

О ФОРМАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАТТЕРНОВ И СПОСОБАХ ИХ ПОИСКА

Сидоров Леонид Станиславович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: leon.sidorov@gmail.com

Научный руководитель — Майсурадзе Арчил Ивериевич

В наши дни исследователи ждут от моделей машинного обучения не просто решения прикладных задач, но и интерпретируемости результатов. Модели должны явно демонстрировать пользователям закономерности, которые они нашли. При этом анализ многомерных временных рядов во многих случаях сводится к выявлению так называемых *функциональных паттернов* [1], то есть особенностей поведения временного ряда, соответствующих некоторым интересующим исследователей состояниям системы. Основной задачей данной работы является разработка методики автоматического поиска подобных паттернов в многомерных временных рядах без обладания какими-либо априорными знаниями о предметной области.

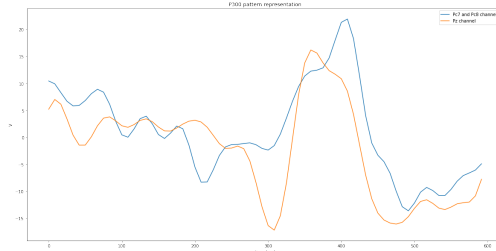
В данной работе в качестве предметной области взята нейрофизиология. Соответственно, работа методики будет продемонстрирована для выявления одного из самых известных функциональных паттернов в анализе электроэнцефалограммы (далее ЭЭГ), «волны P300».

Рассматриваемый набор данных был записан с использованием символьной матрицы, с помощью которой человек может писать слова, концентрируя свое внимание на отдельных символах. Этот набор данных является частью соревнования [1] и содержит множество экспериментальных результатов, полученных с использованием большого разнообразия моделей. Мы остановимся не на исходной прикладной задаче распознавания символов, а на выявлении функциональных паттернов и интерпретации полученных результатов. Для этого мы использовали уже известный в литературе переход от распознавания целевых символов к распознаванию строк и столбцов матрицы, содержащих целевой символ. Согласно исследованиям нейрофизиологов ожидается, но не гарантируется, что подсвечивание целевого символа вызывает на ЭЭГ «волну P300». Соответственно, модель не получает информацию о наличии «волны P300» напрямую.

Предложенная нами модель машинного обучения способна опре-

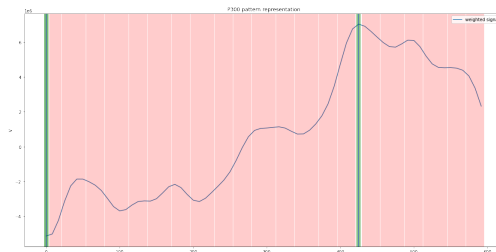
Текущая секция

делять амплитуду волны и оценивать её форму посредством поиска минимума и максимума, что в контексте анализа «волны Р300» имеет ключевое значение. Нейронная сеть поочерёдно применяет фильтры к каналам и временным промежуткам на исходных данных, выявляя тем самым важность тех или иных электродов на голове человека или моментов времени во время записи.



Оптимальные комбинации каналов.

Модель самостоятельно выявила оптимальную линейную комбинацию исходных электродов. Pс7 и Pс8 были взяты с отрицательным знаком, чтобы учесть негативные значения потенциала, предшествующие Р300, а электрод Pz, наоборот, с положительным, чтобы уловить пик самой волны. Также важно отметить, что модель предложила использовать всего 3 канала ЭЭГ, выделив их как точки концентрации информации о наблюдаемом явлении. Этот результат не противоречит нашим знаниям о человеческом мозге, ведь именно затылочная его доля отвечает за распознавание визуальных образов, которыми и являются целевые символы на экране компьютера.



Карта внимания модели для преобразованной «волны Р300».

На карте внимания для одного конкретного наблюдения «волны Р300» мы можем заметить, что модель концентрирует своё внимание на максимальном и минимальном значениях промежуточного представления ЭЭГ. Это говорит о том, что нейронная сеть действительно самостоятельно приходит к преобразованиям вида \tanh и \arctanh , что является необходимым признаком для выявления функционального паттерна Р300.

Таким образом, в работе предложена методика, помогающая исследователям по серии экспериментов автоматически выявить функциональный паттерн в многомерных временных рядах. При этом было достаточно формализовать исходную задачу в терминах машинного обучения и не требовалось углубляться в предметную область. Работоспособность методики продемонстрирована на данных ЭЭГ. Модель выявляет паттерн «волна Р300» с высокой точностью, а также способна явно выделить его отличительные признаки. Вся эта информация была неявно извлечена из постановки задачи. Данный подход может быть доработан и расширен для других предметных областей, что и представляет интерес для дальнейших исследований.

Работа выполнена при поддержке НОШ МГУ «Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект», НИР МГУ 5.1.21, гранта РФФИ № 20-01-00664.

Литература

1. Blankertz B., Muller K R., Krusienski D J., Schalk G., Wolpaw J R., Schlogl A., Pfurtscheller G., Millan J R., Schroder M., Birbaumer N. The BCI competition III: Validating alternative approaches to actual BCI problems // IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering, Piscataway, USA, 2006, P. 153–159.