

УДК 007.52 (042.3)

Н 43

Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: Материалы XXII Всероссийского семинара, 26 – 28 сентября 2014 г. / Под ред. А.Н.Горбаня, отв. за вып. М.Г.Садовский; – Красноярск: Институт вычислительного моделирования СО РАН, 2014. – 195 с.

РАЗРАБОТ
НЕЙРОИН
БО.
Ин

В сборнике представлены материалы XXII Всероссийского семинара «Нейроинформатика, её приложения и анализ данных», проходившей в городе Красноярске 26 – 28 сентября 2014 г.

Основной задачей конференции является всесторонний и высоко квалифицированный обмен новейшими достижениями в различных областях нейроинформатики (как теории нейросетей, так и в области различных практических приложений), а также в области нелинейного статистического анализа многомерных данных, обладающих нетривиальными структурами.

Большое внимание уделено анализу областей применимости и точности методов обработки многомерных данных, анализу устойчивости различных новых (нелинейных) методов кластеризации, разбор большого числа конкретных случаев, иллюстрирующих эти проблемы и достижения.

Материалы предназначены для научных работников, преподавателей, студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

Конференция проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Редакционная коллегия:

Горбань Александр Николаевич – ответственный редактор
Садовский Михаил Георгиевич – ответственный за выпуск

ISBN 978-5-906455-02-4



9 785906 455024

© ИВМ СО РАН, 2014

© Коллектив авторов, 2014

В док-
жениям, в осо-
новная научна-
нейроинфор-
ков данных, вк-
ления. Основна-
прототипа инф-
ных, включая д-
прогнозирован-
ной оценки рис-
неотложной по-
желательных со-
хии нейронных
непрерывно об-
лируют разноро-
бильных медиц-
подобными диа-

Введение

Пробле-
проблем соврем-
вится техническ-
управления горо-
ния. Использова-
ших и более обо-
массу научно-те-
разработать эф-
потоков данных
хранению и обр-
выбрано создани-
медицинских да-
зированная меди-
данных и постое-
массового меди-
зор работ по мул-
охранении.

ВЫДЕЛЕНИЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СЕТЕЙ REST-СОСТОЯНИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПО ДАННЫМ ЭЭГ И ФМРТ¹

В.А. Орлов¹, В.В. Завьялова¹, В.Л. Ушаков¹

¹Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Курчатовский НБИКС-Центр, tiuq@yandex.ru

При современном развитии техники исследования головного мозга переходит от локализационных позиций к нейросетевому кодированию — т.е. изучается сразу система (сеть) активностей головного мозга человека, а не разрозненные очаги активности. Последние годы исследования в области нейронаук направлены на изучение и построение функциональных и структурных коннектомов головного мозга человека и животных, где в качестве узлов функциональных коннектомов рассматриваются временные динамики нейрональных сетей. Ввиду такого подхода актуальной представляется задача о выявлении систем нейрональной активности головного мозга человека и создании математических методов для выявления нейрональных сетей, при этом наиболее простая схема — изучение мозговых механизмов обеспечения состояния покоя (rest-состояний) головного мозга человека, визуализация и расчет параметров крупномасштабных нейросетей состояний покоя [1].

Для исследования фундаментальных нейросетей и вариабельных сетей в состояниях покоя (rest-состояния) в нейрофизиологии существует ряд методов регистрации активности головного мозга: функциональная магнитно-резонансная томография (ФМРТ), рентгеновская компьютерная томография (КТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), электроэнцефалография (ЭЭГ), магнитоэнцефалография (МЭГ) и другие. Эти технологии дают возможность неинвазивно получать трехмерные изображения структур головного мозга, определять зоны активности головного мозга, находить структурную, функциональную и эффективную связь между различными отделами и областями мозга [2]. Метод ЭЭГ позволяет выявить микросостояния головного мозга человека с достаточно хорошим временным разрешением (около 200 мкс) и низким пространственным разрешением (6 мм)[3]. Метод функциональной МРТ (ФМРТ) наоборот имеет достаточно высокое пространственное разрешение (1 мм) и низкое временное разрешение (1 с). Таким образом, для визуализации нейросетей головного мозга актуально комбинирование ЭЭГ и ФМРТ методов исследования. Для получения временных динамик и пространственной локализации крупномасштабных нейросетей в качестве регрессора для ФМРТ-данных могут быть использованы такие параметры как: коэффициенты когерентности, каузальности (Granger Geweke Causality), амплитудно-частотные характеристики электродов и др., рассчитанные по данным ЭЭГ. Таким образом, в качестве нейросетей будут выступать участки головного мозга работающие синхронно (когерентность), взаимозависимо (каузальность). Однако строить нейросети можно и не опираясь на регрессоры ЭЭГ, а использовать метод независимых компонент чтобы разложить BOLD-сигнал (Blood Oxygen Level Dependent) ФМРТ на независимые составляющие с последующим их анализом [4].

В данном исследовании приняли участие 5 здоровых праворуких добровольцев (2 женщины и 3 мужчины в возрасте от 21 до 24 лет). Испытуемые находились в состоянии покоя с закрытыми и открытыми глазами. Разрешение на проведение эксперимента было получено этическим комитетом ИВНДиНФ РАН. Эксперимент проводился на МР-томографе Magnetom Verio 3T, параллельно проводилась запись ЭЭГ

¹ Работа частично поддержана грантом РФФИ (проект № 13-04-02036) и грантом Российского научного фонда (проект № 14-28-00234).

ИЙ

на МР-совместимой 64 канальной установке фирмы Brainproducts на базе НИЦ «Курчатовский институт».

При обработке данных с помощью разработанных алгоритмов анатомические МР-данные были совмещены в одной системе MNI-координат с функциональными и были очищены от артефактов. Полученные ЭЭГ-сигналы также были очищены от различных артефактов (мышечные, болюсные, кардио, градиентные и др.) После очистки ЭЭГ-данные были разбиты на ритмы (альфа, бета, гамма, тета, дельта) [5]. По каждому ритму были построены матрицы когерентности и каузальности, из которых были выбраны пары электродов с максимальными показателями когерентности и каузальности и минимальными. Эти показатели были использованы в качестве регрессоров для фМРТ-сигнала для визуализации нейросетей на коре головного мозга. На рис. 1-2 приведены примеры полученных активностей для бета-ритма. На данных рисунках и далее желтым цветом показаны зоны с положительной корреляцией временной динамики показателя регрессора (когерентности/каузальности или др.), синим – с отрицательной.

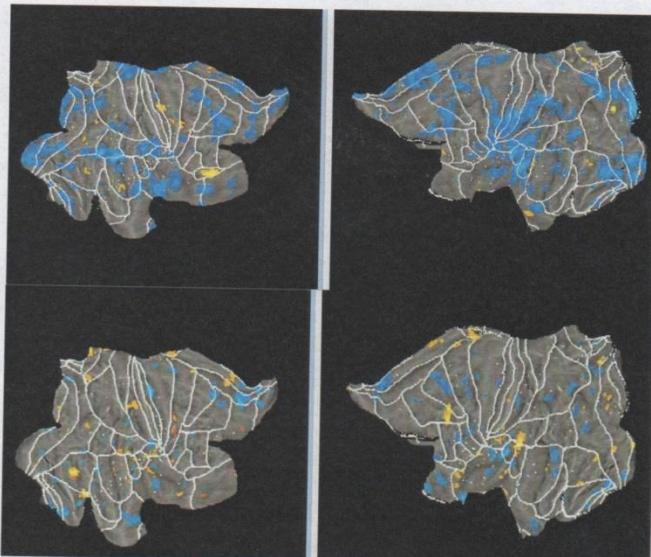
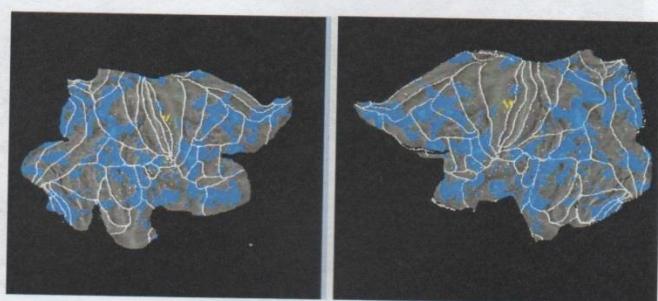


Рис.1 Т-карты сетей наиболее связной пары ЭЭГ-каналов (12-22): сверху для показателя когерентности, снизу для показателя каузальности



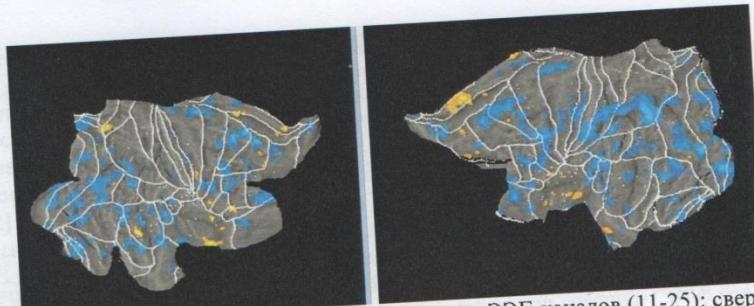


Рис.2 Т-карты сетей наименее связанный пары ЭЭГ-каналов (11-25): сверху для показателя когерентности, снизу для показателя каузальности

Во втором варианте обработки сложный фМРТ-сигнал был разложен на независимые компоненты [6]. Временные динамики независимых компонент проверены на когерентность и каузальность. Построены карты когерентностей и причинностей, которые позволяют выявить согласованность и взаимное влияние выбранных компонент (рис. 3, 4). 7 компонент были выбраны в качестве крупномасштабных нейросетей состояния покоя. Каждая сеть была визуализирована на коре головного мозга человека, примеры приведены на рис. 5, 6.

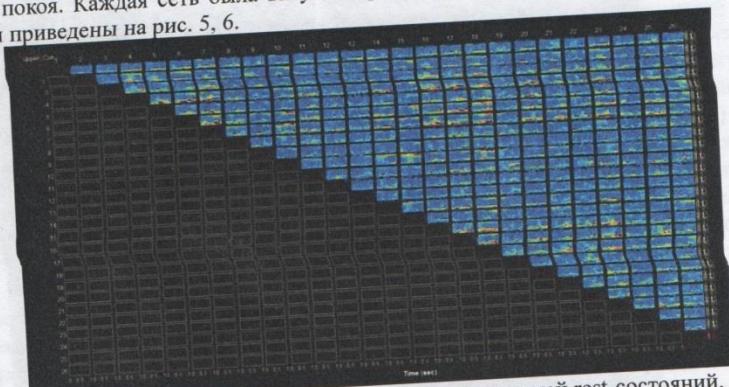


Рис. 3. Матрица когерентности при выявлении сетей rest-состояний.

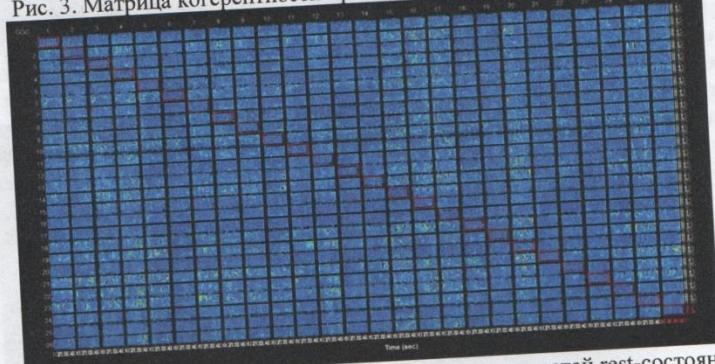


Рис. 4. Матрица каузальности при выявлении сетей rest-состояний.

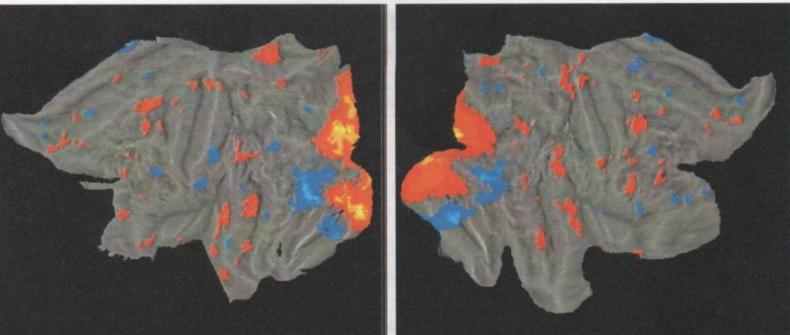


Рис.5. Зрительная сеть

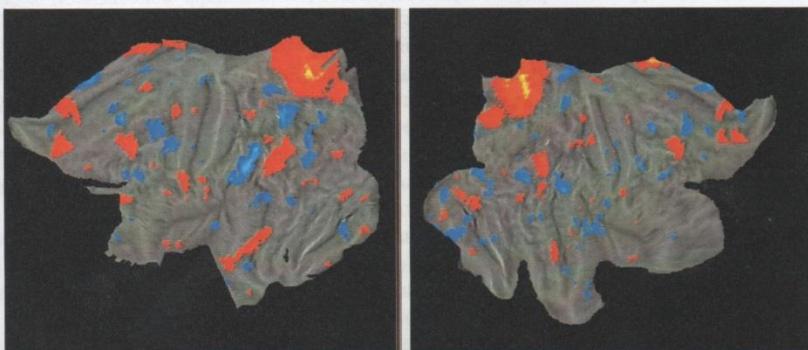


Рис.6.Сеть по умолчанию DM

Полученные в данной работе нейросети использованы в качестве узлов для построения функциональных коннектомов головного мозга с помощью теории графов и определения межструктурных взаимодействий головного мозга при реализации когнитивных процессов [7]. Совмещение функциональных коннектомов со структурными коннектомами, построенными на основе диффузионно-взвешенных МР-изображений позволяет оценить степень вовлеченности той или иной зоны головного мозга человека в когнитивный процесс [8].

Список литературы

1. Greicius M.D. et al., Resting-State Functional Connectivity MRI 2003
2. Biswal B. et al., Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI 1995.
3. Musso. F et. al., Spontaneous brain activity and EEG microstates. A novel EEG/fMRI analysis approach to explore resting-state networks, 2010.
4. Mulert C., EEG - fMRI: Physiological Basis, Technique, and Applications, 2010.
5. Niedermayer et. al., EEG Rhythms, 1997.
6. Egolf E., New Signal Processing Techniques Applied to Brain Imaging New Signal Processing Techniques Applied to Brain Imaging, 2008.
7. Aldhous P., NodeXL for Network analysis, 2012.
8. Horn A., The structural-functional connectome and the default mode network of the human brain, 2013.