

Т. В. Захарова (Москва, ВМК МГУ; Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН). **Обратные задачи магнитоэнцефалографии.**

Наиболее неизученным и самым сложным органом в природе является головной мозг человека, который является очень чувствительным к оперативному вмешательству и требует вследствие этого безопасных и безболезненных методов исследования.

Головной мозг состоит из приблизительно 200 миллиардов нейронов, связанных между собой особыми связями, превращающими наш мозг во взаимосвязанную сеть. Взаимодействуя посредством этих связей, нейроны формируют электрические импульсы, которые управляют деятельностью всего человеческого организма. Вследствие того, что человеческий мозг очень сложно устроен, его работа до сих пор не достаточно изучена. Сверхслабые магнитные поля мозга обнаруживаются специальным устройством, называемым магнитоэнцефалографом. А технология, использующая эти устройства и позволяющая измерять и визуализировать магнитные поля, называется магнитоэнцефалографией (МЭГ).

Результатом проведения магнитоэнцефалографии являются большие массивы данных, несущие информацию о процессах, происходящих в головном мозге. В ходе обработки этих данных перед исследователем ставится обратная задача, заключающаяся в пространственной реконструкции источников МЭГ-сигналов в коре головного мозга.

На настоящий момент не существует универсальных инструментов для точного в достаточной степени решения такой обратной задачи при анализе МЭГ-сигналов. Одному и тому же распределению потенциалов на поверхности головы могут соответствовать различные зоны активности коры головного мозга. Однако, при некоторых предположениях задача имеет однозначное решение.

Магнитная энцефалография предоставляет уникальную возможность неинвазивного изучения нейронных процессов, происходящих в мозге. МЭГ с высокой точностью регистрирует электрические сигналы и позволяет найти решение в сочетании с магнитно-резонансной томографией (МРТ) с высокой временной частотой. Квазистатическое магнитное поле, вызванное нейронными источниками значительно менее чувствительно к анизотропии проводящих свойств головных тканей, чем электрический потенциал на коже головы. Таким образом, в отличие от ЭЭГ, МЭГ имеет более простую и точную модель объемного проводника, связывающего геометрические свойства нейронного источника с сигналами на сенсорах. Поэтому МЭГ потенциально позволяет более точно локализовать активные источники на основе регистрируемых данных.

Ранее для решения обратных задач магнитоэнцефалографии рассматривались в основном сфероидальные и эллипсоидальные модели [1, 2]. Отметим, что в этих геометриях в однодипольных моделях впервые были получены аналитические решения для обратной задачи. Дополнительно было проведено исследование на устойчивость решения в случае, когда диполь расположен на главной полуоси сфероида.

В данной работе рассмотрена и модель эллиптического параболоида, для которой найдены решения как прямой, так и обратной задачи по локализации источников активности.

Также в работе рассмотрено решение обратной задачи в случае двудипольной сферической модели. Распределение магнитного поля на поверхности головы в данном случае рассматривалось как суперпозиция магнитных индукций, порождаемых каждым из источников. Получение аналитических решений в рамках этой модели оказалось достаточно затруднительным, поэтому для решения обратной задачи были применены современные методы машинного обучения, а именно сверточные нейронные сети. Отклонение ответов модели от истинных значений оказалось практически малым.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 18-07-00252).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zakharova T. V., Karpov P. I., Bugaevskii V. M.* Localization of the Activity Source in the Inverse Problem of Magnetoencephalography. — Computational Mathematics and Modeling, Consultants Bureau, 2017, v. 28, № 2, p. 148–157.
2. *Karpov P. I., Zakharova T. V.* Magnetoencephalography inverse problem in the spheroid geometry. — J. of Inverse and Ill-Posed Problems, VSP, Netherlands, 2019, v. 27, № 2, p. 159–169.