

## ANÁLISIS VISUAL DE DATOS ESPACIO-TEMPORALES

M. Luján Ganuza<sup>1,2</sup>, Leandro Luque<sup>1</sup>, Osvaldo E. Agamennoni<sup>2</sup> y Silvia M. Castro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio 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)

Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (UNS-CONICET)  
mlg@cs.uns.edu.ar, leandroluque.tw@gmail.com, smc@cs.uns.edu.ar

<sup>2</sup> Laboratorio de Desarrollo en Neurociencias Cognitivas (LDNC)

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

oagamen@uns.edu.ar

### RESUMEN

La disciplina de la visualización abarca el desarrollo de métodos y herramientas visuales a los efectos de facilitar el manejo de grandes volúmenes de datos de manera rápida y eficiente.

Debido al amplio campo de aplicación de los datos espacio-temporales y a las variadas hipótesis y necesidades de investigación que se pueden plantear, se desarrollaron diferentes alternativas de análisis de este tipo de datos tales como algoritmos estadísticos, algoritmos de edición de cadenas, técnicas relacionadas con visualización, etc. En tanto los métodos estadísticos proveen resultados cuantitativos, las técnicas de visualización permiten que los investigadores analicen exploren diferentes niveles y aspectos de sus datos. El objetivo de esta Línea de Investigación es el diseño y desarrollo de técnicas de Visualización que permitan analizar tanto los aspectos espacio-temporales de los datos provenientes de eye-trackers como las complejas relaciones que puedan existir entre éstos, durante el proceso de lectura.

*Palabras Clave: Datos Espacio-Temporales, Análisis Visual de Datos, Eye Trackers*

### CONTEXTO

Este trabajo se lleva a cabo 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 estrecha colaboración con el Laboratorio de Desarrollo en Neurociencias Cognitivas (LDNC, UNS-CIC). Los trabajos realizados bajo esta línea involucran a docentes investigadores, becarios doctorales y alumnos de grado.

### 1. INTRODUCCIÓN

La visualización es una herramienta muy valiosa que nos permite detectar, inferir y sacar conclusiones sobre las posibles relaciones existentes entre los datos [1].

Los datos espacio-temporales son aquellos datos en los que los cambios a lo largo del tiempo o los aspectos temporales juegan un rol central o son de interés y además tienen

asociada información relacionada con su ubicación en cierto dominio espacial. En lo que respecta a los atributos espaciales, la estrategia básica para su visualización es potencialmente directa ya que éstos se mapean directamente en ese dominio espacial ya definido y se presentan en pantalla. En relación a sus atributos temporales, la visualización no es directa. Para crear representaciones visuales eficientes y que permitan el razonamiento sobre el tiempo, es preciso que los métodos de visualización también tengan en cuenta las características particulares de tiempo, esto es, su estructura jerárquica y potencialmente periódica. En este contexto, para datos que además de ser temporales, son espaciales, se reafirman los desafíos presentados para datos únicamente temporales, ya que en estos últimos, el mapeo espacial está implícitamente especificado.

## **2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

En esta línea de investigación en particular, nos enfocaremos en un tipo específico de datos espacio-temporales, los datos provenientes de un registrador de movimientos oculares eye-tracker (ET). El ET registra y graba, durante un determinado tiempo y a una dada frecuencia tanto la posición ocular como otras variables adicionales (velocidad, aceleración y diámetro de la pupila, entre otras). El seguimiento de los movimientos oculares (eye-tracking) permite analizar la información adquirida por una persona durante la realización de diversas actividades tales como la lectura, la observación de una imagen, la conducción de un vehículo, etc.

Debido a los diversos campos de aplicación en los que se utiliza el seguimiento ocular, han sido desarrollados diferentes enfoques para analizar los datos provenientes de éste [2, 3].

En tanto los métodos estadísticos para el análisis de este tipo de datos proveen resultados cuantitativos [4, 5], las técnicas de visualización permiten que los investigadores analicen y exploren diferentes niveles y aspectos de los datos generados en sus experimentos llevados a cabo con el ET. Las técnicas de Visualización ayudan a analizar tanto los aspectos espacio-temporales de los datos como las relaciones complejas que puedan existir entre los diversos datos y tipos de datos obtenidos [6, 7, 8, 9]. Debido a la creciente complejidad de las tareas y estímulos posibles en los experimentos de eye-tracking, consideramos que la visualización jugará un rol cada vez más relevante en el análisis de este tipo de experimentos.

La lectura constituye una actividad muy propicia para estudiar las relaciones existentes entre los movimientos oculares y los procesos cognitivos vinculados con la memoria. A los efectos de introducir información al cerebro a través del sistema visual, los ojos se mueven rápidamente, llevando la información a una pequeña depresión de la retina (fóvea) donde la agudeza visual es mayor. En personas sanas, la duración de estos movimientos sacádicos varía entre 50 y 150 milisegundos. Entre un sacádico y otro se produce la fijación ocular. Las fijaciones duran entre 100 y 700 milisegundos, y es durante las mismas que la información visual ingresa al cerebro. El tiempo utilizado para procesar la información adquirida en cada fijación será mayor o menor, dependiendo de cuán relevante sea la información adquirida en relación a la tarea que se está efectuando.

El análisis de los registros de los movimientos oculares durante el proceso de lectura permiten evaluar, entre otras cosas, la capacidad cognitiva y/o el deterioro cognitivo temprano de manera objetiva, no invasiva y a un bajo costo [10, 11, 12].

Considerando lo expuesto y a los efectos de analizar el comportamiento ocular de una persona ante distintas situaciones (lectura de distintos tipos de texto, observación de una secuencia de imágenes, conducción de un vehículo, etc.), se han desarrollado distintos tests estadísticos sobre los datos obtenidos por investigadores. En este punto, y dada la gran interrelación de las variables analizadas se considera que sería de gran utilidad evaluar la existencia de patrones y entender las posibles relaciones existentes en la gran cantidad de información obtenida a partir de los movimientos oculares y las escenas sobre las cuales se generaron. Para lograr este objetivo se estudiarán, evaluarán y desarrollarán distintas alternativas de visualización de la información obtenida, tanto para información con características espacio-temporales obtenida directamente de los experimentos como para la información obtenida a partir de los procesos de clasificación y estadísticos de la información. Por otro lado es necesario diseñar y desarrollar métodos y herramientas de visualización que permitan analizar la extensa y compleja información obtenida.

### **3. RESULTADOS OBTENIDOS Y ESPERADOS**

En este contexto, se espera que esta línea de investigación contribuya al desarrollo de tecnologías y soluciones en torno al análisis visual de datos espacio-temporales. Particularmente, nos centraremos en la visualización de datos provenientes de ETs, de características espacio-temporales, con el objetivo de evaluar el comportamiento de diversas personas durante el proceso de lectura. Este objetivo se alcanzará mediante el diseño y desarrollo de técnicas y herramientas para la visualización de datos provenientes de ETs durante el proceso de lectura de oraciones y otro tipo de textos.

### **4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

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

**Tesis en Desarrollo:** “Desarrollo de modelos del comportamiento ocular”, alumno: Juan Andrés Biondi. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Directora: Dra. Silvia Castro, Dr. Osvaldo Agamennoni.

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

**Ingreso a Carrera de Investigadora Científica:** M. Luján Ganuza. Denominación del plan de trabajo: “Análisis Visual de Datos Espacio-Temporales”. Incorporación a la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC) en la convocatoria 2018. Cargo en proceso de efectivización.

**Proyecto:** PGI 24//N037 “Análisis Visual de Grandes Conjuntos de Datos”. Directora: Silvia M. Castro.

**Proyecto:** PICT 2016-1009. “Modelado de la Dinámica Ocular para la Evaluación del Desempeño Cognitivo” (ANPCyT, 2016-2019) de la categoría Plan Argentina Innovadora 2020, dirigido por el Dr. Osvaldo Agamennoni.

### **5. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Cleveland, W. S. (1993). *Visualizing data*. Hobart Press.
- [2] Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. OUP Oxford.
- [3] Andrienko, G., Andrienko, N., Burch, M., & Weiskopf, D. (2012). Visual analytics methodology for eye movement studies. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12), 2889-2898.
- [4] 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.
- [5] Anderson, N. C., Bischof, W. F., Laidlaw, K. E., Risko, E. F., & Kingstone, A. (2013). Recurrence quantification analysis of eye movements. *Behavior research methods*, 45(3), 842-856.
- [6] Kurzhals, K., Hlawatsch, M., Heimerl, F., Burch, M., Ertl, T., & Weiskopf, D. (2016). Gaze stripes: Image-based visualization of eye tracking data. *IEEE TVCG*, 22(1), 1005-1014.
- [7] 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). ACM.
- [8] Pfeiffer, T. (2012, March). Measuring and visualizing attention in space with 3D attention volumes. In *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications* (pp. 29-36). ACM.
- [9] Goggins, S. P., Schmidt, M., Guajardo, J., & Moore, J. (2010, January). Assessing multiple perspectives in three dimensional virtual worlds: eye tracking and all views qualitative analysis (AVQA). In *System Sciences (HICSS), 2010 43rd Hawaii International Conference on* (pp. 1-10). IEEE.
- [10] Fernández, G., Laubrock, J., Mandolesi, P., Colombo, O., & Agamennoni, O. (2014). Registering eye movements during reading in Alzheimer's disease: difficulties in predicting upcoming words. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 36(3), 302-316.
- [11] Fernández, G., Manes, F., Rotstein, N. P., Colombo, O., Mandolesi, P., Politi, L. E., & Agamennoni, O. (2014). Lack of contextual-word predictability during reading in patients with mild Alzheimer disease. *Neuropsychologia*, 62, 143-151.
- [12] Fernández, G., Shalom, D. E., Kliegl, R., & Sigman, M. (2014). Eye movements during reading proverbs and regular sentences: The incoming word predictability effect. *Language, Cognition and Neuroscience*, 29(3), 260-273.
- [13] Albert, M. S., DeKosky, S. T., Dickson, D., Dubois, B., Feldman, H. H., Fox, N. C., ... & Snyder, P. J. (2013). The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *FOCUS*, 11(1), 96-106.