

**ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТРИК ДЛЯ ОЦЕНКИ
РАЗЛИЧИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ
ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭЭГ, ЭКГ И ВИДЕОЗАПИСИ**

Глеклер Э.В. (СПб ФИЦ РАН), Кашевник А.М. (СПб ФИЦ РАН)

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Кашевник А.М.
(СПб ФИЦ РАН)**

Введение. Анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ) — один из наиболее широко используемых способов распознавания и оценки функциональных состояний человека. Сигнал ЭЭГ используется для этих целей как в научных исследованиях, так и в работе устройств, предназначенных для персонального использования, таких как Muse [1], Emotiv [2] и др. При этом, различные научные работы, связанные с распознаванием как состояния концентрации, так и других подобных состояний имеют не вполне согласующиеся друг с другом результаты. В этих работах часто используются различные, непересекающиеся наборы метрик сигнала ЭЭГ, а получаемые значения схожих метрик слабо согласуются друг с другом. Это может объясняться как различиями в особенностях рассматриваемых в этих работах функциональных состояний и используемого оборудования для записи ЭЭГ, так и в слабой корреляции используемых метрик с исследуемым состоянием.

В связи с этим, возникает необходимость оценки оптимальности различных метрик ЭЭГ для использования в целях распознавания состояния концентрации, с использованием набора данных, записанного для четко определенного функционального состояния человека, с применением научного оборудования для записи с высокой частотой дискретизации, позволяющего получить достаточно точные значения рассматриваемых метрик. Кроме того, возникает необходимость использования дополнительных источников гетерогенных данных (в частности ЭКГ и видео) для осуществления верификации получаемых значений метрик ЭЭГ.

Основная часть. В работе рассматривается возможность повышения качества распознавания и оценки континуальных процессов головного мозга человека за счет использования гетерогенных источников данных (ЭЭГ, ЭКГ, видео). Были решены следующие практические задачи:

- 1) Разработан метод фильтрации сигнала ЭЭГ с использованием видеозаписи.
- 2) Разработан инструмент автоматизированной фильтрации сигнала ЭЭГ.
- 3) Разработан метод интеграции гетерогенных источников данных (ЭЭГ, ЭКГ, видео) в процесс распознавания и оценки континуальных процессов

Для вычисления необходимых значений метрик были использованы разработанные авторами модели определения частоты дыхания [3], частоты сердечных сокращений [4] и кровяного давления [5] по видеозаписи. Значения этих метрик были частично верифицированы с использованием данных ЭКГ.

Значения метрик видеозаписи были использованы для осуществления фильтрации сигнала ЭЭГ. После чего, значения всех метрик, включая спектральные метрики [6] сигнала ЭЭГ, а также метрики энтропии [7] сигнала ЭЭГ в различных частотных диапазонах, были использованы для осуществления распознавания континуальных состояний.

Выводы. В работе был рассмотрен вопрос использования метрик энтропии и мощности сигнала ЭЭГ для оценки различий между функциональными состояниями человека. Кроме того, была рассмотрена возможность интеграции данных ЭКГ и видео в процесс распознавания функциональных состояний. Применимость метрик сигнала ЭЭГ была оценена на 23 записях состояния концентрации и фоновое состояние свободного блуждания ума для 17 участников. Был использован коэффициент точечной бисериальной корреляции этих метрик и соответствующих состояний, а также аналогичный показатель,

основанный на разности межквартильных расстояний их значений и показано, что наиболее многообещающими для целей распознавания состояния концентрации являются метрики мощности в α , θ и SMR-диапазонах, а также метрика энтропии сигнала в диапазоне от 0,3 до 30 Гц, причем различия с фоновым состоянием могут проявляться как по среднему их значению, так и по межквартильному расстоянию. Вместе с тем, ни одна из этих метрик не показывает универсального характера изменений для состояния концентрации, однако, значимые изменения демонстрирует как минимум одна из них.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-00398.

Список использованных источников:

1. Jung, D. EEG-based identification of emotional neural state evoked by virtual environment interaction / D. Jung, J. Choi, J. Kim, S. Cho, S. Han // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – vol. 19.
2. Shi, J. A review of applications of electroencephalogram in thermal environment: comfort, performance, and sleep quality / J. Shi, N. Zhang, C. Liu, J. Li, Y. Sun, W. Gao // Journal of Building Engineering. – 2024. – vol. 84.
3. Othman, W. Contactless camera-based approach for driver respiratory rate evaluation in vehicle cabin / W. Othman, A. Kashevnik, I. Ryabchikov, N. Shilov // Intelligent Systems Conference, Amsterdam, The Netherlands. – 2022. – vol. 2.
4. Othman, W. Video-based real-time heart rate detection for drivers inside the cabin using a smartphone / W. Othman, A. Kashevnik // 2022 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS 2022), Bali, Indonesia. – 2022.
5. Hamoud, B. Neural network model combination for video-based blood pressure estimation: New Approach and Evaluation / B. Hamoud, A. Kashevnik, W. Othman, N. Shilov // Sensors, MDPI AG, Basel, Switzerland. – 2023. – vol. 23.
6. Hsieh, M. Use of EEG signals, cortisol secretion, and task performance to evaluate the effects of different lighting environments on concentration level in a sustained attention task / M. Hsieh, Y. Zhang, R. Dong, Y. Lee, C. Ni // International Journal of Industrial Ergonomics. – 2022. – vol. 92.
7. Wang, Y. Evaluation on game concentration with multi-scale fuzzy entropy based on EEG signals / Y. Wang, Q. Huang, Z. Xie, M. Wang, W. Bao // Entertainment Computing. – 2023. – vol. 46.