

УДК: 616-073

***ОПИСАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ГРАНИЦ
МЯГКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ПОСРЕДСТВОМ
ТОПОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ***

Потлов А. Ю.

д.т.н., доцент,

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,

г. Тамбов, Россия

Тарасов А. С.

руководитель проекта

АО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники»,

г. Москва, Россия

Ивлиев О. А.

аспирант 1-го года обучения,

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,

г. Тамбов, Россия

Бордуков Р. В.

студент 3-го курса обучения,

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,

г. Тамбов, Россия

Аннотация

Представлен метод формирования эргономичных топограмм геометрии внешних и внутренних границ биологических тканей, исследуемых посредством спектральной оптической когерентной томографии (ОКТ).

Отличительными особенностями предложенного метода являются робастность

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМН ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

к типичным для спектральной ОКТ переотражениям, артефактам движения и спекл-шумам. Предложенный метод предназначен для более эффективного планирования электрохирургических и лазерных минимально инвазивных операций, таких как удаление папиллом и татуировок.

Ключевые слова: медицинская диагностика, компьютерное зрение, оптическая когерентная томография, топография внешних и внутренних границ, мягкие биологические ткани.

***DEFINITION OF THE GEOMETRY OF EXTERNAL AND INTERNAL
BOUNDARIES OF SOFT BIOLOGICAL TISSUES USING TOPOLOGICAL
MAPS***

Potlov A. Yu.

Ph.D., Associate Professor,

Tambov State Technical University,

Tambov, Russia

Tarasov A. S.

Head of Project,

JSC Scientific Research Center for Electronic Computer Engineering,

Moscow, Russia

Ivliev O. A.

Ph.D. student,

Tambov State Technical University,

Tambov, Russia

Bordukov R. V.

*Undergraduate student,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia*

Abstract

A method for generating ergonomic topograms of the geometry of external and internal boundaries of biological tissues examined using spectral-domain optical coherence tomography (OCT) was presented. The key features of the proposed method are robustness for typical of spectral-domain OCT: reflections, motion artifacts and speckle noise. The proposed method is intended for more efficient planning of electrosurgical and laser-based minimally invasive procedures, such as papilloma and tattoo removal.

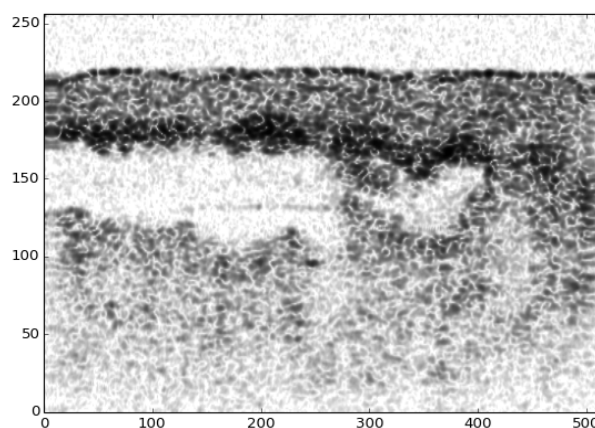
Keywords: medical diagnostics, computer vision, optical coherence tomography, topography of external and internal boundaries, soft biological tissues.

Спектральная оптическая когерентная томография (ОКТ) – это наиболее распространенный вариант метода низкокогерентной инфракрасной интерферометрии биологических тканей *in vivo*. Широкое применение нашли аппаратные реализации спектральной ОКТ как со стационарным, так и со сменным плечом образца [1 – 3]. Применительно к офтальмологии бесконтактная спектральная ОКТ со стационарным плечом образца является «золотым стандартом» диагностики многих глазных заболеваний. В задачах оценки состояния кожных покровов и слизистых оболочек полостей и трактов организма человека по объективным причинам более востребованы системы с выносным плечом образца, выполненным в виде волоконно-оптического зонда. Сканирование области интереса (потенциальной меланомы, язвы желудка, окрестности паразитарной инвазии, тромба в составе атеросклеротической

бляшки и т. п.) позволяет собрать довольно большой объем диагностически ценных данных (рис. 1а). Однако, классические двумерные послойные и трехмерные объемные изображения не всегда позволяют полностью извлечь полезную информацию из имеющихся данных [4, 5].

Целью проводимых исследований является создание метода топографического картирования геометрии внешних и внутренних границ анатомических структур в составе, исследуемого посредством спектральной ОКТ, биообъекта.

Для достижения поставленной цели был разработан метод формирования топографических изображений из «сырых данных» [4, 6] спектральной ОКТ. Предложенный метод представляет собой не просто сборку С-скана (3D-изображения) из совокупности В-сканов (2D-изображений), а поэтапную адаптивную обработку исходных данных, позволяющую сформировать топограммы, пригодные для как для ручного (визуального), так и для машинного (компьютерное зрение) многомерного анализа.



(а)

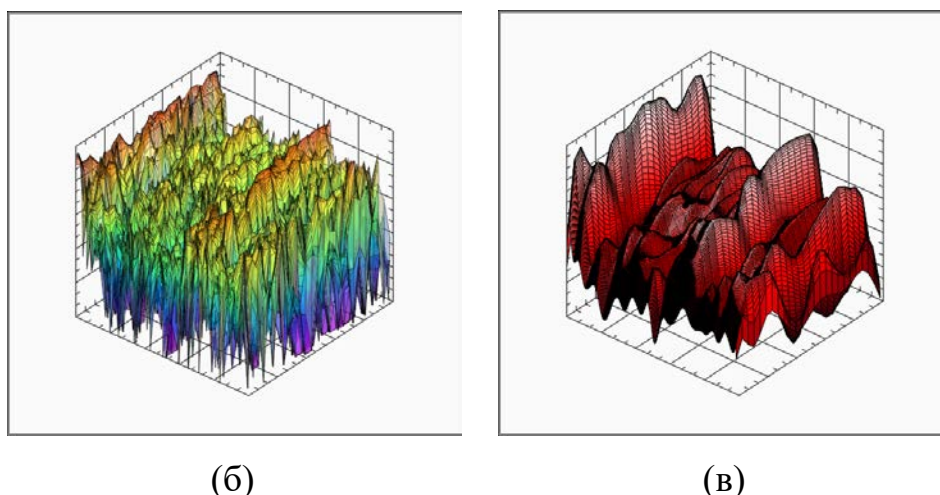


Рис. 1 – Визуализируемые спектральные ОКТ-изображения: (а) один из 25 В-сканов обрабатываемой последовательности; топограммы, характеризующие геометрию границ, до (б) и после (в) многоуровневой цифровой обработки

Для снижения негативного влияния на формируемую топограмму переотражений, артефактов движения и спекл-шумов одиночные интерференционные сигналы (А-сканы) подвергаются пороговому ограничению, фильтрации посредством свертки, аппроксимации В-сплайнами, сглаживанию, изогелии и контрастированию границ раздела сегментов. Предложенный метод был практически реализован в виде узкоспециализированного программного продукта с использованием среды для графического программирования и платформы для выполнения программ «LabVIEW». Для обеспечения диалогового режима обработки и визуализации данных [7, 8] для ключевых операций цифровой обработки были применены параллельные вычисления. Топографическое изображение, сформированное для области интереса (участок кожных покровов с приповерхностным мозольным пузырем) простейшим способом показано на рис. 1б. Сильная зашумленность мешает объективно оценивать сканируемую поверхность [4]. Рис. 1в. демонстрирует результат обработки в соответствии с предложенным методом.

Сложная геометрии визуализируемой внутренней границы [9] мозольного пузыря четко прописана и несет определенный диагностический интерес.

Важно отметить, что изображения приповерхностного мозольного пузыря (рис. 1.) использованы только для тестирования и отладки разработанного метода. Возможные варианты его клинического применения включают в себя экспертные системы [10] для планирования электрохирургических и лазерных минимально инвазивных операций, чаще всего применяемых в косметологии, гастроэнтерологии, гинекологии, урологии и оториноларингологии.

Библиографический список

1. Liu, X. Spatial Coordinate Corrected Motion Tracking for Optical Coherence Elastography / X. Liu, B. Hubbi, X. Zhou // Biomedical Optics Express. – 2019. – Vol. 10. – Is. 12. – P. 6160 – 6171. – DOI: 10.1364/BOE.10.006160.
2. Collecting Optical Coherence Elastography Depth Profiles with a Micromachined Cantilever Probe / D. Chavan, J. Mo, M. Groot, A. Meijering, J. F. Boer, D. Iannuzzi // Optics Letters. – 2013. – Vol. 38. – Is. 9. – P. 1476 – 1478. – DOI: 10.1364/OL.38.001476.
3. OCT-Based Angiography and Surface Topography in Burn-Damaged Skin / J. Lu, A. J. Deegan, Y. Cheng, S. P. Mandell, R. K. Wang // Lasers in Surgery and Medicine. – 2021. – Vol. 53. – Is. 6. – P. 849 – 860. – DOI: 10.1002/lsm.23367.
4. Проскурин, С. Г. Растровое сканирование и усреднение для уменьшения влияния спеклов в оптической когерентной томографии / С. Г. Проскурин // Квантовая электроника. – 2012. – Т. 42. – № 6 – P. 495 – 499.
5. Skin Color Correction for Tissue Spectroscopy: Demonstration of a Novel Approach with Tissue-Mimicking Phantoms / O. O. Soyemi, M. R. Landry, Y. Yang, P. O. Idwasi, B. R. Soller // Applied Spectroscopy. – 2005. – Vol. 59. – Is. 2. – P. 237 – 244. – DOI: 10.1366/0003702053085151.

6. Моделирование структурного изображения биологического объекта, получаемого с помощью оптической когерентной томографии методом Монте-Карло на основе воксельной геометрии среды / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Д. А. Петров, С. Г. Проскурин // Квантовая электроника. – 2017. – Т. 47. – № 4. – Р. 347 – 354.
7. Оптическая когерентная томографическая ангиография в диагностике офтальмологических заболеваний. Проблемы, перспективы / В. А. Серебряков, Э. В. Бойко, М. В. Гацу, А. С. Измайлов, Н. А. Калинцева, М. В. Мелихова, Г. В. Папаян // Оптический журнал. – 2020. – Т. 87. – №. 2. – С. 3 – 35. – DOI: 10.17586/1023-5086-2020-87-02-03-35.
8. Parmar, A. Motion-Artifact-Free Single Shot Two-Beam Optical Coherence Elastography System / A. Parmar, K. Singh // Journal of Biomedical Optics. – 2024. – Vol. 29. – Is. 2. – Art. No. 025003. – DOI: 10.1117/1.JBO.29.2.025003.
9. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2020665119. Формирование структурного изображения мягкой биологической ткани в спектроскопической оптической когерентной томографии / А. Ю. Потлов., С. В. Фролов. – 23 ноября 2020 г.
10. Муромцев, Д. Ю. Методика проектирования базы знаний для активных экспертных систем / Д. Ю. Муромцев, В. В. Ермолаев, А. Ю. Коток // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Том. 52. – Вып. S2. – С. 92 – 95.