

Разработка программного обеспечения для оптических методов в биомедицинских приложениях с ориентированием на пользователя

Н.А. Талайкова¹, В.А. Киселев^{2,3}, В.П. Рябухо^{1,4}

¹Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

³ФГУП «НТЦ «Атлас»

⁴Институт проблем точной механики и управления РАН

Применения оптических методов исследования биологических объектов и тканей хорошо известны в литературе [1-4]. Такие методы, как оптическая когерентная томография (ОКТ), конфокальная микроскопия, интерференционная микроскопия, фазово-контрастная микроскопия, дифракционная фазовая микроскопия и т.д. активно используются в настоящее время в биологии и медицине для исследований и диагностики [2-6].

Общей проблемой всех методов является получение количественной информации из исходных данных. Для каждого метода разработаны свои методы обработки данных. Так, для оптической когерентной томографии (Time-Domain Optical Coherence Tomography) осуществляется временная селекция обратно рассеянной от объекта компоненты света с помощью интерферометра с изменяющейся длиной опорного плеча. Этот метод эквивалентен корреляционной обработке сигнала [3]. В другой разновидности ОКТ – Frequency-Domain Optical Coherence Tomography (спектральная ОКТ) – разложение обратно рассеянного света осуществляется по спектральным компонентам при регистрации отраженного от объекта света широкого спектрального диапазона [4]. В настоящее время разработан программный инструментарий, созданный в специализированных средах программирования, позволяющий использовать компьютеризованные оптические системы пользователям с коротким временем подготовки к работе, без специального обучения основам методов оптической когерентной томографии и интерференционной микроскопии.

Для интерференционной микроскопии с записью данных голографическим методом используются методы преобразований Гильберта, либо двойного фурье-преобразования [6-8]. В первом случае, фаза объектного поля восстанавливается из комплексной формы интерференционного сигнала, комплексное представление которого можно получить из его действительной формы (реального экспериментального сигнала) с использованием численного преобразования Гильберта. Для эффективной фильтрации сигнала требуется, чтобы пространственная частота несущих интерференционных полос значительно превышала максимальную пространственную частоту микроскопического изображения объекта. В то же время соотношение частоты дискретизации изображения и пространственной частоты интерференционного сигнала имеет большое влияние на эффективность работы алгоритма развертки фазы. Для вычисления истинных значений разности фаз следует выполнить операцию развертки фазы – устранить разрывы фазы в зависимости от разности фаз колебаний, возбуждаемых опорным и предметным световыми полями в каждой точке плоскости регистрации интерференционного изображения. Во втором методе для восстановления фазы сигнала из интерференционного сигнала используется фильтрация области фурье-спектра и обратное фурье преобразование. Время обработки изображения зависит от размера полученной интерференционной картины изображения, поскольку алгоритм быстрого фурье преобразования, который используется в средах программирования (LabView, MatLab), привязан к значениям степенного ряда числа 2. Разработаны алгоритмы, которые позволяют ускорить быстродействие по обработке интерференционных картин, что позволяет использовать данные методы для исследования биологических объектов в режиме реального времени [5, 9].

Изучение химических, оптических и механических свойств микрообъектов предполагает заключение, сделанное на основе понимания сущности их состояния. Перечень

нюансов, способных кардинально повлиять на заключение, крайне обширный и зависит как от опыта специалиста, так и от формата представленных данных. Ориентируя программный инструментарий на пользователя, нужно выбирать способы визуализации, сохраняющие информативность в полной мере. Таким приёмом представления числовой информации может служить 3D модель. Приложение, позволяющие манипулировать 3D данными и сценой, разработано в интегрированной среде Unity3D с использованием объектно-ориентированного языка программирования C#.

Программное обеспечение с ориентированием на пользователя позволяет использовать оптические системы, без специального обучения основам и теории методов под конкретные задачи даже при работе с большим объемом данных.

Литература

1. *Park Y. K., Yamauchi T., Choi W., Dasari R., Feld M. S.* Spectroscopic phase microscopy for quantifying hemoglobin concentrations in intact red blood cells // *Opt. Lett.* 2009. Vol. 34 (23). p. 3668-3670.
2. *Martinez-Torres C., Berguiga L., Streppa L., Boyer-Provera E., Schaeffer L., Elezgaray J., Arneodo A., Argoul F.* Diffraction phase microscopy: retrieving phase contours on living cells with a wavelet-based space-scale analysis // *J. Biomed. Opt.* 2014. Vol. 19 (3). p. 36007(1-11).
3. *Daly S. M., Leahy M. J.* "Go with the flow": A review of methods and advancements in blood flow imaging" // *J. Biophotonics.* 2012. p. 1–39.
4. *Tuchin V. V.* Tussie Optics. Light Scattering Methods and Instruments for Medical Diagnosis L.A.: SPIE Press. 2007. 882 p.
5. *Bhaduri B., Edwards C., Pham H., Zhou R., Nguyen T. H., Goddard L. L., Popescu G.* Diffraction phase microscopy: principles and applications in materials and life sciences // *Adv. in Opt. and Photonics.* 2014. Vol. 6. p. 57–119.
6. *Ikeda T., Popescu G., Dasari R. R., Feld M. S.* Hilbert phase microscopy for investigating fast dynamics in transparent systems // *Opt. Lett.* 2005. 30. p. 1165-1167.
7. *Bhaduri B., Pham H., Wickland D., Popescu G.* Real-time quantitative phase imaging in biomedicine // *SPIE Newsroom.* 2013. p. 1-5.
8. *Takeda M., Ina H. and Kobayashi S.* Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry // *J. Opt. Soc. Am.* 1982. 72 (1). p. 156-160.
9. *Talaikova N. A., Ryabukho V. P.* Real-time quantitative phase imaging method applications with automatic double Fourier transform algorithm // *Book of Abstracts «XVI International Feofilov Symposium (IFS'XVI)».* 2015. p. 179-180.