

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan komputasi dalam klasifikasi gerakan mata manusia yang mencakup fixation, saccade, dan smooth pursuit guna meningkatkan keandalan teknologi antarmuka tanpa sentuh (*Zero UI*), khususnya di lingkungan medis untuk meminimalkan risiko infeksi nosokomial. Mengingat tingginya variabilitas sinyal dan adanya noise, penelitian ini mengimplementasikan arsitektur *deep learning Attention Long Short-Term Memory Fully Convolutional Network* (ALSTM-FCN), yang unggul dalam menangkap dependensi temporal pada data deret waktu. Untuk memaksimalkan potensinya, dilakukan proses *Hyperparameter Optimization* (HPO) menggunakan metode *Hyperband* yang dikenal efisien dalam alokasi sumber daya komputasi. Hasil evaluasi komprehensif dengan metode *Leave-One-Video-Out* (LOVO) secara konklusif menunjukkan bahwa model ALSTM-FCN yang dioptimalkan berhasil meningkatkan performa secara signifikan dibandingkan arsitektur lain seperti BiLSTM dan TCN. Peningkatan paling substansial tercatat pada klasifikasi smooth pursuit yang naik hingga 44,39%, membuktikan bahwa pendekatan yang diusulkan mampu menghasilkan sistem klasifikasi yang lebih andal dan akurat untuk aplikasi Zero UI yang responsif. Model ALSTM-FCN memperoleh *F1-Score* tertinggi pada seluruh kelas, yaitu *fixation* (0,9451), *saccade* (0,8981), *smooth pursuit* (0,7914), dan *noise* (0,7746). Analisis statistik menggunakan uji *Friedman* menghasilkan $p = 0,0001$, yang menunjukkan adanya perbedaan kinerja yang signifikan antar model. Uji *post-hoc Wilcoxon Signed Rank* menegaskan bahwa peningkatan performa ALSTM-FCN signifikan dibandingkan LSTM ($p = 0,0003$) dan TCN ($p = 0,0026$). Dengan demikian, pendekatan yang diusulkan terbukti secara statistik mampu menghasilkan sistem klasifikasi yang lebih andal dan akurat untuk aplikasi Zero UI yang responsif.

Kata kunci : *Eye movement classification, Eye tracking, ALSTM-FCN, Hyperparameter Optimization, Hyperband*

ABSTRACT

This research aims to address the computational challenges in classifying human eye movements including fixation, saccade, and smooth pursuit to enhance the reliability of touchless interface (Zero UI) technology, particularly in medical environments to minimize the risk of nosocomial infections. Given the high signal variability and the presence of noise, this study implements an Attention Long Short-Term Memory Fully Convolutional Network (ALSTM-FCN) architecture, which excels at capturing temporal dependencies in time-series data. To maximize its potential, a Hyperparameter Optimization (HPO) process was conducted using the Hyperband method, known for its efficiency in computational resource allocation. Comprehensive evaluation using the Leave-One-Video-Out (LOVO) method conclusively demonstrates that the optimized ALSTM-FCN model significantly improves performance compared to other architectures like BiLSTM and TCN. The ALSTM-FCN model achieved the highest F1-Score across all classes, namely fixation (0.9451), saccade (0.8981), smooth pursuit (0.7914), and noise (0.7746). Statistical analysis using the Friedman test yielded $p = 0.0001$, indicating a significant difference in performance among the models. The post-hoc Wilcoxon Signed Rank test further confirmed that the performance improvement of ALSTM-FCN was significant compared to LSTM ($p = 0.0003$) and TCN ($p = 0.0026$). Thus, the proposed approach is statistically proven to produce a more reliable and accurate classification system for responsive Zero UI applications.

Keywords : Eye movement classification, Eye tracking, ALSTM-FCN, Hyperparameter Optimization, Hyperband