**Resumen**

Este estudio tiene como objetivo implementar, detallar y optimizar un método de filtrado basado en descomposición espectral para la reducción de ruido y análisis de señales de EEG en rendimiento cognitivo. Las técnicas de filtrado populares, como ICA, PCA y transformadas wavelet, a menudo enfrentan limitaciones en extracción precisa de características, escalabilidad para grandes conjuntos de datos y altas demandas computacionales, especialmente en aplicaciones modernas. Nuestro enfoque consta de dos etapas: selección óptima de rango basada en valores propios de matrices de Hankel y reconstrucción de la señal mediante descomposición en valores singulares (SVD) utilizando el rango obtenido en la etapa anterior. Para abordar la alta complejidad del cálculo de autovalores y series simuladas, aplicamos paralelización y aceleración en GPU con CuPy, reduciendo un 99% los tiempos de simulación y mejorando un 38-47% la eficiencia en el cálculo de valores propios. En señales sintéticas, logramos un RMSE de 2.04% y una relación señal-ruido de 19.08 dB en el mejor escenario. Con datos reales, aplicamos ensemble learning, alcanzando hasta 90% de precisión en clasificación. Los resultados confirman que el método permite una reconstrucción efectiva y reducción de ruido. Sin embargo, se requiere investigación continua para optimizar su rendimiento. El trabajo futuro se centrará en aprovechar mejor el procesamiento en paralelo para mejorar la efectividad del método propuesto en múltiples canales de EEG y permitir su integración en aplicaciones en tiempo real para experimentos de rendimiento cognitivo.

**Palabras Clave:**

Filtrado de electroencefalografía, descomposición espectral, computación de alto rendimiento, eliminación de ruido, análisis del rendimiento cognitivo.

**Abstract**

This study aims to implement, detail, and optimize a filtering method based on spectral decomposition to noise removal and analysis of EEG signals focused on cognitive performance. Popular filtering techniques, such as ICA, PCA, and wavelet transforms, often face limitations in precise feature extraction, scalability for large datasets, and high computational demands, especially in modern applications. Our approach incorporates a two-stage process: first, an optimal rank is selected based on the statistical properties of eigenvalues derived from Hankel matrices; second, the denoised signal is reconstructed using SVD, and the rank obtained from the first stage. To address the high complexity of computing spectral decomposition and simulated series, we tested strategies such as parallelization and GPU acceleration with CuPy, which resulted in processing improvements—reducing simulation times by over 99% and enhancing eigenvalue computation efficiency by 38–47%. We evaluated the methodology using both synthetic and real data. With synthetic signals, we obtained an RMSE of 2.04% and an SNR of 19.08 dB. In real data, we employed a machine learning framework based on ensemble learning, confirming improved cognitive performance classification with top results of 90% accuracy. Finally, the results show that this method provides good reconstruction and noise reduction, along with suitable metrics for its application, but continued research is needed to improve its performance. Future work will focus on better leveraging parallel processing to improve the effectiveness of the proposed method across multiple EEG channels and enable its integration into real-time applications for cognitive performance experiments.

**Keywords**:

EEG filtering, spectral decomposition, high-performance computing, noise removal, cognitive performance analysis.