

## ABSTRACT

Eye tracking with eye movement control will be more effective when the technology is applied to many people. Besides its robustness and fast response, eye tracking is more suitable to be used by people with special needs, more specifically people with disabilities. In a laboratory scale, eye tracking researches have been frequently conducted. Nowadays, it is common to see eye tracking that is applied outdoor as a human-computer interactive application, a supporting tool for public display. Interactive application based on eye tracking requires calibration procedure to compute spatial mapping between human gaze and screen. The calibration process is commonly performed by showing by showing dots stimulus on screen. Calibration with dots stimulus is simpler but it takes longer completion time. The dots stimulus yield low usability scores because the users suffer from fatigue after calibration. Therefore, calibration with single dynamic stimuli is considered faster with regards to its completion time and more comfortable for the users.

In this master thesis, our research proposes an improvement towards previous calibration procedure based smooth pursuit eye movements and dynamic stimuli developed in 2017, later named as SP-17. The new approach is also based on smooth pursuit eye movements with additional eye movements classification technique and signal denoising namely SP-20. The user sees and follows a circular dynamic stimuli on the screen. The proposed method uses Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient to measure similarity between trajectory of dynamic stimuli and trajectory of eye movement. The Naive Segmented Linear Regression-Hidden Markov Model (NSLR-HMM) method aims to separate the smooth pursuit eye movement from other eye movements, such as fixation, saccade, and post-saccadic oscillation. Meanwhile, the linear regression is used to map gaze coordinates and stimuli coordinates. This research uses an objective function to compare two metrics of SP-17 and SP-20, namely accuracy and usability.

Our experimental results show that SP-20 produced higher accuracy at the edge area ( $1.2^\circ$ ); the center area ( $1.05^\circ$ ); the whole area ( $1.12^\circ$ ) compared with the SP-17 algorithm. The SP-17 algorithm merely yielded accuracy  $2.26^\circ$ ,  $1.67^\circ$ , and  $1.95^\circ$  at the edge area, the center area, and the whole area, respectively. The best accuracy is reached when the value approaches zero. Meanwhile, SP-20 has a better usability with a score of 70.16 (51.37%) compared SP-17 with a score of 66.41 (48.63%). Theoretically, the usability of SP-20 is acceptable. Based on these experimental results, our proposed method is appropriate to be used as an alternative calibration procedure instead of traditional dots calibration. Our proposed approach may be used in public display to provide reliable and faster interaction.

**Keywords** – Eye-Tracking, Calibration, NSLR-HMM, Smooth Pursuit, Usability

## INTISARI

*Eye tracking* dengan kontrol gerakan mata lebih efektif saat teknologi tersebut diterapkan pada banyak orang. Selain keandalan dan responnya yang cepat, *eye tracking* juga lebih cocok untuk digunakan oleh orang-orang dengan kebutuhan khusus, lebih khusus lagi para penyandang cacat. Dalam skala laboratorium, penelitian *eye tracking* telah sering dilakukan. Saat ini, sudah umum untuk melihat *eye tracking* yang diterapkan di luar ruangan sebagai aplikasi interaktif manusia dan komputer, seperti alat pendukung untuk layar informasi publik. Aplikasi interaktif berbasis *eye tracking* memerlukan prosedur kalibrasi untuk menghitung pemetaan spasial antara pandangan mata dan layar. Proses ini umumnya dilakukan dengan menunjukkan stimulus titik pada layar. Stimulus titik lebih sederhana, tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama juga. Stimulus titik menghasilkan skor kebergunaan yang rendah karena pengguna mengalami kelelahan setelah proses kalibrasi. Hal itu menyebabkan pengguna menjadi lelah karena menatap layar terlalu lama. Karena itu, proses kalibrasi dengan stimulus dinamis akan lebih cepat dan nyaman.

Dalam penelitian tesis magister ini, penelitian ini mengusulkan perbaikan terhadap prosedur kalibrasi sebelumnya berdasarkan gerakan mata *smooth pursuit* dan stimulus dinamis yang dikembangkan pada tahun 2017, yang kemudian dinamakan sebagai SP-17. Pendekatan baru juga didasarkan pada *smooth pursuit* dengan menambahkan teknik klasifikasi gerakan mata dan *denoising* isyarat, yaitu SP-20. Pengguna melihat dan mengikuti stimulus dinamis melingkar di layar. Metode yang diusulkan menggunakan *Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient* untuk mengukur kesamaan lintasan antara stimulus dinamis dan gerakan mata. Metode *Naive Segmented Linear Regression-Hidden Markov Model* (NSLR-HMM) untuk memisahkan *smooth pursuit* dari gerakan mata lainnya, seperti *fixation*, *saccade*, dan *post-saccadic oscillation*. Sementara itu, regresi linier digunakan untuk memetakan koordinat antara pandangan dan stimulus. Penelitian ini menggunakan fungsi objektif untuk membandingkan dua metrik dari SP-17 dan SP-20, yaitu akurasi dan kebergunaan (*usability*).

Hasil eksperimen kami menunjukkan bahwa SP-20 menghasilkan akurasi yang lebih tinggi pada area tepi ( $1,2^\circ$ ); area tengah ( $1,05^\circ$ ); seluruh area ( $1,12^\circ$ ) dibanding algoritme SP-17. Algoritme SP-17 hanya menghasilkan akurasi  $2,26^\circ$ ,  $1,67^\circ$ , dan  $1,95^\circ$  masing-masing pada area tepi, area tengah, dan seluruh area. Akurasi terbaik tercapai ketika nilainya mendekati nol. Sementara itu, SP-20 memiliki kebergunaan (*usability*) yang lebih tinggi dengan skor 70,16 (51,37%) dibandingkan SP-17 dengan skor 66,41 (48,63%). Secara teoretis, kebergunaan (*usability*) SP-20 dapat diterima. Berdasarkan hasil eksperimen ini, metode yang kami usulkan tepat untuk digunakan sebagai prosedur kalibrasi alternatif sebagai pengganti kalibrasi titik tradisional. Pendekatan yang kami usulkan dapat digunakan di tampilan publik untuk menyediakan interaksi yang andal dan lebih cepat.

**Kata kunci** – *Eye Tracking*, Kalibrasi, NSLR-HMM, *Smooth Pursuit*, *Usability*