

Нейрофизиологические предикторы согласия и несогласия человека: данные ЭЭГ высокой плотности

Научный руководитель – Каплан Александр Яковлевич

Пономарев Тимофей Дмитриевич

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Биологический факультет, Кафедра физиологии человека и животных, Москва, Россия

E-mail: timofeyponomarev@yandex.ru

Разработка коммуникационных интерфейсов мозг-компьютер (ИМК) для детекции ответов «да» и «нет» опирается на выявление мозговых коррелятов согласия (С) и несогласия (Н). В предшествующем исследовании в качестве таких маркеров были предложены компоненты ПСС N400 и FRN [1]. Настоящая работа направлена на репликацию этих результатов и углубление представлений о паттернах С/Н.

В исследовании приняли участие 25 здоровых добровольцев в возрасте от 20 до 34 лет (медиана 24), 16 девушек и 8 юношей. Перед началом эксперимента испытуемые подписывали информированное согласие на участие в исследовании. Испытуемым предлагалось давать мысленные односложные ответы («Да»/«Нет») на короткие вопросы, предъявляемые на мониторе по одному слову. Через 1.5 с после вопроса подавалась команда «Ответ», затем на экране появлялась предопределенная «догадка» системы относительно ответа. Участники оценивали правильность догадки нажатием на клавишу, будучи заранее осведомленными о задаче системы угадать их мысленный ответ.

ЭЭГ регистрировалась (1000 Гц, референт — средний мастоид) с использованием усилителя NVX-136 и 128 Ag/AgCl электродов (система «10-05»). Применялись фильтры 0.5–45 Гц и 50 Гц, окуломоторные артефакты удалялись ICA. Эпохи анализировались от -0.2 до 1.5 с относительно двух событий: последнего слова вопроса (область I) и предъявления «догадки» системы (область II). После пространственной фильтрации [2] для компонентов N400 и FRN измерялась амплитуда пиков в усредненных ПСС. Статистика: критерий Уилкоксона и парный t-тест, а также кластерный пермутационный тест (1024 пермутации, порог 4.30) с поправкой Бонферрони.

По итогам исследования удалось реплицировать ключевые результаты предыдущего эксперимента [1]. Подтвердилось, что в случае Н наблюдается большая амплитуда N400 ($p < 0.001$, $W_{(24)} = 5.00$, $CLES = 0.92$, $CI = [0.83; 0.98]$) в области I и FRN ($p < 0.001$, $T_{(24)} = 9.40$, $d = 1.60$, $CI = [1.21; 2.34]$) в области II. При этом, пермутационный тест не выявил значимых различий в области II для компонента FB-P300, однако обнаружил эффект для небольшого позитивного компонента с широким центральным распределением в окне 0.5–0.6 с ($p = 0.003$).

Помимо этого, произведен детальный топографический анализ поверхностной динамики разностных волн (С-Н) ПСС (рис. 1 и 2). В области I зафиксирован теменно-затылочный фокус компонента N400. В области II наблюдалось снижение амплитуды во фронтальных отведениях с последующим формированием положительного фокуса, смещающегося от фронтальных к центрально-теменным каналам.

Источники и литература

- 1) Ponomarev T. et al. Brain mechanisms of (dis)agreement: ERP evidence from binary choice responses // Cerebral Cortex. 2025. 35 (7). bhaf167.

- 2) Pires G., Nunes U., Castelo-Branco M. Statistical spatial filtering for a P300-based BCI: Tests in able-bodied, and patients with cerebral palsy and amyotrophic lateral sclerosis // Journal of Neuroscience Methods. 2011. 195 (2). P. 270–281.

Иллюстрации

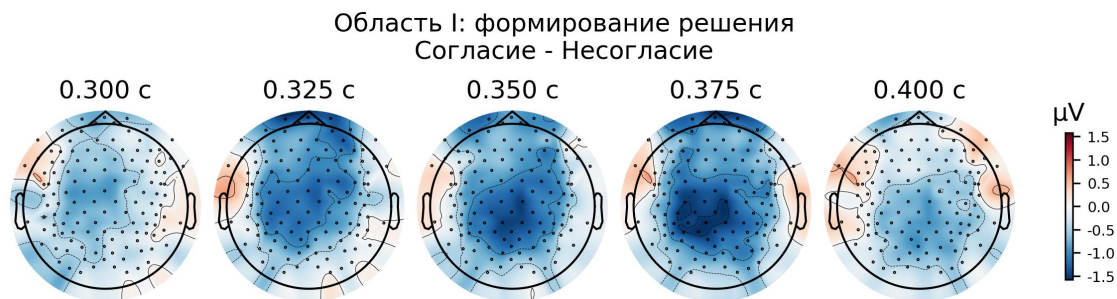


Рис. : Топологические карты для области I

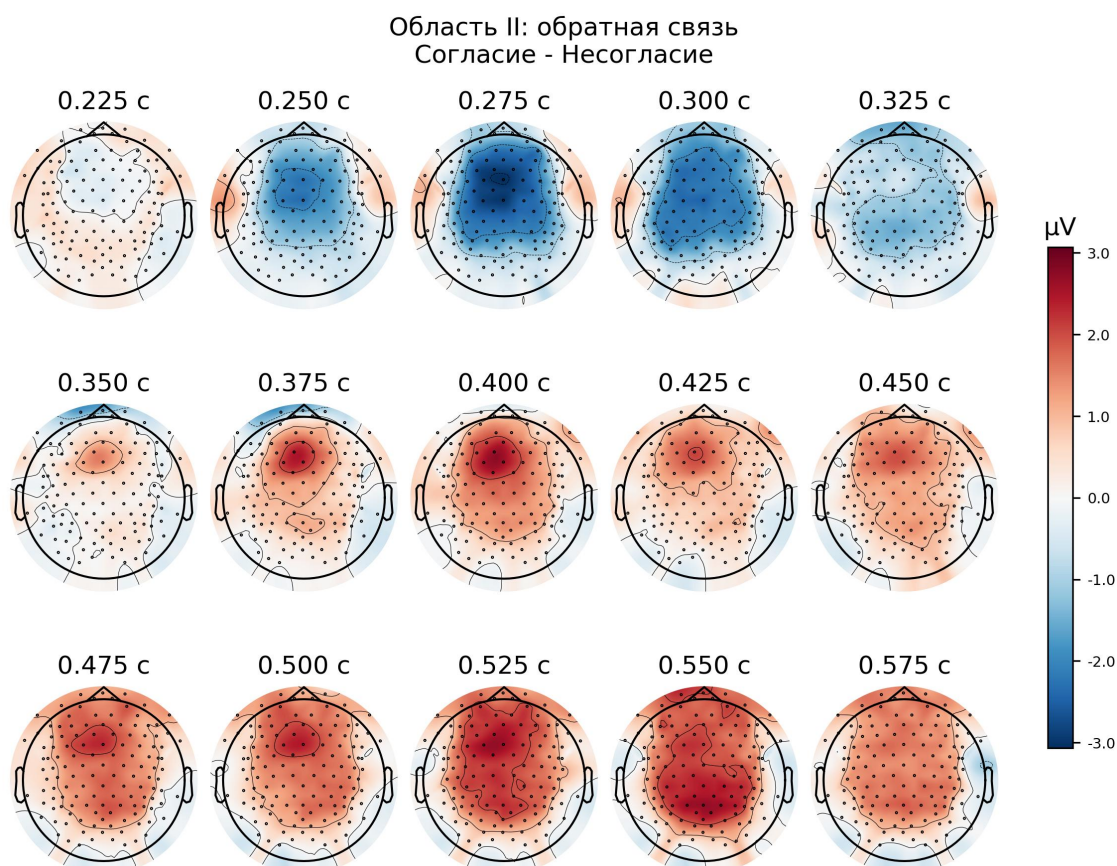


Рис. : Топологические карты для области II