

ANÁLISIS VISUAL DE MOVIMIENTOS MICROSACÁDICOS

Leandro Luque^{1,2}, M. Luján Ganuza^{1,2,3}, Silvia M. Castro^{1,2,3} y Osvaldo E. Agamennoni³
{leandro.luque, mlg, smc}@cs.uns.edu.ar, oagamen@uns.edu.ar

¹Laboratorio de I+D en Visualización y Computación Gráfica (VyGLab)
(UNS-CIC Prov. de Buenos Aires)

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur
(DCIC-UNS)

²Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (UNS-CONICET)

³Laboratorio de Desarrollo en Neurociencias Cognitivas (LDNC)

Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Universidad Nacional del Sur
(DIEC-UNS)

RESUMEN

El gran volumen de datos que se generan durante los experimentos de eye tracking hace necesario el uso de técnicas que permitan explorar estos conjuntos de manera efectiva y poder así encontrar patrones en los datos.

Los modelos tradicionales empleados en el análisis de los datos oculares resultan muy complejos para un primer análisis de éstos. En particular, muchas veces estos modelos resultan complejos de comprender debido a su naturaleza cuantitativa y no facilitan el entendimiento específico de un comportamiento. En el marco del análisis conductual de cómo un sujeto procesa la información que adquiere visualmente, un tipo de movimiento ocular denominado microsacada ha emergido como potencial candidato para marcador cognitivo que sea invariante a factores externos.

El objetivo de esta Línea de Investigación es el diseño e implementación de técnicas visuales que permitan analizar y evaluar el efecto de los movimientos microsacádicos durante la realización de diferentes tareas cognitivas. Mediante el uso de las mismas será posible determinar la naturaleza de este fenómeno bajo distintas condiciones.

Palabras claves: *Análisis Visual de Datos, Eye Tracking, Visualización de Datos Multidimensionales, Visualización de Datos Espacio-Temporales, Movimientos Microsacádicos*

CONTEXTO

El presente trabajo se realiza en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica (VyGLab, UNS-CIC Prov. de Buenos Aires) del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación (DCIC), de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y en colaboración con el Laboratorio de Desarrollo en Neurociencias Cognitivas (LDNC, UNS-CIC). Los trabajos realizados en esta línea implican la participación de docentes investigadores y becarios doctorales y posdoctorales.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de datos recolectados mediante un eye tracker (ET) ha cobrado relevancia en los últimos años por su utilidad en diversos campos de aplicación, como el *gaming*, las neurociencias, las interfaces centradas en el usuario, entre otros. En particular, para el caso del campo de las neurociencias, los

movimientos oculares han cobrado especial relevancia por su simplicidad y utilidad para medir el desempeño cognitivo de las personas al momento de realizar tareas de alto orden cognitivo como complemento a las técnicas empleadas tradicionalmente. Para ello, los expertos necesitan analizar estos registros oculares en contexto con el resto de las variables involucradas tanto para obtener una idea general del comportamiento particular de un grupo bajo estudio, como para llevar a cabo el análisis de casos específicos.

Considerando lo expuesto, es clara la necesidad de investigación y desarrollo de nuevas técnicas que permitan tratar con las limitaciones que exponen los modelos de trabajo tradicionales para tratar con este gran volumen de datos. Es así que el empleo de técnicas de visualización adecuadas resulta de especial interés para obtener una primera visión acerca del problema estudiado, que luego servirá como base para la generación de hipótesis de trabajo y su posterior corroboración. Es importante que este nuevo conjunto de técnicas contemplen la naturaleza espacio-temporal de los datos, así como la limitaciones y utilidad de las técnicas preexistentes, además de las limitaciones de los métodos preexistentes definidos para tareas y/o estímulos similares.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Las técnicas actuales de visualización de datos provenientes de un ET [1, 15, 11, 2] permiten obtener información relevante acerca de cómo se procesa la información por uno o varios participantes [3, 12]. Sin embargo, sólo se refleja un conjunto limitado de características a visualizar, con lo cual muchas veces no se tienen en cuenta todas las variables que intervienen en el proceso de adquisición visual de la información,

conduciendo a una mala interpretación de los resultados que se obtengan.

Es bien conocido que los marcadores que permiten determinar qué tan eficientemente una persona procesa la información adquirida son el tamaño de la pupila, el tiempo y la cantidad de fijaciones y el número de regresiones, entre otras [9, 6, 7]. Sin embargo, durante los últimos años ha surgido una nueva rama de desarrollo que involucra el uso de un tipo particular de movimiento ocular denominado microsacada como medida de desempeño. En el contexto del eye tracking se pueden distinguir 2 grupos bien definidos de movimientos: las fijaciones y las sacadas [8]. Las fijaciones se refieren a la región del estímulo a la cual está mirando el sujeto y tienen una duración típica del orden de los 100ms a los 700ms. Las sacadas, por otro lado, son los movimientos de transición entre dos fijaciones seguidas y tienen una duración aproximada de 50ms a 150ms. El foco principal de los estudios actuales está en el estudio de las fijaciones, dado que en éstas es donde el cerebro recopila la información visual y la integra con la memoria de trabajo. El valor de este movimiento se da en comprender qué rol juegan una serie de movimientos intra-fijación denominados tremor, *drift* (deriva) y microsacada. Los dos primeros se refieren a movimientos que en su mayoría se dan como consecuencia del cambio entre dos fijaciones, ya que implican la estabilización del ojo luego de una sacada, debido al cambio de velocidad. Por otro lado, las microsacadas son movimientos similares a las sacadas que se dan de manera imperceptible durante una fijación, pero con propiedades totalmente diferentes a su contraparte (por ejemplo, la velocidad y la amplitud). Dada la naturaleza de las microsacadas es posible determinar cómo trabaja el proceso de comprensión en un sujeto y qué regiones del estímulo necesitan

mayor (re) atención para completar una determinada tarea [4]. Las funciones principales de estos movimientos [14] están vinculadas con la exploración de detalles espaciales finos (imágenes, escenas naturales [5] y/o video), las implicaciones en la visión foveal (región de la retina donde la agudeza visual es mayor) y la estrategia ocular empleada (como la aparición de las microsacadas está vinculada al tipo de tarea que se realiza).

Actualmente, los movimientos oculares son analizados mediante el uso de modelos oculares estadísticos [13] que intentan integrar la mayor cantidad de variables posibles para explicar el fenómeno bajo estudio. Sin embargo, la gran cantidad de interrelaciones que puede haber entre las variables y su grado de variabilidad como resultado del estímulo que se esté analizado, resulta en modelos complejos que no son fácilmente entendibles y que no resultan eficientes en término de costo/tiempo para obtener patrones emergentes. Es por ello, que el uso de las técnicas de visualización resulta de especial interés por su utilidad para comprender información multivariada, así como de carácter espacio-temporal.

En la línea de investigación propuesta se investigará el uso de los movimientos microsacádicos (y nuevas propiedades que se puedan inferir) como marcadores del desempeño cognitivo de las personas durante la realización de diversas tareas de distinta complejidad. Por otro lado, se buscará diseñar e implementar las correspondientes técnicas de visualización que permitan mostrar estos movimientos, de manera tal de comprender cómo la información se interrelaciona y cuál es su impacto en el desempeño de una determinada tarea.

3. RESULTADOS OBTENIDOS Y ESPERADOS

El desarrollo de esta línea se orienta al diseño e implementación de herramientas y técnicas de visualización que permitan analizar los microsacádicos y su impacto en el desempeño cognitivo de los sujetos en tipos particulares de estímulos (lectura, *free-viewing*, *point-based*). Para ello se emplearán las técnicas *ad-hoc* desarrolladas por los autores para aprovechar las características inherentes de los estímulos empleados en conjunción con los movimientos oculares registrados. De esta manera se espera que se puedan encontrar *insights* que permitan determinar qué tan útil es este tipo de movimiento como marcador cognitivo en comparación con los tradicionales (dilatación de la pupila, tiempo de fijación, cantidad de regresiones, etc.) presentados en la literatura.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

En cuanto a la formación de recursos humanos se detallan las tesis en desarrollo relacionadas con las líneas de investigación presentadas, así como también los proyectos de investigación y los becarios vinculados.

Tesis Finalizada (febrero 2021): “Desarrollo de modelos del comportamiento ocular”, Juan Andrés Biondi. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Directores: Dra. Silvia Castro, Dr. Osvaldo Agamennoni.

Becario: Leandro Luque. Plan de trabajo: “Análisis Visual de Datos provenientes de Registradores de Movimientos Oculares”. Beca doctoral CONICET 2018, adjudicada a partir de abril de 2019.

Becaria: M. Luján Ganuza. Denominación del plan de trabajo: “Análisis Visual de Datos Multidimensionales en Espacios Ad-Hoc” Beca posdoctoral CONICET 2018, adjudicada a partir de abril de 2019.

Proyecto: PGI 24/N048, “Análisis Visual de Datos” (PGISeCyT-UNS, 2019-2022).
Directora: Dra. Silvia Castro.

Proyecto: PICT-2016-1009, “Modelado de la dinámica ocular para la evaluación del desempeño cognitivo” (ANPCyT, 2017-2019). Categoría: Plan Argentina Innovadora 2020. Director: Dr. Osvaldo Agamennoni.

Proyecto: PGI 24/K085, “Dinámica de los Sistemas Cognitivos” (PGISeCyT-UNS, 2019-2022). Director: Dr. Osvaldo Agamennoni, Co-Directora: Dra. Silvia Castro.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Blascheck, T., Kurzhals, K., Raschke, M., Burch, M., Weiskopf, D., & Ertl, T. (2014, June). State-of-the-Art of Visualization for Eye Tracking Data. In EuroVis (STARS).
- [2] Blascheck, T., Raschke, M., & Ertl, T. (2013, August). Circular heat map transition diagram. In Proceedings of the 2013 Conference on Eye Tracking South Africa (pp. 58-61).
- [3] Blascheck, T., Schweizer, M., Beck, F., & Ertl, T. (2017, June). Visual comparison of eye movement patterns. In Computer Graphics Forum (Vol. 36, No. 3, pp. 87-97).
- [4] Bowers, N., Rucci, M., & Poletti, M. (2016). Microsaccades during reading. *Journal of Vision*, 16(12), 858-858
- [5] Dorr, M., Martinetz, T., Gegenfurtner, K. R., & Barth, E. (2010). Variability of eye movements when viewing dynamic natural scenes. *Journal of Vision*, 10(10), 28-28.
- [6] Fernández, G., Buedo, P., Orozco, D., & Agamennoni, O. (2017). Eye Movement Behavior Analyses for Studying Cognitive Performance and Conversion to Pathologies. In *Psychiatry and Neuroscience Update-Vol. II* (pp. 281-292). Springer, Cham.
- [7] Fernández, G., Castro, L. R., Schumacher, M., & Agamennoni, O. E. (2015). Diagnosis of mild Alzheimer disease through the analysis of eye movements during reading. *Journal of Integrative Neuroscience*, 14(01), 121-133
- [8] Holmqvist, K., & Andersson, R. (2017). Eye tracking: A comprehensive guide to methods. Paradigms and Measures.
- [9] Hyönä, J., Lorch Jr, R. F., & Rinck, M. (2003). Eye movement measures to study global text processing. In *The Mind's Eye* (pp. 313-334). North-Holland.
- [10] Kurzhals, K., Heimerl, F., & Weiskopf, D. (2014, March). ISeeCube: Visual analysis of gaze data for video. In *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications* (pp. 43-50).
- [11] Kurzhals, K., Hlawatsch, M., Heimerl, F., Burch, M., Ertl, T., & Weiskopf, D. (2015). Gaze stripes: Image-based visualization of eye tracking data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(1), 1005-1014.
- [12] Noton, D., & Stark, L. (1971). Scanpaths in saccadic eye movements while viewing and recognizing patterns. *Vision Research*, 11(9), 929-938.
- [13] Pollatsek, A., Reichle, E. D., & Rayner, K. (2006). Tests of the EZ Reader model: Exploring the interface between cognition and

eye-movement control. *Cognitive Psychology*, 52(1), 1-56.

[14] Rucci, M., & Poletti, M. (2015). Control and functions of fixational eye movements. *Annual Review of Vision Science*, 1, 499-518.

[15] Yang, C. K., & Wacharamanotham, C. (2018, April). Alpscarf: Augmenting scarf plots for exploring temporal gaze patterns. In *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-6).