

Объемная нейрогониометрия – аналитическая визуализация для конфокальной лазерной сканирующей микроскопии

Нотченко А.В., Градов О.В. /neurobiophys@gmail.com/

*Лаб. нейр. структ. мозга ФГБУ «Научный центр неврологии»
РАМН, Москва, Россия*

Современные методы картирования мозга (Toga A.W., Mazziotta, 2002) включают в себя методы динамической визуализации, позволяющие реконструировать физиологическую динамику мозга с высоким временным разрешением. С позиций хемоархитектоники, возможность визуализации диффузионных процессов напрямую коррелирует с клеточной организацией мозга (Paxinos G., 2009), в то время как, с клинико-патологических позиций, её можно взаимно-однозначно связать с изменением электрофизиологической активности в картируемом участке (Yoshor D., Mizrahi E., 2012). В таком случае, временная динамика, отображаемая на последовательных визуализациях по ряду высокоразрешающих методов (Birkfellner W., 2010) может быть рассмотрена как эквивалент анализа электрофизиологических сигналов картируемых областей (Rangayyan R.M., 2001).

Во многих случаях для демонстрации динамических изменений в мозге, как в случае визуализации структуры (Calmon G., Roberts N., 2000), так и при функциональных (напр., ЭЭГ) исследованиях (Nunez P.L., Srinivasan R., 2006) используют векторные поля. Они могут использоваться и для визуализации морфогенеза, неизбежно сопровождающего формирование коннектомики мозга в ходе его электрофизиологической активности (Davies J., 2005), поскольку, в отличие от практически несравнимых мультимедийных файлов и форматов научной визуализации, векторные поля могут являться предметом индексации в поисковых исследовательских базах данных (Faloutsos C., 1996) и хранилищах объёмной информации (Baeza-Yates R., Ribeiro-Neto B., 1999). Так автоматически по векторным полям, регистрируемым сенсором видеоинформации можно осуществить роботизированную идентификацию динамических процессов, привязанных к конкретным объектам по их «виртуальным силовым полям» (Dudek G., Jenkin M., 2000). Допускающая это роботизированная система описана в работе (Нотченко А.В., Градов О.В., 2012). Этот подход можно применить к нейронной структуре мозга, как это сделано в отношении компьютерных нейронных сетей (Mendes R.V., 1992).

Меж тем, по определению (Hubbard J.H., Hubbard B.V., 2001), динамику векторного поля можно выразить угловым способом. Это является более информативным, чем визуализация векторных полей, поскольку общеизвестно, что более важно знать характеристики диаграммы направленности, чем точно определять векторное поле в любой точке (Haus H.A., Melcher J.R., 1989). Однако, поскольку речь идёт об угловой характеристике, то задача, в сущности сводится к измерению углов между отростками при определении их функциональной направленности и визуализации в сетке полярных координат, то есть гониометрии в том смысле, в каком она понимается

в тригонометрии (Klein F., 2007) и подбору оптимальных сеток для множественных нейронов в структурах соответственно. В объёмном случае это решается путём специальной контурной обработки конфокальных 3D-изображений, получаемых при лазерной сканирующей микроскопии или их проекций (см. рис. 1).

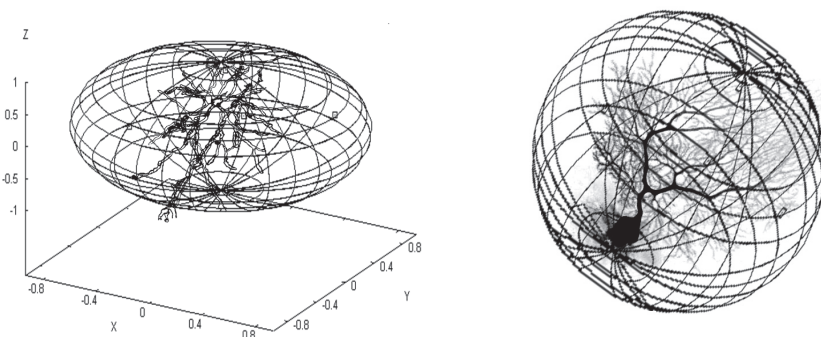


Рис. 1. Проект измерений «диаграмм направленности» нейронов в сферической системе координат

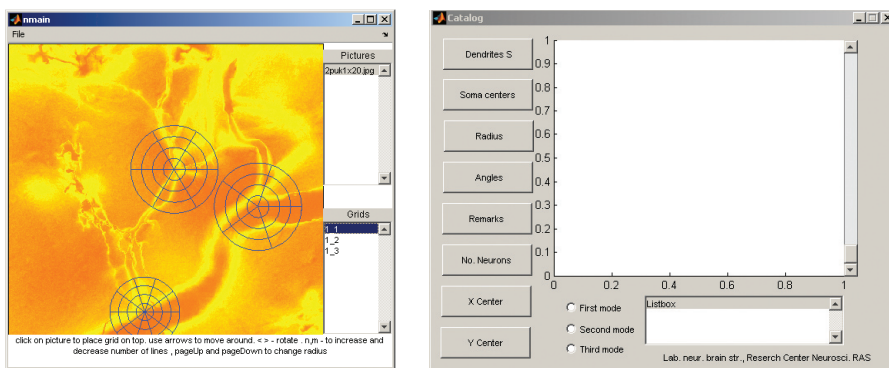


Рис. 2. Скриншоты программного обеспечения для проективной конфокальной нейрогониометрии

Нами создается специализированное программное обеспечение для гониометрического анализа таких файлов. Оно позволяет производить угловые измерения в различных образом ориентированных микропрепаратах (слайдах мозга), сохраняя результаты измерения в файлы данных в форматах dat, txt и изображений с наложенными сетками координат, по которым производились измерения. В настоящее время ведётся работа по применению конформных отображений для гониометрических измерений в сложных ансамблях нейронов, имеющих много центров для закрепления сетки (ранее система работала с ансамблями, содержащими не более двух фокусов в системе координат

в силу того, что асимметрия расположения зачастую мешает корректному таргетированию целей — центров нейронов в автоматическом режиме). На рис. 2 приведены скриншоты основной программы в ходе измерения углов на квазитрёхмерном изображении (из коллекции микропрепаратов лаборатории) и вспомогательной программы-каталога для аналитической работы с сохраняемыми файлами таблиц.

Литература

1. Toga A.W., Mazziotta J.C. Brain Mapping: The Methods, Second Edition, 877 p., Academic Press, 2002.
2. Paxinos G., Watson C. Chemoarchitectonic Atlas of the Mouse Brain, 350 p., Academic Press, 2009.
3. Yoshor D., Mizrahi E. Clinical Brain Mapping, 320 p., McGraw-Hill Professional, 2012.
4. Birkfellner W. Applied Medical Image Processing: A Basic Course, 403 p., Taylor & Francis, 2010.
5. Rangayyan R.M. Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach, 552 p., Wiley-IEEE Press, 2001.
6. Calmon G., Roberts N. Automatic measurement of changes in brain volume on consecutive 3D MR images by segmentation propagation, Magnetic Resonance Imaging, Vol. 18, Issue 4, pp. 439–453 (2000).
7. Nunez P.L., Srinivasan R. Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of EEG, Oxford University Press, 2006, 611.
8. Davies J. Mechanisms of Morphogenesis, 384 p., Academic Press, 2005.
9. Faloutsos C. Searching Multimedia Databases by Content, 168 p., Springer, 1996.
10. Baeza-Yates R., Ribeiro-Neto B. Modern Information Retrieval, 513 p., Addison Wesley, 1999.
11. Dudek G., Jenkin M. Computational Principles of Mobile Robotics, 294 p., Cambridge University Press, 2000.
12. Notchenko A.V., Gradov O.V. Five-axis robotic laser system and digital processing algorithm for registration and morphotopological identification of cellular structures in tissue histomorphogenesis. Journal of Radio Electronics /Begell House Library/ (in press), 2012.
13. Mendes R.V. Vector Fields and Neural Networks. Complex Systems, Vol. 6, pp. 21-30 (1992).
14. Hubbard J.H., Hubbard B.B. Vector Calculus, Linear Algebra, and Differential Forms: A Unified Approach, 800 p., Prentice Hall, 2001.
15. Haus H.A., Melcher J.R. Electromagnetic Fields and Energy. 742 p., Prentice Hall, 1989.
16. Klein F. Elementary Mathematics from an Advanced Standpoint, Cosimo Inc., 288 p., 2007.