

Новое семейство методов для обнаружения функционально связанных областей коры головного мозга по неинвазивным электро- и магнитоэнцефалографическим измерениям

Доклад посвящен задаче оптимальной обработки сигналов электро- и магнитоэнцефалографов (ЭЭГ и МЭГ). Использование МЭГ и ЭЭГ для анализа активности в коре головного мозга связано с рядом проблем, обусловленных фундаментальными ограничениями электромагнетизма. В работе предлагается новый подход к решению этой задачи, улучшающий результаты анализа.

В первой части доклада дается краткий экскурс в историю изучения процессов взаимодействия областей коры головного мозга, представляется обзор различных подходов. Долгое время мозг понимался и исследовался как набор структурных единиц, и лишь относительно недавно ученые пришли к выводу, что мозг следует изучать как совокупность взаимодействующих сетей. Некоторое время наиболее популярными и точными методами регистрации сигналов на коре служили так называемые инвазивные методы, требующие хирургического вмешательства с внедрением электродов непосредственно в мозг. Очевидно, здесь возникает проблема испытаний на людях, которые среди всех животных представляют, пожалуй, наибольший интерес. Этот факт, вероятно, послужил стимулом к развитию неинвазивных методов.

Существуют различные неинвазивные методы. Докладчик упоминает фМРТ (fMRI — functional Magnetic Resonance Imaging) — метод, основанный на измерении концентрации кислорода в крови и прочих гемодинамических реакций. Указывается, что этот метод имеет посредственное временное разрешение (при достаточно хорошем пространственном). Предлагается рассмотреть методы ЭЭГ и МЭГ. Эти методы имеют хорошее временное разрешение, соизмеримое с характерным временем нейронной активности. Докладчик отмечает, что эти методы, однако, имеют определенные проблемы с пространственным разрешением: имеет место наложение сигналов (проблема объемной проводимости). При решении соответствующей задачи обработки сигналов с датчиков возникает проблема «плохой» постановки — по сравнительно малому числу уравнений требуется восстановить великое множество неизвестных.

Основная часть доклада посвящена разработанному автором подходу к решению задачи обработки сигналов ЭЭГ и МЭГ. Для демонстрации используется «игрушечный» пример (2 сенсора и 2 неизвестных) для которого выписывается модель. Автор описывает традиционные подходы (с использованием time-frequency преобразований — Фурье, вейвлеты, ...). После нескольких слайдов преобразований мы приходим к уравнению, вообще говоря, комплексному. Распространенный метод его решения в рамках рассматриваемой задачи — отбрасывание вещественной части. При этом, однако, как указывает докладчик, теряется много полезной информации. Предлагается усовершенствовать подход. Идея подхода заключается в проведении сингулярного разложения рассматриваемого уравнения (векторизованного и определенным образом преобразованного) с использованием эвристики. Дальнейшие выкладки посвящены одному из способов решения полученной задачи: полученное уравнение переписывается в виде задачи минимизации, проблема «плохой» постановки (ill-posedness) устраняется регуляризацией. Особо отмечается использование различных штрафов по времени и по пространству. В конце концов автор приходит к линейной системе и представляет стратегию ее решения. Демонстрация описываемого подхода происходит на симулированных данных

(соответственно, известны «ожидания»). Пример показывает, что предлагаемый подход позволил достаточно хорошо определить очаги возбуждений.

Как следует из доклада, предложенный метод хорошо справляется с поставленной задачей и лишен ряда недостатков традиционных подходов. Безусловно, требуется апробация «в боевых условиях» и подробный анализ характеристик различных традиционных алгоритмов в сравнении с представленным. Единственное замечание к самой структуре доклада — возможно, следует отдельно представлять сжатую базовую идею подхода, периодически возвращаясь к такой упрощенной формулировке, дабы неподготовленный слушатель не потерялся в обилии математических формулировок. В остальном же, тема доклада представляется чрезвычайно важной, а результаты могут серьезно улучшить качество анализа процессов в коре головного мозга. Позитивные последствия такого улучшения очевидны.