

Вышеописанный метод был опробован при исследовании функциональных сетей «зеркальных» нейронов головного мозга человека. Данные ЭЭГ и фМРТ были обработаны в соответствии с вышеуказанными алгоритмами. По полученным результатам были выявлены корреляции между данными фМРТ и ЭЭГ, зоны активности головного мозга, задействованные при просмотре и представлении видеороликов, локализованы сети «зеркальных» нейронов [3].

В перспективе данный алгоритм может быть применен также для определения зон эпилептической активности, в нейрохирургии, для разработки мозг-компьютерных интерфейсов.

### *Литература*

1. Вартапов А.В. 2002г. Многофакторный метод разделения ЭЭГ на корковую и глубинную составляющую. Журнал высшей нервной деятельности. Том 52, № 1, с. 111-118
2. Ушаков В.Л., Верхлютов В.М., Соколов П.А., Ублинский М.В., Стрелец В.Б., Аграфонов А.Ю., Петрайкин А.В., Ахатов Т.А. Активация структур мозга по данным фМРТ при просмотре видеосюжетов и припоминании показанных действий / Журнал высшей нервной деятельности. Том 61. № 5, с. 553–564.
3. Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L. 1996 Premotor cortex and the recognition of motor actions. /Brain Res Cogn Brain Res. Mar;3(2):131-41.

## **Обнаружение специфических участков МЭГ активности головного мозга человека, возникающих в ответ на словесные стимулы\***

*Коршаков А.В. /korshakov\_av@mail.ru/*

*Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский  
Институт», Москва, Россия*

Появление СКВИД-магнитометров знаменует новый этап в исследовании нервной системы человека. Магнитный датчик реагирует непосредственно на токи, протекающие в мозге, т.е. пространственное распределение и временная зависимость магнитоэнцефалографических сигналов прямо отражают внутреннюю электрическую активность мозга, искаженную влиянием черепа в меньшей степени, чем для случая ЭЭГ. Это следует из общих свойств магнитных полей, создаваемых источниками в проводящем теле сферической формы. Внешние возмущения магнитного поля на несколько порядков сильнее, магнитных полей человека [1, 2].

В работе анализировались многоканальные МЭГ-данные магнитометра «Neuromag» фирмы «Elekta», установленного в московском МЭГ-центре. Магнитометр обладает 102-мя 3-х канальными сенсорами для обнаружения сверхслабых

---

\* Поддержано Российским Фондом Фундаментальных исследований, гранты 11-07-00637-а и 11-04-12086-ofi\_m.

источников изменений магнитного поля мозга человека, в комплексе с установкой регистрации движения глаз и дополнительными каналами, фиксирующими другие физиологические параметры.

Данные, получаемые с использованием такого сложного инструмента, зачастую оказываются слишком сложными, и объёмными для непосредственного анализа человеком в полной мере, требуя специальных подходов и некоторой степени автоматизации. Используя простейшие методы предварительной обработки и сортировки результатов экспериментальных данных, можно значительно упростить весь анализ в целом, локализуя сигналы-кандидаты соответствующие целевым критериям и отбрасывая шумовые выбросы.

Например, в обсуждаемых экспериментах представлено 6 типов стимулов по 150 экземпляров каждого. Для анализа рассматривались участки, длиной 2400 точек, точки с 1-й до 800-й соответствовали области «тишины до слова», точки с 801-й до 1600-й соответствовали времени фактического предъявления стимула, предполагаемого отсутствия отклика и откликов-последствий от предыдущих предъявлений стимула, и точки с 1601 по 2400 соответствовали зоне «тишины после слова».

При анализе усреднённых значений «второго» участка «тишины» - следующего с запасом за предположительным окончанием звучания стимула было обнаружено, что на этом участке иногда присутствует сигнал, отличающийся по характеристикам от «первого» участка «тишины» и сравнимый с областью «произнесения» или областью звучания слова-стимула. Вероятно, на начало «второго» участка тишины, несмотря на завершение стимуляции приходится последствие от стимула. В связи с этим при вычислении обсуждаемых в дальнейшем величин «2-й участок тишины» не рассматривался, т.к. при его включении в расчёты иногда приходилось корректировать эмпирические коэффициенты для того, чтобы «выбраковка» данных не казалась чересчур жёсткой.

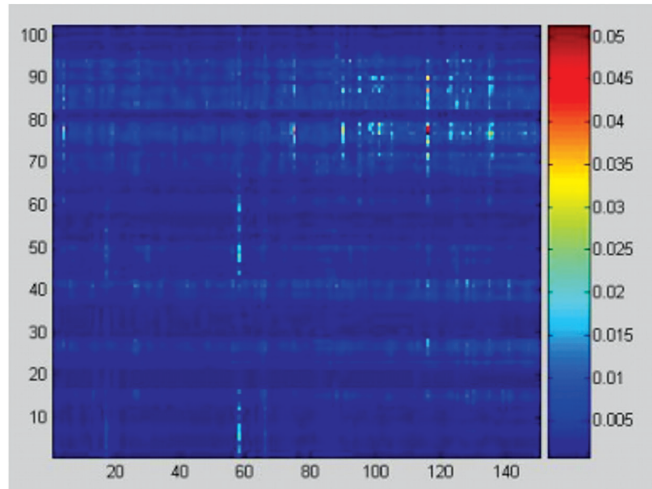
Для избавления от предполагаемых выбросов было применено эмпирическое правило, в соответствии с которым из рассмотрения исключались те области сигнала - отклика на стимул, соответствующие конкретным предъявлениям, в которых средняя по времени предъявления дисперсия мощности сигнала в канале датчика в 10 раз превышала среднее значение аналогичной величины, средней для всех предъявлений данного типа стимула, в данном канале. При этом удобно пользоваться матрицей дисперсий, представленной в виде диаграммы, показанной на рис. 1.

Следующий шаг – попытка отфильтровать данные в «другой плоскости» - плоскости номеров каналов. В соответствии с теорией обнаружителей сигналов [3], была сконструирована процедура, функционирующая на основе порогового метода, выбирающая для дальнейшего рассмотрения только те каналы  $i$ , в которых:

$$\sigma_i^{\text{st}} > \alpha \cdot \sigma_i^{\text{n1}},$$

где  $\sigma_i^{\text{st}}$  - СКО на области, соответствующей предъявлению стимула,  $\sigma_i^{\text{n1}}$  - СКО области первых 800 точек до предъявления стимула,  $\alpha$  - эмпирический коэффициент. В случае, если бы шум данных подчинялся бы нормальному закону распределения, можно было бы взять  $\alpha = 10$  для гарантированного обнаружения, с вероятностью

Рис. 1.  
Ось абсцисс – порядковые номера предъявления слова-стимула, ось ординат – номера каналов датчиков, цветом показаны величины дисперсий, отн. ед.



большой 0,997. Однако в связи с имеющими ограничениями значения  $\alpha = [2, 2.5]$  дают адекватные целевые выборки номеров каналов.

Для проверки легитимности такого выбора каналов, с точки зрения поиска полезного сигнала, был применён критерий отношения сигнал/шум. При рассмотрении сигнальной системы «головной мозг человека-системы МЭГ измерений» понятие отношения сигнал/шум носит несколько условный характер, но его значение можно оценить для каждого канала, например, следующим образом:

$$\text{SNR}_i = \max_j (y_{ij}^{\text{st}}) / \sigma_i^{n1,2}$$

Здесь  $\text{SNR}_i$  – отношение сигнал/шум для  $i$ -го канала,  $y_{ij}^{\text{st}}$  – МЭГ-сигнал в  $i$ -м канале, при  $j$ -м предъявлении,  $\sigma_i^{n1,2}$  – СКО сигнала  $i$ -го канала, для участка «тишины».

Далее из выбранных на втором этапе каналов рассматривались только те, для которых величина  $\text{SNR}_i$  превышала среднее значение по всем каналам. Применение такого критерия повышает вероятность, что на рассматриваемом участке данных присутствует полезный сигнал, отличающийся от шумовой составляющей.

В целом рассмотренная группа процедур позволяет упростить предварительный анализ данных и сконцентрироваться на более детальном дальнейшем его рассмотрении.

Автор выражает благодарность проф. Т. Строгоновой, А. Буториной и А. Николаевой за предоставление надёжных экспериментальных данных.

### Литература

1. Введенский В.Л., Ожогин В.И. Сверхчувствительная магнитометрия и биомагнетизм. – М.: Наука. Гл. Ред. Физ-мат. Лит., 1986 – (Соврем. Пробл. Физики). – 200 с.
2. Титомир Л.И., Кнеппо П. Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 448 с. – ISBN 5-02-015245-5.
3. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 440с.: ил.