Wavelet-analysis of two-dimensional birefringence images of architectonics in biotissues for the diagnostics of pathological changes / A.G.Ushenko, D.N.Burkovets // J. Biomed. – 2004. – Opt. 9, № 4. – P. 1023-1028.
8. Ushenko A.G. Laser Polarimetry of Biological Tissue. Principles and Applications / A.G.Ushenko, V.P. Pishak // Biomedical Diagnostics, Environmental and Material Science (V.Tuchin, ed.). Kluwer Academic Publishers. – 2004. – P. 67-93.

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ КАРТ АЗИМУТОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МИОКАРДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОСТРОЙ КОРОНАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

О.Я.Ванчуляк

Резюме. Обосновывается необходимость применения статистического подхода вейвлет-анализа карт азимуты поляризации лазерных изображений миокарда для диагностики острой коронарной недостаточности (ОКН). Исследована возможность использования данного метода для диагностики ОКН. Установленные алгоритмы определения статистических анизотропных параметров миокарда в условиях исследуемой патологии.

Ключевые слова: лазерная поляриметрия, острая коронарная недостаточность, вектор Стокса, диагностика.

WAVELET ANALYSIS OF THE MAPS OF THE POLARIZATION AZIMUTHS FOR MYOCARDIAL LASER IMAGES WITH A VIEW OF DIAGNOSING ACUTE CORONARY INSUFFICIENCY

O.Ya.Vanchuliak

Abstract. A need to apply a statistical approach towards a wavelet-analysis of the maps of the polarization azimuths for myocardial laser images with a view of diagnosing acute coronary insufficiency (ACI) is substantiated. A possibility of using this particular method to diagnose ACI has been investigated. Algorithms of defining the statistical anisotropic parameters of the myocardium under the conditions of the pathology under study have been established.

Key words: laser polarimetry, acute coronary insufficiency, Stoke's vector, diagnostics.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)

Рецензент – проф. М.В.Шаплавський

Buk. Med. Herald. – 2011. – Vol. 15, № 3 (59). – P. 143-146

Надійшла до редакції 1.03.2011 року