

Análítica Inmersiva Colaborativa con Interacción Natural para Análisis de Datos Complejos

1st Nelzon Jorge Apaza Apaza
Ciencia de la Computación
Universidad Nacional de San Agustín
Arequipa, Perú
napazaa@unsa.edu.pe

2nd Given Name Surname
dept. name of organization (of Aff.)
name of organization (of Aff.)
City, Country
email address or ORCID

Abstract—This document is a model and instructions for L^AT_EX. This and the IEEEtran.cls file define the components of your paper [title, text, heads, etc.]. *CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, Footnotes, or Math in Paper Title or Abstract.

Index Terms—component, formatting, style, styling, insert.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, el análisis de datos y el conocimiento derivado de ellos han permitido tomar mejores decisiones, resolver problemas complejos y lograr resultados significativos en áreas como la sostenibilidad global, sistemas de energía, ciencias de la salud y finanzas, entre otras [1].

Este avance ha sido posible, en gran medida, gracias a la analítica visual, que permite un razonamiento analítico respaldado por interfaces visuales interactivas, las cuales facilitan la realización de tareas de análisis como la exploración, comparación, filtrado o identificación de patrones [2]. Durante décadas, ésta se utilizó principalmente en computadoras de escritorio (PC), pero el crecimiento exponencial en la cantidad de los datos y su complejidad, dicho entorno de análisis resulta cada vez más limitado [3].

En respuesta a ello, surge la analítica inmersiva que explora el uso de herramientas de análisis envolventes y corporizadas para facilitar la comprensión de datos y la toma de decisiones [4], [5]. Esto incluye los entornos de realidad virtual (VR), aumentada (AR) y mixta (MR). Se tiene un interés creciente en estos entornos inmersivos por dos razones principales: el amplio espacio de visualización y la interacción corporal/natural [6] que no solo mejoran la experiencia del usuario, sino que permite llevar a cabo de manera más intuitiva diversas tareas de análisis, favoreciendo así una comprensión más profunda de los datos [4], [5], [7]–[10].

Sin embargo, una presentación efectiva en estas tecnologías inmersivas es solo una de las formas de comprender datos complejos. Se sabe que la toma de decisiones colaborativa suele ser más eficaz que trabajar en los problemas de manera individual. Frente a este problema se tiene al Análisis Inmersivo Colaborativo (CIA), definido como el uso compartido de tecnologías de interacción y visualización por más de una persona para apoyar el razonamiento analítico colaborativo y

la toma de decisiones [11]. Permitiendo a los investigadores resolver tareas de análisis inmersivo dentro de conjuntos de datos complejos para aprender y tomar mejores decisiones, haciendo más sencillo el trabajo colaborativo dentro de entornos virtuales compartidos [10], [12].

Sin embargo, la mayoría de trabajos no se enfocan en el proceso de la realización de tareas colaborativas de análisis y exploración de datos en ambientes inmersivos colaborativos. Por ejemplo Tong et al. [13] si bien establece un problema a resolver a sus participantes según el dataset del VAST 2007 [14] que si tiene un enfoque de trabajo en equipo, no da a conocer las tareas colaborativas que tomaron sus participantes para llegar a una respuesta. Además que ellos exploran cómo la configuración asimétrica afecta la experiencia del usuario en entornos distribuidos para la visualización colaborativa. Lee et Al. [15] también hace un análisis con varios usuarios, de manera colaborativa, pero estudia el cómo afectan las superficies y el espacio compartido al comportamiento colaborativo en tareas de visualización de datos dentro de un entorno VR co-localizado [11]. Además la base de datos que menciona, junto a las preguntas que propusieron a sus usuarios no fomentan colaboración real. Además de dichos trabajos, algunos se enfocan en mejorar la interacción del usuario con el entorno [3], [6], [16], [17], en observar el comportamiento de los usuarios [18] y en el rendimiento del entorno y el trabajar con diferentes tecnologías aparte de la realidad virtual [13], [19], [20].

En este artículo, proponemos a TCIA, una herramienta que permite a los usuarios realizar tareas de análisis y exploración de datos en ambientes virtuales inmersivos colaborativos.

A. Definición del Problema

A pesar del creciente interés en la analítica inmersiva colaborativa, aún existe una limitada comprensión sobre cómo se llevan a cabo las tareas colaborativas de análisis y exploración de datos dentro de entornos virtuales inmersivos.

B. Objetivo

Proponer una herramienta que permita a los usuarios realizar tareas de análisis y exploración de datos en ambientes virtuales inmersivos colaborativos.

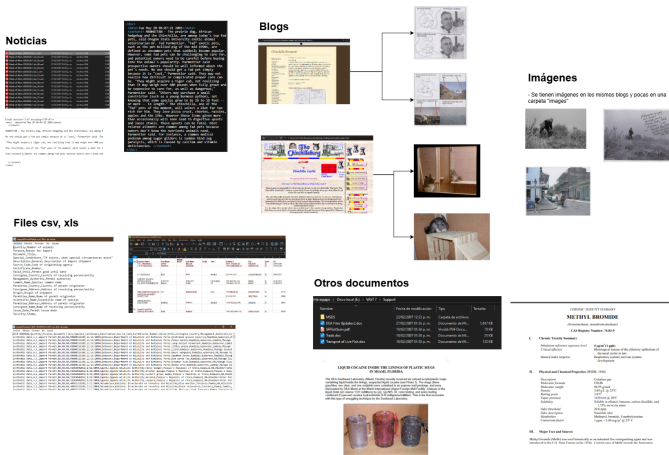


Fig. 1. Contenido del Dataset VAST Challenge 2007

C. Dataset

El contenido del dataset puede ser apreciado en la figura 1. Donde se puede apreciar que se tiene la presencia de 1445 noticias (archivos xml), blogs, imágenes, databases (archivos csv, xls) y documentos PDF y DOC.

Las tareas que define el VAST Challenge 2007 son las siguientes:

- Identificar la situación general: Determinar qué está sucediendo y realizar una evaluación de la situación.
- Responder preguntas clave (el "quién, qué, dónde, cuándo, cómo y por qué"):
 - Quiénes son los actores relevantes.
 - Cuál es el marco de tiempo en que se desarrolló la situación y qué eventos son relevantes.
 - Qué ubicaciones son relevantes.
 - Cuál es la evaluación de la situación (un informe/informe de debriefing).
 - Explicar el proceso utilizado para llegar a la evaluación (herramientas, capturas de pantalla, video).

D. Papers Relacionados

- **Towards an Understanding of Distributed Asymmetric Collaborative Visualization on Problem-solving** [13]
 - Utilizan el conjunto de datos Blue Iguanodon [14], con aproximadamente 1700 documentos, del VAST Challenge 2007.
 - La tarea era encontrar actividades ilegales inesperadas contra la vida silvestre en los documentos proporcionados.
 - Ellos extraen tres subtramas con diferentes actividades ilegales (tráfico de drogas, contrabando de vida silvestre y bioterrorismo).
 - Los participantes tuvieron que señalar los detalles respondiendo a quién, ¿qué, dónde, cuándo, cómo y por qué?

- Crean y manipulan un diagrama de enlace de nodo para facilitar la resolución del problema.

• Talk to the Wall: The Role of Speech Interaction in Collaborative Visual Analytics [12]

- Crean una versión adaptada del conjunto de datos utilizado en el escenario "Stegosaurus" de la sesión interactiva del 2006 VAST challenge.
- Su dataset contenía 61 archivos de texto y cuatro imágenes. Entre artículos de noticias de una ciudad ficticia llamada Springfield y otros documentos, como una lista de enfermedades y una lista de organizaciones terroristas.
- Tarea principal: generar hipótesis sobre lo que sucedió. La tarea alienta a los participantes a colaborar libremente y de cerca en diferentes partes de la tarea (por ejemplo, leer documentos y discutir hipótesis).
- Todo es desarrollado mediante pantallas de pared, que combina la interacción táctil y del habla para así crear esa sensación colaborativa.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Lee et al. [15] propone un sistema prototipo que permite a múltiples usuarios crear y manipular visualizaciones de datos en un entorno virtual compartido, moviéndose libremente en un espacio de realidad virtual físicamente co-localizado. Si bien tuvieron cierto enfoque en la realización de tareas de análisis, en sí el propósito era observar más a cómo se comportaban los usuarios mientras realizaban las tareas de análisis. Además, dicho prototipo soporta un nivel básico de funcionalidad para el análisis de datos.

El trabajo de Tong et al. [13] se enfoca principalmente en comparar la visualización colaborativa en condiciones asimétricas(PC-VR) Y simétricas(PC-PC) con los usuarios. A pesar de que brindaron ciertas tareas de análisis de datos para sus usuarios, usando una base de datos de las muchas que brinda el VAST Challenge 2007 [21], se recomienda definir tareas entre los colaboradores para poder ajustar su carga cognitiva [19]. De igual manera el trabajo de León et al. [12] propone resolver a sus participantes el VAST Challenge 2006, que también está relacionado al del 2007 que requiere de trabajo colaborativo.

Por el lado de la interacción, [3] se enfoca en emplear interacciones naturales, intuitivas y fáciles de usar con la participación del usuario para la creación y análisis de visualizaciones compuestas en IA. Mas su enfoque no es directamente aplicable a las tareas de análisis de datos del usuario y tampoco se aplicó al trabajo colaborativo. Otro trabajo que también tiene un enfoque similar a este es [16], este dedica su enfoque en mejorar las transformaciones entre estados 2D y 3D que facilitaría las tareas de visualización comunes. Pero no lo aplica de manera colaborativa, ni tiene un enfoque directamente a la resolución de tareas de análisis y exploración de datos. [17] también se enfoca en la interacción, mejorando la navegación y comparación de cuadernos computacionales.

Mas no lo aplica de manera colaborativa y tampoco se enfoca en la resolución de tareas de análisis y exploración de datos.

Mientras que los aspectos de implementación y evaluación de la experiencia del usuario se dio por el trabajo de [4]. Pero no lo realiza de manera colaborativa, ni se enfoca en la realización de tareas de análisis y exploración de datos, incluso recomienda, en futuros trabajos, ver la precisión y el tiempo necesario para completar dichas tareas.

III. PROPUESTA

IV. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

VI. CONCLUSIONES

REFERENCES

- [1] M. T. Özsü, "Datascienceasystematictreatment," *Commun. ACM*, vol. 66, no. 7, p. 106–116, Jun. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3582491>
- [2] D. A. Keim, F. Mansmann, A. Stoffel, and H. Ziegler, "Visual analytics," in *Encyclopedia of database systems*. Springer, 2009, pp. 3341–3346.
- [3] Q. Zhu, T. Lu, S. Guo, X. Ma, and Y. Yang, "Compositingvis: Exploring interactions for creating composite visualizations in immersive environments," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 31, no. 1, p. 591–601, Jan. 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2024.3456210>
- [4] N. A. B. Jamaludin, F. B. Mohamed, C. V. Siang, L. J. Heng, and M. S. B. Sunar, "A derived framework for immersive analytics: Use cases in smart city and pokémon interactive data visualization," in *2024 IEEE International Conference on Computing (ICOCO)*, 2024, pp. 434–439.
- [5] T. Dwyer, K. Marriott, T. Isenberg, K. Klein, N. Riche, F. Schreiber, W. Stuerzlinger, and B. H. Thomas, *Immersive Analytics: An Introduction*, K. Marriott, F. Schreiber, T. Dwyer, K. Klein, N. H. Riche, T. Itoh, W. Stuerzlinger, and B. H. Thomas, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_1
- [6] S. In, T. Lin, C. North, H. Pfister, and Y. Yang, "This is the table i want! interactive data transformation on desktop and in virtual reality," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 30, no. 8, pp. 5635–5650, 2024.
- [7] B. Ens, B. Bach, M. Cordeil, U. Engelke, M. Serrano, W. Willett, A. Prouzeau, C. Anthes, W. Büschel, C. Dunne, T. Dwyer, J. Grubert, J. H. Haga, N. Kirshenbaum, D. Kobayashi, T. Lin, M. Olaosebikan, F. Pointecker, D. Saffo, N. Saquib, D. Schmalstieg, D. A. Szafir, M. Whitlock, and Y. Yang, "Grand challenges in immersive analytics," in *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '21. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3411764.3446866>
- [8] D. Saffo, S. Di Bartolomeo, T. Crnovrsanin, L. South, J. Raynor, C. Yildirim, and C. Dunne, "Unraveling the design space of immersive analytics: A systematic review," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 30, no. 1, p. 495–506, Jan. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3327368>
- [9] M. Kraus, K. Klein, J. Fuchs, D. A. Keim, F. Schreiber, and M. Sedlmair, "The value of immersive visualization," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 41, no. 4, pp. 125–132, 2021.
- [10] F. A. Nafis, A. Rose, S. Su, S. Chen, and B. Han, "Are we there yet? unravelling usability challenges and opportunities in collaborative immersive analytics for domain experts," in *HCI International 2024 – Late Breaking Papers: 26th International Conference on Human-Computer Interaction, HCII 2024, Washington, DC, USA, June 29 – July 4, 2024, Proceedings, Part IV*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2024, p. 159–181. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-031-76812-5_12
- [11] M. Billingham, M. Cordeil, A. Bezerianos, and T. Margolis, *CollaborativeImmersiveAnalytics*. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 221–257. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_8
- [12] G. M. Leon, A. Bezerianos, O. Gladin, and P. Isenberg, "Talk to the Wall: The Role of Speech Interaction in Collaborative Visual Analytics," *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, vol. 31, no. 01, pp. 941–951, Jan. 2025. [Online]. Available: <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TVCG.2024.3456335>
- [13] W. Tong, M. Xia, K. K. Wong, D. A. Bowman, T.-C. Pong, H. Qu, and Y. Yang, "Towards an understanding of distributed asymmetric collaborative visualization on problem-solving," in *2023 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 2023, pp. 387–397.
- [14] G. Grinstein, C. Plaisant, S. Laskowski, T. O'Connell, J. Scholtz, and M. Whiting, "Vast 2007 contest - blue iguanodon," in *2007 IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology*, 2007, pp. 231–232.
- [15] B. Lee, X. Hu, M. Cordeil, A. Prouzeau, B. Jenny, and T. Dwyer, "Shared surfaces and spaces: Collaborative data visualisation in a co-located immersive environment," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 27, no. 2, pp. 1171–1181, 2021.
- [16] B. Lee, M. Cordeil, A. Prouzeau, B. Jenny, and T. Dwyer, "A design space for data visualisation transformations between 2d and 3d in mixed-reality environments," in *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '22. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3491102.3501859>
- [17] S. In, E. Krokos, K. Whitley, C. North, and Y. Yang, "Evaluating navigation and comparison performance of computational notebooks on desktop and in virtual reality," in *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '24. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3613904.3642932>
- [18] A. Lammert, G. Rendle, F. Immohr, A. Neidhardt, K. Brandenburg, A. Raake, and B. Froehlich, "Immersive study analyzer: Collaborative immersive analysis of recorded social vr studies," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 30, no. 11, p. 7214–7224, Nov. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2024.3456146>
- [19] V. Bréhault, E. Dubois, A. Prouzeau, and M. Serrano, "A systematic literature review to characterize asymmetric interaction in collaborative systems," in *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '25. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3706598.3713129>
- [20] J. Friedl-Knirsch, C. Stach, F. Pointecker, C. Anthes, and D. Roth, "A study on collaborative visual data analysis in augmented reality with asymmetric display types," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 30, no. 5, p. 2633–2643, May 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2024.3372103>
- [21] E. W. He, D. Tolessa, A. Suh, and R. Chang, "Analysis without data: Teaching students to tackle the vast challenge," *IEEE Workshop on Visualization Guidelines in Research, Design, and Education*. [Online]. Available: <https://par.nsf.gov/biblio/10394301>