

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ В ОПТОАКУСТИКЕ

П.В. Субочев, В.В. Перекатова, И.В. Турчин

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Обсуждаются проблемы, возникающие при решении обратных задач оптоакустического биоимиджинга. Рассматриваются вычислительные задачи и реконструктивные алгоритмы, используемые в оптоакустической томографии и микроскопии.

Оптоакустическая (ОА) диагностика – современный метод биомедицинской визуализации, основанный на регистрации ультразвуковых волн, возбуждаемых в исследуемой среде при поглощении импульсного лазерного излучения оптическими неоднородностями [1].

Основным преимуществом ОА методов визуализации биотканей перед полностью оптическими является улучшенное пространственное разрешение на глубинах от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров [2]. В частности, современные импульсные лазеры позволяют перестраивать длину волны излучения для обеспечения повышенной контрастности оптического поглощения исследуемых внутренних биологических структур по отношению к окружающим тканям. Таким образом, существует возможность оптимизации ОА контраста произвольных свето-поглощающих агентов (таких как гемоглобин, меланин, вода, и т.д.), что позволяет визуализировать сосудистый рисунок биотканей, определять локальный кислородный статус крови, скорость циркуляции крови, локальную внутреннюю температуру. Для дальнейшего повышения контраста возможно использование экзогенных контрастных маркеров (таких как органические красители, наночастицы, флуоресцентные белки, репортерные гены [2]).

В современной оптоакустической диагностике [3] используются две основных схемы визуализации: оптоакустическая томография и оптоакустическая микроскопия. При осуществлении оптоакустической томографии оптической засветке подлежат обширные области исследуемой биологической ткани. Оптоакустические импульсы регистрируются посредством многоэлементных антенных систем, в результате чего сигналы от одного и того же источника могут быть зарегистрированы различными элементами антенной системы с различными временными задержками, что позволяет восстанавливать пространственное распределение источников за счет использования алгоритмов реконструкции [4].

Другим распространенным способом получения оптоакустических изображений является микроскопия [5], связанная с использованием одноэлементных фокусируемых акустических приемников. В отличие от томографии, микроскопия вообще говоря не требует применения алгоритмов реконструкции, поскольку конечный размер фокусной перетяжки акустического приемника позволяет конкретизировать область визуализации в ходе сканирования. Между тем, решение обратных задач [6] при микроскопии позволяет уточнить реальный размер визуализируемых объектов, избавившись от артефактов, связанных с конечностью диаграммы направленности антенны.

Способы решения обратной задачи трехмерной оптико-акустической томографии, а также упрощенные реконструктивные алгоритмы оптико-акустической микроскопии будут подробнее рассмотрены в докладе.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (номер проекта 12-02-31309 мол_а).

Литература

1. Khokhlova T.D., Pelivanov I.M., Karabutov A.A. Methods of optoacoustic diagnostics of biological tissues // *Acoustical Physics*. 2009. 55(4-5). P. 674.
2. Wang L.V., Hu S. Photoacoustic Tomography: In Vivo Imaging from Organelles to Organs // *Science* 23. 2012. 335 (6075). P. 1458.
3. Beard P.C. Biomedical photoacoustic imaging // *Interface Focus*. 2011. 1(4). P. 602.
4. Cox B., Laufer J.G., Arridge S.R., Beard P.C. Quantitative spectroscopic photoacoustic imaging: a review // *Journal of Biomedical Optics*. 2012. 17(6). P. 061202.
5. Zhang H.F., K. Maslov, G. Stoica, L.V. Wang Functional photoacoustic microscopy for high-resolution and noninvasive in vivo imaging // *Nature Biotechnology*. 2006. 24. P. 848.
6. Kuchment P. and Kunyansky L. Mathematics of thermoacoustic tomography // *Euro. J. Appl. Math.* 2008. 19. P. 191.