

TÍTULO: Análítica Inmersiva Colaborativa con Interacción Natural para Análisis de Datos Complejos

1. Motivación y Contexto

A lo largo del tiempo, el análisis de datos nos ha permitido tomar mejores decisiones y lograr resultados más significativos en áreas como la sostenibilidad global, sistemas de energía, ciencias de la salud, finanzas y más. Las mejores decisiones son tomadas a partir del análisis de tareas para explorar y profundizar el conocimiento extraído de los datos.[Özsu, 2023].

Durante años el análisis de tareas se ha realizado en entornos computacionales como pantallas 2D y dispositivos móviles [Tong et al., 2023, Roberts et al., 2014]. Pero frente al crecimiento exponencial en la cantidad de los datos y su complejidad, dichos entornos de análisis resultan cada vez más limitados [Zhu et al., 2025]. Frente a estas limitaciones surge la analítica inmersiva [Nafis et al., 2024].

La analítica inmersiva es un campo de investigación en crecimiento que explora el uso de herramientas de análisis envolventes y corporizadas para facilitar la comprensión de datos y la toma de decisiones [Jamaludin et al., 2024, Dwyer et al., 2018]. Una de las técnicas más utilizadas para lograrlo es el uso de tecnologías inmersivas, como la realidad aumentada (AR), la realidad virtual (VR) y la realidad mixta (MR) que no solo permiten el desarrollo de diseños o la presentación de datos en 3D, sino también, el uso de entornos inmersivos con interacción natural que facilitan y mejoran la calidad y la eficiencia de la exploración, análisis y comprensión de los conjuntos de datos complejos [Dwyer et al., 2018, Ens et al., 2021, Saffo et al., 2024, Kraus et al., 2021, Nafis et al., 2024, Jamaludin et al., 2024].

Pero la resolución de tareas de análisis inmersivo son más eficientes si se realizan en equipo. Por lo tanto se requiere la colaboración en la realización de las tareas, frente a este problema existe el Analisis Inmersivo Colaborativo (CIA) [Billinghurst et al., 2018], que permite a 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 [Nafis et al., 2024].

Algunos trabajos resaltan la parte inmersiva, enfocándose en mejorar la interacción del usuario con el entorno [Zhu et al., 2025, Lee et al., 2022, In et al., 2024]. También se tienen trabajos que desarrollaron la parte colaborativa, observando el comportamiento de los usuarios [Lammert et al., 2024], el rendimiento del entorno y el trabajar con diferentes tecnologías aparte de la realidad virtual [Tong et al., 2023, Bréhault et al., 2025, Friedl-Knirsch et al., 2024]. Pero el enfoque de la gran mayoría de ellas no busca específicamente que los usuarios realicen tareas de análisis y exploración de datos para la toma de mejores decisiones [Lee et al., 2021].

2. Definición del Problema

Pocos trabajos se centran en el análisis de datos inmersivos de manera colaborativa, la mayoría de ellos se centran en mejorar el rendimiento del entorno, trabajar con diferentes tecnologías y observar el comportamiento e interacción de los usuarios.

2.1. Objetivo General

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

3. Trabajos Relacionados

[Lee et al., 2021] 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 si 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., 2023] 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 [He et al.,], se recomienda definir tareas entre los colaboradores para poder ajustar su carga cognitiva [Bréhault et al., 2025]. Pero también consideramos al trabajo de [Friedl-Knirsch et al., 2024] que explora la colaboración en AR utilizando categorías de visualización asimétrica, con el proposito de examinar la influencia de estas categorías de dispositivos en al colaboración, experiencia de usuario y patrones de uso. Pero no se centra en la realización de tareas de análisis, incluso ellos mismos proponen centrarse en una tarea única y más compleja.

Por el lado de la interacción, [Zhu et al., 2025] se enfoca en emplear interacciones naturales, intuitivas y fáciles de usar con la participación del usuario para la creación y analisis de visualizaciones compuestas en IA. Mas su enfoque no es directamente aplicable a las tareas de análisis de datos del usuario y támpoco se aplicó al trabajo colaborativo. Otro trabajo que también tiene un enfoque similar a este es [Lee et al., 2022], 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 analisis y exploración de datos. [In et al., 2024] también se enfoca en la interacción, mejorando la navegación y comparación de cuadernos computacionales. Mas no lo aplica de manera colaborativa y támpoco 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 [Jamaludin et al., 2024]. 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.

Referencias

- [Billinghurst et al., 2018] Billinghurst, M., Cordeil, M., Bezerianos, A., and Margolis, T. (2018). *CollaborativeImmersiveAnalytics*, pages 221–257. Springer International Publishing, Cham.
- [Bréhault et al., 2025] Bréhault, V., Dubois, E., Prouzeau, A., and Serrano, M. (2025). A systematic literature review to characterize asymmetric interaction in collaborative systems. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '25, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Dwyer et al., 2018] Dwyer, T., Marriott, K., Isenberg, T., Klein, K., Riche, N., Schreiber, F., Stuerzlinger, W., and Thomas, B. H. (2018). *Immersive Analytics: An Introduction*. Springer International Publishing, Cham.
- [Ens et al., 2021] Ens, B., Bach, B., Cordeil, M., Engelke, U., Serrano, M., Willett, W., Prouzeau, A., Anthes, C., Büschel, W., Dunne, C., Dwyer, T., Grubert, J., Haga, J. H., Kirshenbaum, N., Kobayashi, D., Lin, T., Olaosebikan, M., Pointecker, F., Saffo, D., Saquib, N., Schmalstieg, D., Szafir, D. A., Whitlock, M., and Yang, Y. (2021). Grand challenges in immersive analytics. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Friedl-Knirsch et al., 2024] Friedl-Knirsch, J., Stach, C., Pointecker, F., Anthes, C., and Roth, D. (2024). A study on collaborative visual data analysis in augmented reality with asymmetric display types. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 30(5):2633–2643.
- [He et al.,] He, E. W., Tolessa, D., Suh, A., and Chang, R. Analysis without data: Teaching students to tackle the vast challenge. *IEEE Workshop on Visualization Guidelines in Research, Design, and Education*.
- [In et al., 2024] In, S., Krokos, E., Whitley, K., North, C., and Yang, Y. (2024). 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*, CHI '24, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Jamaludin et al., 2024] Jamaludin, N. A. B., Mohamed, F. B., Siang, C. V., Heng, L. J., and Sunar, M. S. B. (2024). A derived framework for immersive analytics: Use cases

- in smart city and pokémon interactive data visualization. In *2024 IEEE International Conference on Computing (ICOCO)*, pages 434–439.
- [Kraus et al., 2021] Kraus, M., Klein, K., Fuchs, J., Keim, D. A., Schreiber, F., and Sedlmair, M. (2021). The value of immersive visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 41(4):125–132.
- [Lammert et al., 2024] Lammert, A., Rendle, G., Immohr, F., Neidhardt, A., Brandenburg, K., Raake, A., and Froehlich, B. (2024). Immersive study analyzer: Collaborative immersive analysis of recorded social vr studies. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 30(11):7214–7224.
- [Lee et al., 2022] Lee, B., Cordeil, M., Prouzeau, A., Jenny, B., and Dwyer, T. (2022). 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*, CHI '22, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Lee et al., 2021] Lee, B., Hu, X., Cordeil, M., Prouzeau, A., Jenny, B., and Dwyer, T. (2021). Shared surfaces and spaces: Collaborative data visualisation in a co-located immersive environment. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(2):1171–1181.
- [Nafis et al., 2024] Nafis, F. A., Rose, A., Su, S., Chen, S., and Han, B. (2024). 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*, page 159–181, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.
- [Özsu, 2023] Özsu, M. T. (2023). Data science as a systematic treatment. *Commun. ACM*, 66(7):106–116.
- [Roberts et al., 2014] Roberts, J. C., Ritsos, P. D., Badam, S. K., Brodbeck, D., Kennedy, J., and Elmqvist, N. (2014). Visualization beyond the desktop—the next big thing. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 34(6):26–34.
- [Saffo et al., 2024] Saffo, D., Di Bartolomeo, S., Crnovrsanin, T., South, L., Raynor, J., Yildirim, C., and Dunne, C. (2024). Unraveling the design space of immersive analytics: A systematic review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 30(1):495–506.
- [Tong et al., 2023] Tong, W., Xia, M., Wong, K. K., Bowman, D. A., Pong, T.-C., Qu, H., and Yang, Y. (2023). Towards an understanding of distributed asymmetric collaborative visualization on problem-solving. In *2023 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pages 387–397.
- [Zhu et al., 2025] Zhu, Q., Lu, T., Guo, S., Ma, X., and Yang, Y. (2025). Compositingvis: Exploring interactions for creating composite visualizations in immersive environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 31(1):591–601.