

**Результаты и обсуждение.** На рис. 1 представлены групповые данные (модель случайных эффектов,  $p < 0,001$  без поправки на множественные сравнения) по 12 испытуемым, проходившим один из протоколов для пробы «Речь против перевернутой речи». Как видно из рисунка, пробы значительно различаются как по объему вызываемой активации, так и по латерализации, однако в левом полушарии выделяются активированные области, общие для всех проб. Индивидуальные индексы латерализации (LI) рассчитывались как отношение разности количества вокселей, активированных в левом и правом полушарии, к общему количеству активированных вокселей при статистическом пороге  $p < 0,005$  без поправки на множественные сравнения. Средний индекс латерализации для пробы «Речь против музыки» составил  $LI = 0,19$  и оказался значимо ниже, чем для проб «Чтение предложений» ( $LI = 0,54$ ;  $t(18) = 5,29$ ,  $p = 0,000$ ) и «Речь против перевернутой речи» ( $LI = 0,53$ ;  $t(11) = -3,31$ ,  $p = 0,007$ ;  $t(10) = -2,52$ ,  $p = 0,03$ ).

**Выводы.** Проведенное исследование продемонстрировало потенциальную эффективность комбинированного использования фМРТ-проб «Чтение и повторение предложений» и «Речь против перевернутой речи» для индивидуального картирования и определения латерализации восприятия речи.

### *Литература*

Ramsey, N.F., Sommer, I.E., Rutten, G.J., Kahn, R.S. (2001) Combined analysis of language tasks in fMRI improves assessment of hemispheric dominance for language functions in individual subjects. *Neuroimage*, 13: 719–33.

## **Анализ корреляционных матриц по данным магнитной энцефалографии\***

*Лыжко Е.В. /lyzko@yandex.ru/, Махортых С.А.*

*Институт математических проблем биологии РАН,  
Пуццо, Россия*

Метод МЭГ относится к функциональным методам, позволяющим получить необходимую информацию о функционировании мозга в клинических случаях и в нормальном состоянии. Так как человеческий мозг является чрезвычайно сложной структурой, то оценить работу мозга непосредственно по измеренным характеристикам сигнала не представляется возможным. С этой целью разрабатываются специальные методы обработки сигналов [1-4], которые позволили бы получить оценочные критерии нормальной и патологической работы мозга.

Исходные Данные получены в Медицинской школе Нью-йоркского университета (New York University School of Medicine) на измерительном стенде Magnes 2500 WH. Измеряемый сигнал представляет собой пространственно-временную структуру: 148-мерный вектор измерений в 148 точках на поверхности головы, развернутый во временной ряд с частотой опроса датчиков 500 Гц.

\* Данная работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 11-07-00519, 10-01-00609.

В работе рассматривается задача поиска диагностических признаков для анализа данных магнитной энцефалографии (МЭГ) здоровых испытуемых (контрольная группа) и пациентов с заболеванием Паркинсона.

Рассмотрено два способа анализа пространственно-временной структуры данных МЭГ: построение корреляционной матрицы по массиву измерительных датчиков; построение корреляционной матрицы коэффициентов сферических функций Лежандра, рассчитанных для каждого дискретного момента времени. Для двух рассмотренных случаев было подсчитано количество хорошо коррелирующих коэффициентов  $N_{corr}$  ( $|k_{corr}| \geq 0.9$ ).

В первом случае построение корреляционной матрицы осуществлялось для 148 точек, в которых располагались датчики, и для 10173 моментов времени на временном интервале продолжительностью около 2 мин (рис. 1).

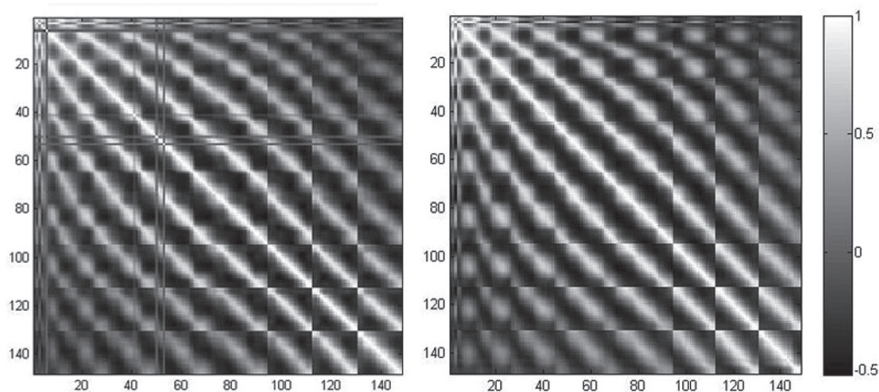
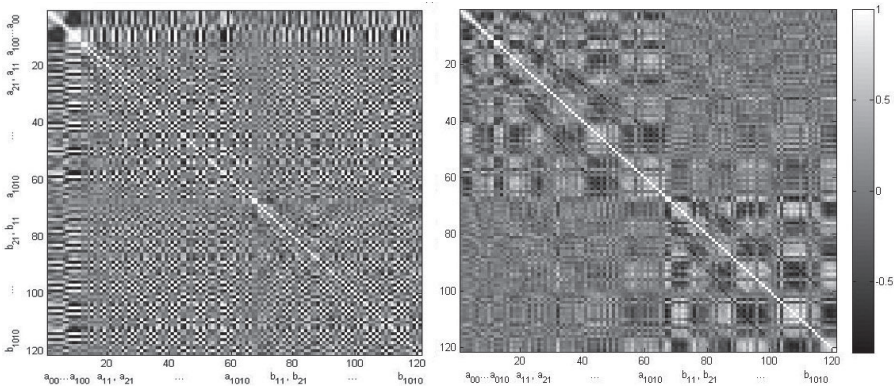


Рис. 1. Корреляционная матрица измеренного сигнала для здорового пациента (слева  $N_{corr} = 234$ ) и пациента с заболеванием Паркинсона (справа  $N_{corr} = 270$ )

Для второго способа были рассчитаны коэффициенты сферических функций Лежандра. Свойство ортогональности сферических функций делает их удобным инструментом для аналитического представления физического поля, рельефа или других величин, заданных в виде карты на сферической поверхности. Сферические функции играют ту же роль, что и тригонометрические для приближенного представления произвольной функции, заданной на отрезке рядом Фурье. Таким образом, анализ временных характеристик сигнала осуществлялся путем построения корреляционной матрицы коэффициентов разложения сферических функций. Процесс обработки данных состоял из двух стадий: стадии предварительного анализа данных и расчета спектрально-аналитических характеристик данных. Стадия предобработки связана с необходимостью получения данных МЭГ в узлах интегрирования (интерполяция) и данных на области сферы, не занятой датчиками (экстраполяция). Затем производился расчет спектрально-аналитических характеристик данных ( $a_{nk}$ ,  $b_{nk}$ ) по извест-



*Рис. 2. Корреляционная матрица коэффициентов разложения ( $a_{nk}$ ,  $b_{nk}$ ) измеренного сигнала для здорового пациента (слева  $N_{corr}=942$ ) и пациента с заболеванием Паркинсона (справа  $N_{corr}=4$ )*

ным формулам [5, 6]. Коэффициенты разложения  $a_{nk}$ ,  $b_{nk}$  вычислялись на временном интервале продолжительностью около 2 мин, для которых строились корреляционные матрицы ( $121 \times 121$ ) (рис.2).

В результате сравнения матриц, представленных на рисунках 1 и 2, в качестве диагностического признака было предложено использовать корреляционную матрицу для временного ряда коэффициентов разложения в базисе сферических функций. Так как построение корреляционной матрицы по исходным данным (рис. 1) не позволяет выработать четких диагностических критериев для контрольной группы и пациентов с заболеванием Паркинсона.

### Литература

1. Дергузов А.В., Махортых С.А. Распознавание патологической активности в записях магнитных энцефалограмм при болезни Паркинсона // Электронный журнал Исследовано в России. 2005. Т. 149. С. 1562-1573.
2. Derguzov A.V., Makhortykh S.A. Spectral analysis and data classification in magnetoencephalography // Pattern Recognition and Image Analysis. 2006. Vol. 16. No 3. P. 497-505.
3. Устинин М.Н., Поликарпов М.А., Панкратов А.Н. Сравнительный анализ экспериментальных данных магнитной энцефалографии // Математическая биология и биоинформатика. 2010. Т. 6. № 1. С. 63-70.
4. Куликова Л.И., Махортых С.А. Математические операции над двумерными сигналами в базисах сферических гармоник // Электронный журнал Исследовано в России. Т. 60. С. 598-608.
5. Джеффрис Г., Свирлс Б. Методы математической физики. М.: Мир. 1970. Вып.3. Т. 3. 344 с.
6. Курант Р., Гильберт Д. Методы математической физики. М-Л.: Гостехиздат. 1951. 525 с.