

**ТОЧНОСТНЫЕ АСПЕКТЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ:
РОЛЬ МЕТОДА ГИЛЬБЕРТА–ХУАНГА**

Хлынов Р.Д. (Университет ИТМО), **Рыжова В.А.** (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Рыжова В.А.
(Университет ИТМО)

Введение. В современном мире понимание работы человеческого мозга является одним из ключевых направлений научных исследований. Изучение активности мозга открывает возможности для более глубокого понимания его функций и разработки методов лечения различных патологий, связанных с нервной системой. Визуализация активности мозга является важным инструментом для наблюдения и анализа этих процессов.

Нейровизуализация – это совокупность методов и технологий, которые используются для визуализации и анализа активности мозга. Это важный инструмент для исследования мозговой активности, позволяющий увидеть, как различные области мозга взаимодействуют и работают вместе [1].

В настоящее время существуют различные методы нейровизуализации такие как функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ), электроэнцефалография (ЭЭГ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), магнитоэнцефалография (МЭГ) и функциональная ближняя инфракрасная спектроскопия (фБИКС) [1]. Все методы нейровизуализации имеют свои преимущества и недостатки.

Однако, в процессе использования методов нейровизуализации возникают некоторые технические ограничения, которые могут исказить получаемые результаты. При регистрации активности мозга различными методами неизбежно присутствуют внешние и внутренние помехи и шумы, что приводит к искажениям в полученных данных. Также, разрешение формируемых изображений может быть недостаточным для различения мелких структур и деталей активных областей мозга. В результате повышается вероятность ошибки в интерпретации данных, что затрудняет точную диагностику и понимание функциональных особенностей мозга [2].

В данном контексте возникает необходимость применения методов повышения точности визуализации активности мозга. Эти методы направлены на устранение или минимизацию влияния факторов, которые могут исказить результаты нейровизуализации.

Цель данного исследования заключается в рассмотрении точностных аспектов визуализации мозговой активности, а также в выявлении и оценке их эффективности.

Основная часть. В настоящее время для устранения или минимизации ограничений и повышения точности визуализации активности мозга были разработаны различные методы и техники, такие как фильтры низких и высоких частот, полосовые фильтры, фильтр Савицкого-Голея, улучшение сигналов на основе корреляции, фильтры на основе алгоритмов авторегрессии, фильтр Калмана, фильтр Винера, вейвлет-фильтры, сплайн-интерполяция, метод фильтрации на основе акселерометра, анализ главных компонент и другие [2]. Некоторые из них включают в себя фильтрацию и подавление шумов, улучшение разрешения изображений, другие используют новые материалы и технологии для создания электродов и многое другое.

Наиболее перспективным методом для повышения точности визуализации активности мозга является обработка нестационарных сигналов с использованием преобразования Гильберта-Хуанга.

Преимущество преобразования Гильберта-Хуанга заключается в его способности разложить сложные сигналы на интракомпонентные моды, которые являются локальными и неперекрывающимися функциями, которые могут представлять собой различные компоненты или осцилляции внутри сигнала. Этот подход позволяет более точно и детально анализировать разнообразные электрофизиологические сигналы, такие как электрокортикограммы, электроэнцефалограммы, магнитоэнцефалограммы, спектральные характеристики, что

позволяет применять преобразование Гильберта-Хуанга после получения данных различными методами нейровизуализации [3].

Данный метод также демонстрирует хорошую способность к извлечению информации из сигнала при наличии шумов или искажений. Он может автоматически адаптироваться к различным условиям сигнала, обеспечивая более точное отображение особых характеристик активности мозга. Кроме того, преобразование Гильберта-Хуанга позволяет обнаружить и анализировать различные временные масштабы, что позволяет выявить особенности и осцилляции на разных частотах и временных интервалах. Это важно для более полного понимания функциональной организации мозга и связанных с ней патологических состояний.

Спектрограммы каналов ЭЭГ, фБИКС, полученные с помощью преобразования Гильберта-Хуанга представляют собой, по существу, два двумерных изображения. Однако эти два измерения представляют принципиально разные единицы измерения, одна из которых – частотная мощность, а другая – время. Рассматривается представление спектрограммы в виде набора сложенных временных рядов для разных частотных интервалов. В таком случае, в случае представления спектрограммы как двумерной матрицы, каждый частотный интервал (строка матрицы) рассматривается как отдельная временная серия.

Однако, следует отметить, что применимость преобразования Гильберта-Хуана в конкретных случаях может быть ограничена особенностями сигнала или требованиями исследования. Дальнейшие исследования и разработки в этой области помогут расширить знания о преимуществах и возможностях преобразования Гильберта-Хуанга в визуализации активности мозга.

Выводы. В результате сравнительного анализа рассмотренных методов повышения точности нейровизуализации обоснована возможность использования метода Гильберта-Хуанга как наиболее эффективного для извлечения признаков с целью верификации субъекта на основе полученных данных. При использовании архитектур на основе одномерных сверток на результатах преобразования Гильберта-Хуанга и Холо-Гильберта может быть обеспечено статистически значимое снижение ошибки верификации. Предложенный метод может быть реализован для построения моделей машинного обучения в задачах верификации субъекта на основе данных ряда методов нейровизуализации.

Список использованных источников:

1. Yen C., Lin C. L., Chiang M. C. Exploring the frontiers of neuroimaging: a review of recent advances in understanding brain functioning and disorders //Life. – 2023. – Т. 13. – №. 7. – С. 1472.
2. Paulmurugan K., Vijayaragavan V., Ghosh S. et al. Brain-computer interfacing using functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) //Biosensors. – 2021. – Т. 11. – №. 10. – С. 389.
3. Ying W., Zheng J., Pan H. et al. Use of Holo-Hilbert spectral analysis to reveal the amplitude modulation features of faulty rolling bearing signals //Journal of Vibration and Control. – 2023. – Т. 29. – №. 21-22. – С. 5067-5077.

Хлынов Р.Д. (автор)

Рыжова В.А. (научный руководитель)