

Análisis Bibliométrico de Realidad Aumentada en el desarrollo de software

Bibliometric Analysis of Augmented Reality in Software Development

Leonardo Bermon-Angarita¹  

¹Universidad Nacional de Colombia, Ph.D. Ingeniería Informática. Manizales Colombia.

¿Cómo citar?

Bermon-Angarita, L. Análisis Bibliométrico de Realidad Aumentada en el desarrollo de software. Ingeniería y Competitividad, 2025, 27(1)e-20814212

<https://doi.org/10.25100/iyv.v27i1.14212>

Recibido: 31-05-24

Evaluado: 27-06-24

Aceptado: 17-05-25

Online: 25-02-25

Correspondence

lbermona@unal.edu.co

Resumen

Introducción: las tecnologías de realidad aumentada (RA) ofrecen experiencias inmersivas y enriquecidas. En el contexto del desarrollo de software, estas tecnologías pueden mejorar la interactividad, la visualización del software en desarrollo y, en general, impactar positivamente en la usabilidad, productividad y experiencia del usuario.

Objetivo: el objetivo de este trabajo es realizar un análisis bibliométrico sobre la aplicación de tecnologías de realidad aumentada en los procesos de desarrollo de software.

Metodología: la metodología consistió en realizar búsquedas de artículos relacionados con el tema en el motor de búsqueda Scopus. Posteriormente, se aplicó la herramienta Bibliometrix para llevar a cabo el análisis bibliométrico.

Resultados: los resultados revelan los trabajos más relevantes en el área, basados en un análisis de fuentes, autores, documentos y redes de colaboración.

Conclusiones: el análisis bibliométrico proporciona una visión integral de la investigación sobre el uso de la realidad aumentada en el desarrollo de software, destacando las principales tendencias, autores influyentes y áreas de interés emergentes.

Palabras clave: bibliometría; Desarrollo de software; Realidad aumentada; Tecnología.

Abstract

Introduction: augmented reality (AR) technologies provide immersive and enriched experiences. In the context of software development, these technologies can enhance interactivity, improve the visualization of software under development, and positively impact usability, productivity, and user experience.

Objective: the aim of this study is to conduct a bibliometric analysis of the application of augmented reality technologies in software development processes.

Methodology: the methodology involved searching for articles related to the topic in the Scopus search engine. The Bibliometrix tool was then applied to perform the bibliometric analysis.

Results: the results highlight the most relevant works based on an analysis of sources, authors, documents, and collaboration networks.

Conclusions: the bibliometric analysis provides a comprehensive view of research on the use of augmented reality in software development, highlighting key trends, influential authors, and emerging areas of interest.

Keywords: augmented reality; bibliometrics; software development; technology.



Contribution to the literature

¿Por qué se realizó?

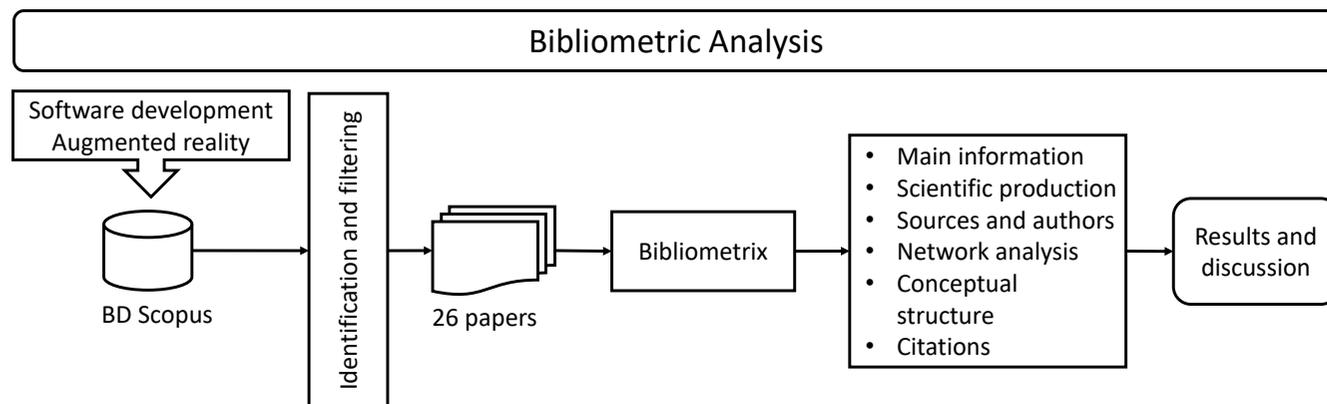
El estudio se realizó con el objetivo de analizar bibliométricamente la aplicación de tecnologías de realidad aumentada en el proceso de desarrollo de software. Se buscó evaluar la producción científica en esta área, identificar colaboraciones entre investigadores y determinar áreas de investigación emergentes. El estudio realizado responde a la necesidad de mejorar la interactividad, visualización y usabilidad del software en desarrollo a través de tecnologías inmersivas como la realidad aumentada.

¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

Los resultados más relevantes del estudio muestran que la aplicación de tecnologías de realidad aumentada en el desarrollo de software es un área de investigación en crecimiento, pero aún en consolidación. Se identifican 26 artículos en la base de datos Scopus, lo que indica que el tema es relativamente reciente. La tasa de crecimiento anual de las publicaciones es del 13,99%, con la mayoría de los trabajos publicados en congresos y no en revistas especializadas. No se encontró una fuente bibliográfica dominante, lo que sugiere que la investigación se encuentra dispersa en diferentes comunidades científicas.

¿Qué aportan estos resultados?

Los resultados ofrecen una visión global del estado actual de la investigación en la intersección de la realidad aumentada y el desarrollo de software. El estudio identifica áreas poco exploradas que pueden ser oportunidades para futuras investigaciones, destaca el reconocimiento de tendencias y dispositivos clave, ayudando a los investigadores y desarrolladores a centrarse en las tecnologías más utilizadas y realizar un análisis de la colaboración científica, facilitando la identificación de posibles asociaciones y redes de trabajo.



Introducción

La complejidad del software ha aumentado enormemente en las últimas décadas, lo que ha dado lugar al desarrollo de nuevos procesos, tecnologías, roles y herramientas que faciliten y soporten el desarrollo y mantenimiento de productos software. La perspectiva del proceso permite definir un conjunto coherente de políticas, estructuras organizacionales, tecnologías, procedimientos y artefactos que son necesarios para concebir, desarrollar, instalar y mantener un producto software (1).

Los procesos software se pueden dividir en las siguientes categorías (2): procesos primarios (procesos principales orientados al desarrollo, operación y mantenimiento de software); procesos de soporte (aplicados a través del ciclo de vida para dar soporte a los procesos primarios); procesos organizacionales (entrenamiento, análisis de la medición del proceso, gestión de infraestructura, mejora del proceso y gestión de modelos del ciclo de vida del software); y procesos entre proyectos (involucran más de un proyecto software en una organización).

La necesidad que tanto desarrolladores como gerentes de proyectos software utilicen información contextual, en tiempo real y durante el proceso software, es más prioritaria que nunca (3). Una de las tecnologías que puede ayudar a suplir esta necesidad es la realidad aumentada.

La investigación de realidad aumentada (RA) tiene como objetivo desarrollar tecnologías que permitan la fusión en tiempo real de contenido digital generado por computador con el mundo real (4). La RA puede superponer información generada por computador sobre visiones del mundo real, amplificando la percepción y la cognición humanas de formas nuevas y sorprendentes (5). Con la RA, la información digital parece convertirse en parte del mundo real, al menos desde la percepción del usuario (6). La RA permite al usuario ver el mundo real y complementar la realidad sin sumergirlo por completo en un entorno sintético. Las tecnologías de RA tienen tres características: combinar el mundo real y virtual, tener interacción en tiempo real con el usuario y estar registrada en un espacio 3D (7).

Una taxonomía de dispositivos utilizados para el desarrollo de aplicaciones de RA está organizada en varios niveles (8). En un primer nivel se encuentran los "Dispositivos portables" (cascos, gafas y auriculares) y los "Dispositivos no portables", que se dividen en un segundo nivel, en dos subcategorías: 1) dispositivos estacionarios (televisores, PC, juegos, etc.) y 2) dispositivos móviles (teléfonos móviles, tabletas, portátiles, etc.).

El proceso software puede utilizar tecnologías de realidad aumentada para incrementar la interactividad del usuario con el software que se está desarrollando, mejorar la visualización del software bajo desarrollo e impactar en aspectos como la usabilidad, productividad y experiencia de usuario.

La introducción de la RA en el proceso de desarrollo de software implica la incorporación de componentes y funcionalidades específicas que aprovechan las capacidades sensoriales y de visualización de los dispositivos móviles, como teléfonos móviles y tabletas, así como de

dispositivos específicos como gafas inteligentes. Este enfoque transforma la manera en que los usuarios interactúan con el software que se está desarrollando, permitiendo una interacción más intuitiva y contextualizada con el entorno físico que puede incluir espacios de trabajo, herramientas específicas de desarrollo, documentos y/o modelos.

Algunos estudios han demostrado que la inmersión dentro de entornos 3D proporciona múltiples ventajas cognitivas y conductuales (9, 10). La RA como tecnología inmersiva aprovecha las posibilidades de la percepción humana natural: memoria espacial, movimiento, manipulación y retroalimentación para una mejor comprensión del producto software en desarrollo (11). Además, la ingeniería, la introspección y la inteligencia se han destacado como tres dimensiones importantes de la ingeniería de software que pueden beneficiarse del uso de estas tecnologías inmersivas (12).

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis bibliométrico acerca de la aplicación de tecnologías de realidad aumentada durante el proceso de desarrollo de software. El análisis bibliométrico permitirá evaluar la producción científica en esta área del conocimiento, identificar colaboraciones entre investigadores y determinar áreas de investigación emergentes.

El artículo está organizado como sigue a continuación. En la primera sección se presenta la introducción. En la segunda sección se muestra la metodología aplicada. En la tercera sección se presentan los resultados del análisis bibliométrico. En la cuarta sección se realiza una discusión de los resultados. Por último, se presentan las conclusiones del estudio.

Metodología

La metodología utilizada para realizar el análisis bibliométrico se presenta en la Figura 1, con sus diferentes fases de identificación, filtrado, análisis y reporte.

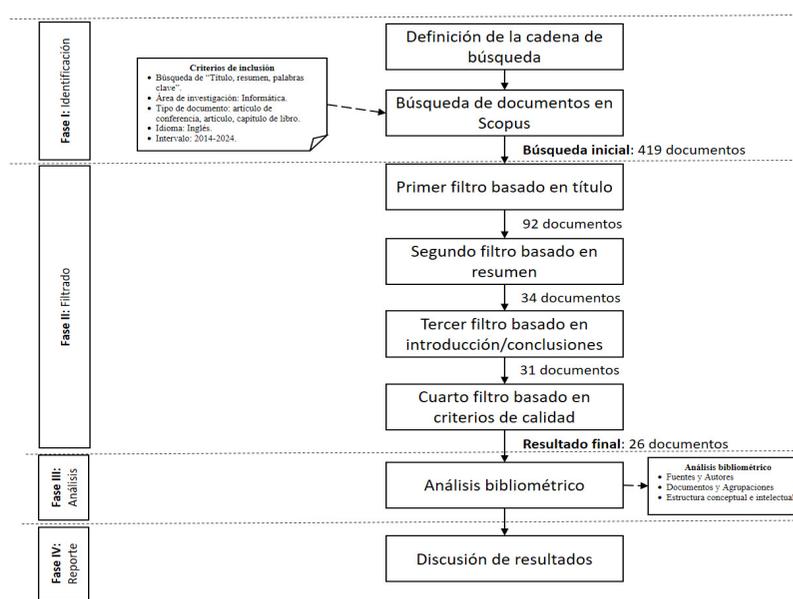


Figura 1. Visión general de la metodología utilizada durante el análisis bibliométrico.

El trabajo inició con la definición de la siguiente cadena de búsqueda:

“augmented reality” AND (“software process” OR “software engineering” OR “software construction” OR “software analysis” OR “software design” OR “software testing” OR “software requirements”)

La cadena de búsqueda involucra el término “realidad aumentada” junto con el término “software process” y sus diferentes sinónimos y fases específicas del proceso. Luego, se ingresó esa cadena de búsqueda en el motor bibliográfico Scopus con los siguientes criterios de inclusión:

Búsqueda de “Título, resumen, palabras clave”.

Área de investigación: Informática.

Tipo de documento: artículo de conferencia, artículo, capítulo de libro.

Idioma: inglés.

Intervalo: 2014-2024.

Se obtuvo un resultado inicial de 419 artículos. Luego, se aplicaron cuatro filtros basados en: título del documento, resumen, introducción/conclusiones y, por último, un filtro basado en los siguientes criterios de calidad:

- ¿El artículo está relacionado con el tema de investigación?
- ¿Es claro el contexto de la investigación?
- ¿La metodología de investigación está claramente descrita?
- ¿El proceso de recolección de datos está claramente explicado?
- ¿La aplicación/tecnología de RA está bien descrita?
- ¿Son claros los resultados obtenidos?

La cantidad final obtenida fue de 26 artículos, que fue exportado a un fichero csv. Este fichero fue utilizado como fuente de datos en la herramienta Bibliometrix, el cual permitió generar un análisis bibliométrico basado en fuentes, autores, documentos, agrupaciones, estructura conceptual y estructura intelectual. Los 26 artículos finales seleccionados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Artículos finales utilizados en el análisis bibliométrico.

Año	Estudio	Año	Estudio
2016	(13, 14)	2020	(24, 25)
2017	(15)	2022	(26, 27, 28, 29, 30, 31)
2018	(12, 16, 17, 18)	2023	(32, 33, 34, 35, 36)
2019	(19, 20, 21, 22, 23)		

Resultados

Realizada la selección final de 26 artículos de la base de datos bibliográfica Scopus, se procedió a su análisis en la herramienta Bibliometrix. En la Tabla 2 se presenta la información general de los datos recolectados.

Tabla 2. Resultados globales del análisis bibliométrico.

Descripción	Resultados
1. Información principal	
Intervalo de tiempo	2014-2024
Fuentes	24
Documentos	26
Tasa de crecimiento anual %	13,99
Edad promedio de documentos	3,88
Citaciones promedio por documento	6,692
Referencias	659
2. Contenidos del documento	
Palabras clave	263
Palabras clave de autor	74
3. Autores	
Autores	71
Autores con documentos con un único autor	0
4. Colaboración de autores	
Documentos con un único autor	0
Co-autores por documento	3,42
Co-autoría internacional %	19,23
5. Tipos de documento	
Artículos de revista	2
Artículo de conferencia	24

La cantidad total de artículos encontrados fue 26, la cual es una cifra baja que demuestra que el tema de investigación es relativamente reciente. Las fuentes bibliográficas fueron 24 para los 26 documentos encontrados. Por lo tanto, no hay fuente relevante que se enfoque en el tema investigado relacionado con la aplicación de realidad aumentada al proceso de desarrollo de software. La tasa de crecimiento es positiva y alta, y la edad promedio de los documentos es menor a cuatro años. Las citas promedio por documento es de 6,692, mostrando que los artículos aún no son ampliamente referenciados: aunque el tema de investigación tiene acogida por parte de la comunidad investigadora y aún está en desarrollo.

La cantidad de autores en total fue 71. Los trabajos se realizaron en grupo ya que ninguno de ellos fue realizado por un único autor. Además, los trabajos se realizan con grupos locales con baja

participación internacional (19,23%). En promedio se tienen 3,41 co-autores por documento. La gran mayoría de los trabajos son artículos de conferencia (92,3%).

En la Figura 2 se presenta la producción de artículos por año. Se encontraron artículos a partir del año 2016. La producción tuvo un ascenso del 2017 al 2019, luego un descenso hasta el 2021, para luego aumentar y llegar a un máximo en el 2022.

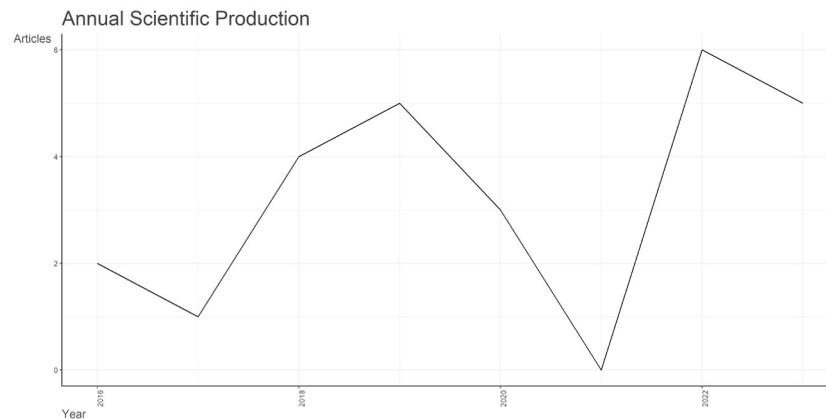


Figura 2. Producción científica anual.

Las fuentes más relevantes se observan en la figura 3. No hay una fuente bibliográfica relevante para el tema de investigación. Las dos fuentes más referenciadas fueron: CCIS - Communications in Computer and Information Science, e ICSE - Proceedings of International Conference on Software Engineering. La primera fuente es una serie dedicada a la publicación de actas de congresos de informática de la editorial Springer (37). La segunda fuente es la principal conferencia de ingeniería de software a nivel mundial (38) organizada por ACM.

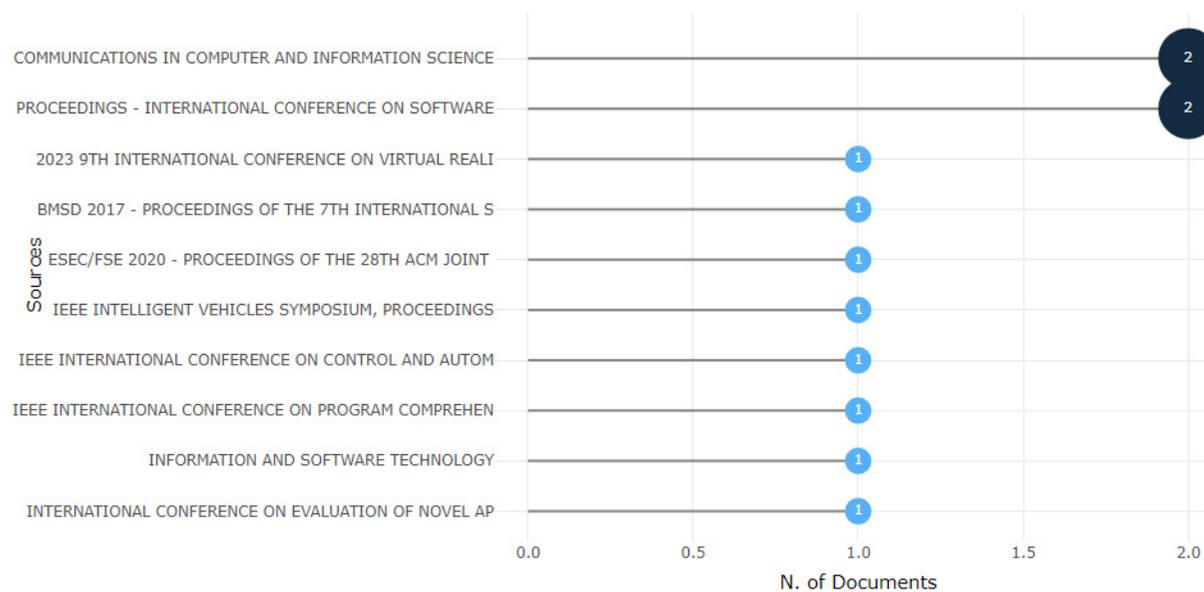


Figura 3. Fuentes más relevantes.

La producción científica por país se muestra en la Figura 4. Los países con mayor frecuencia de producción académica en el tema de investigación fueron India y Alemania. Continúan en orden

descendente China, Estados Unidos y en menor medida, Grecia, Turquía, Australia, Brasil, Francia y Dinamarca.

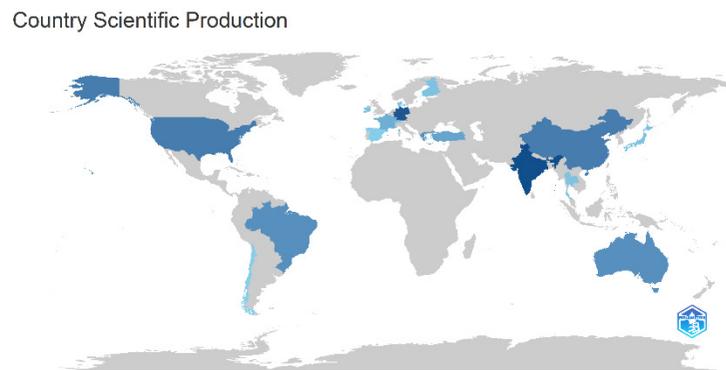


Figura 4. Producción científica por país.

Las afiliaciones más relevantes se presentan en la Figura 5. La Universidad de Patras, en Grecia, es la universidad con mayor número de afiliaciones de investigadores del tema bajo estudio con un total de siete investigadores. Continúa la Universidad Nacional de Taiwan con cinco afiliaciones. Luego, están las universidades de Monash (Australia) y Cankaya (Turquía) con cuatro afiliaciones. La Universidad de Kiel finaliza con los puestos más altos de afiliaciones con tres. La Universidad de Dublín (Irlanda), la Universidad Federal do ABC (Brasil), la Universidad Tung-Fan Design (Taiwan) y la Universidad de Postdam (Alemania) poseen dos afiliaciones. El resto de estudios presentan una sola afiliación.

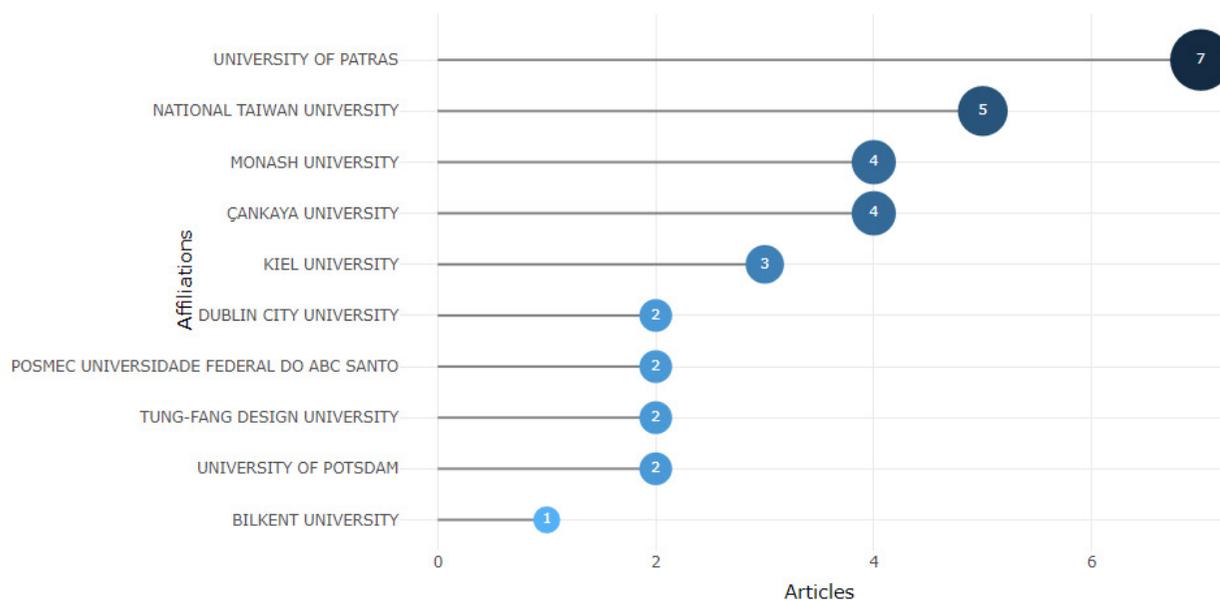


Figura 5. Afiliaciones más relevantes.

En la Figura 6 se presentan los documentos más citados globalmente. El artículo más ampliamente citado es (17) con 38 citaciones globales. Este estudio investiga la visualización de software. Siguen en orden (12), (26), (33) y (13), con 19, 15 y 14 y 10 citaciones, respectivamente. El resto de estudios contiene menos de 10 referencias.

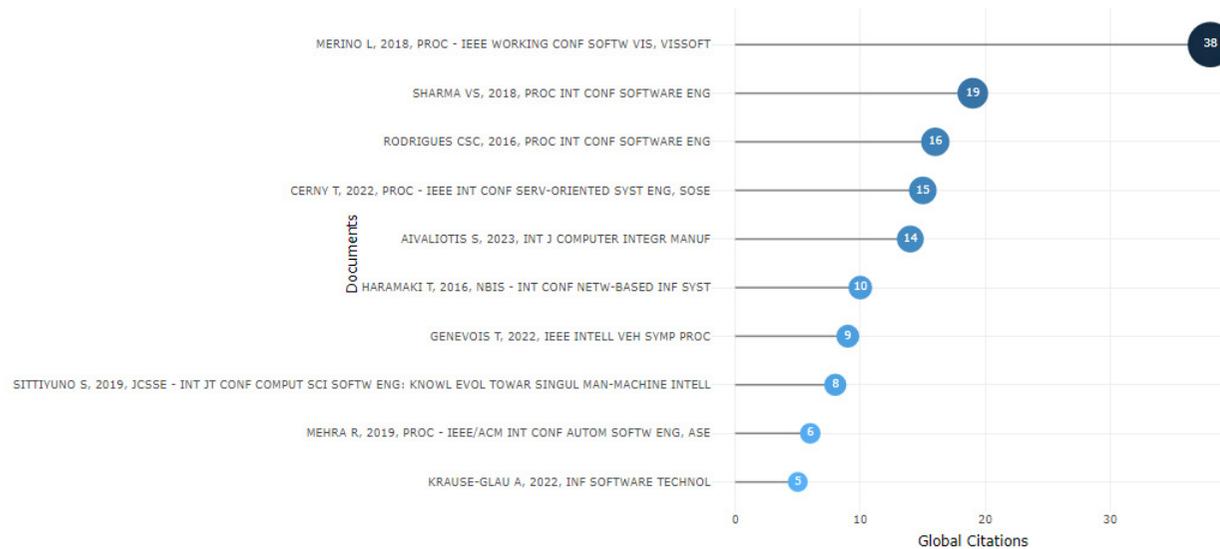


Figura 6. Documentos más citados globalmente.

En la Figura 7 se presenta la nube de palabras con los términos que más aparecen en los estudios recolectados. Las palabras más ampliamente referenciadas son "Realidad aumentada", seguida de "Diseño de software", "Ingeniería de software", "Visualización", "Realidad virtual" y "Programas de aplicación". Se destaca que los estudios de realidad aumentada aplicados al proceso de desarrollo de software estén orientados principalmente a la etapa del diseño, la presentación y visualización de información y a los programas de aplicación.



Figura 7. Nube de palabras.

En la Figura 8 se presenta un mapa de agrupaciones (clustering). Se identificaron 5 agrupaciones: a) Realidad aumentada, visualización y programas de aplicación; b) Realidad aumentada, robots industriales y realidad mixta; c) Accesibilidad, realidad aumentada y software de computador; d) Realidad aumentada e Industria 4.0; y e) Realidad aumentada, visualización de datos y microservicios.

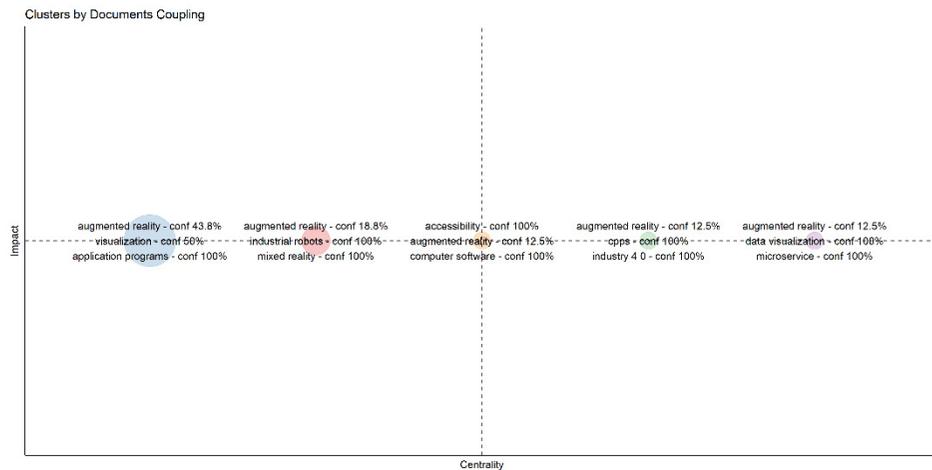


Figura 8. Mapa de clustering.

Las cinco agrupaciones tienen el mismo nivel de impacto. La primera agrupación “Realidad aumentada, visualización y programas de aplicación” tiene la mayor cantidad de trabajos. Las agrupaciones 3 y 4 son los temas más desarrollados: Realidad aumentada, industria 4.0, visualización de datos y microservicios.

En la Figura 9 se presenta la red de co-ocurrencias. La agrupación principal y central reúne términos relacionados con la realidad aumentada, estableciendo su aplicación en etapas específicas del desarrollo de software como: diseño, pruebas, programación y aplicaciones concretas como internet de las cosas, robótica y sistemas de información. Las otras agrupaciones están relacionadas con los temas de procesos, visualización, educación e interacción humano-máquina. Un tema aislado con baja conexión son los robots industriales y su programación.

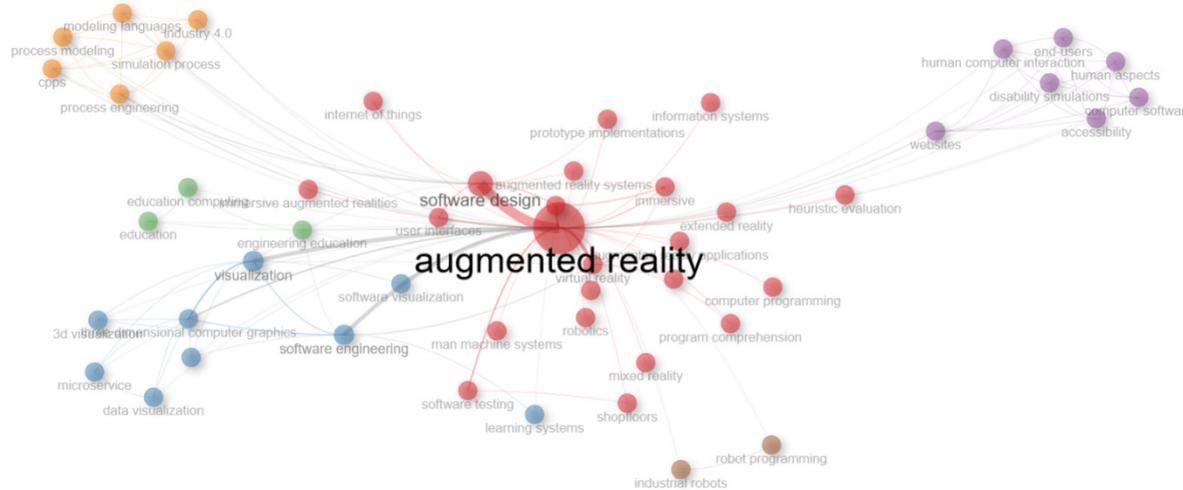


Figura 9. Red de co-ocurrencias.

En la Figura 10 se presenta el mapa temático de los estudios investigados. La figura muestra cuatro zonas:

Temas básicos: su grado de relevancia es alto pero no su grado de desarrollo. En esta zona se encuentran los temas de realidad aumentada relacionados con la ingeniería de software y en particular, con la etapa de diseño de software. Son los temas principales donde se fundamenta el objeto de estudio de la investigación.

Temas motor: su grado de relevancia y grado de desarrollo son altos. En esta zona se ubican los temas de educación, visualización, computación gráfica, pruebas de software, interacción humano-máquina y programación de robots.

Temas nicho: su grado de desarrollo es alto pero no su grado de relevancia. En esta zona se presentan los temas relacionados con sitios web, industria 4.0 e ingeniería de procesos.

Temas emergentes o en declive: interfaces de usuario, robótica y realidad aumentada inmersiva.

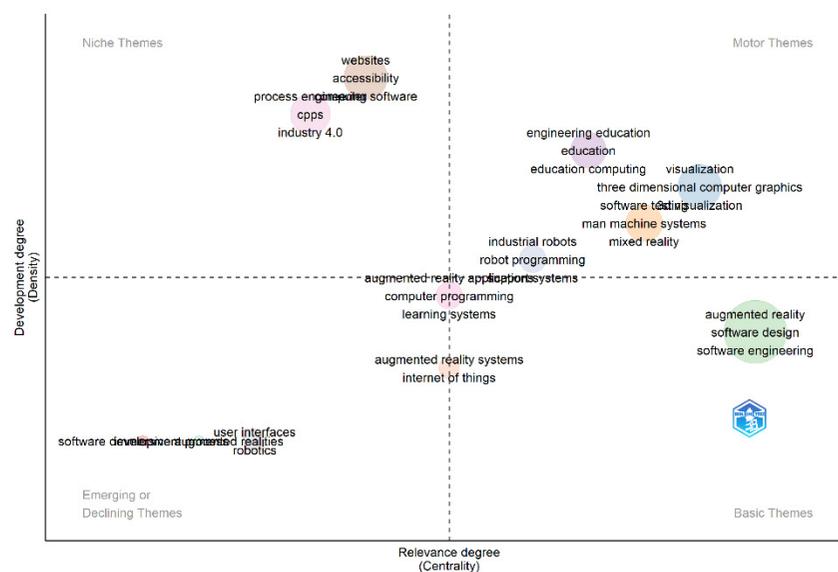


Figura 10. Mapa temático.

En un grado medio de desarrollo y relevancia se destacan las aplicaciones de realidad aumentada, los sistemas de aprendizaje y la programación de computadores. Con un grado medio de desarrollo y un poco menos de relevancia están las aplicaciones orientadas a Internet de las cosas.

La red de co-citaciones se presenta en la Figura 11. La red de co-citaciones es una representación gráfica de la relación entre los documentos estudiados basada en la frecuencia con la que son citados entre ellos. Se presentan seis agrupaciones pero tres de ellas tienen bastante centralidad debido a la cantidad de artículos que se citan entre ellos. El artículo más referenciado es (39), seguido de (40), (11) y (41).

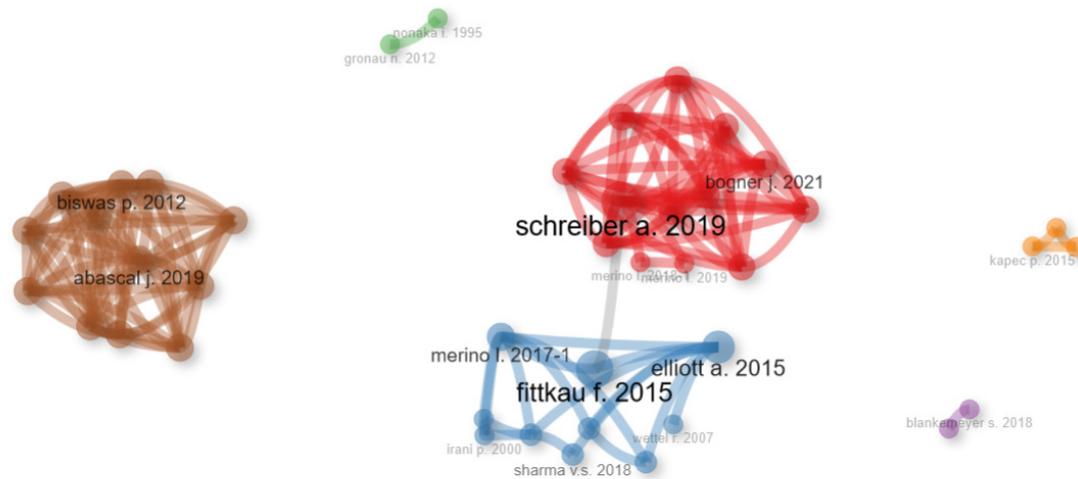


Figura 11. Red de co-citaciones.

Los temas de investigación más referenciados son los relacionados con la visualización de software utilizando diversos medios como grafos y arcos, y metáforas como ciudades, edificaciones, islas, etc.

Discusión

La realidad aumenta es un tema de investigación muy actual con aplicaciones prácticas en diversos campos del conocimiento, presenta una amplia oferta de dispositivos desde objetos portables como gafas y cascos hasta aplicaciones en teléfonos móviles y tabletas, pero también incluyen dispositivos de inmersión más transparente como hologramas o dispositivos estacionarios.

El desarrollo de software puede utilizar este tipo de tecnologías para ayudar a desarrollar con éxito las actividades de construcción de productos software durante la ejecución de proyectos de desarrollo de software.

El estudio bibliométrico encontró que las publicaciones se realizan principalmente en conferencias, la mayor frecuencia de publicaciones se encuentra en India y Alemania, y las afiliaciones más relevantes se encuentran en Asia y Europa.

Los documentos más citados globalmente están orientados a los temas de: visualización de software, gestión de proyectos inmersiva, programación de robots y educación en programación de computadores.

En el tema de visualización, los estudios se centran en: presentar el software en forma gráfica utilizando grafos (12, 20, 21), visualizar aspectos como la arquitectura de software (25) o arquitecturas específicas como microservicios (32).

En el tema de gestión de proyectos, se incluyen trabajos relacionados con las reuniones virtuales y la gestión de equipos remotos (25, 36).

En el tema de programación de robots, los estudios están orientados a facilitar la programación de robots industriales (29, 33), y establecer rutas de brazos de robots o trayectorias robóticas para cumplir objetivos específicos (34).

Por último, en el tema de educación en programación de computadores, los trabajos presentan aplicaciones desarrolladas para aprender programación orientada a objetos (19) y educación en ingeniería (13, 18).

Otros temas abordados no tan ampliamente, pero igualmente importantes, son: la documentación de software (24), validación de software (27), modelado de procesos (15, 16), modelado UML (14), y usabilidad de sitios web (30, 31).

No se encontraron artículos orientados a investigar aspectos relacionados con otros procesos software primarios como el análisis de requisitos y pruebas software.

Las redes colaborativas existen, pero son escasas, demostrando que el tema es relevante pero falta aún una consolidación de redes de investigadores con eventos, publicaciones y libros concretos en ese ámbito de investigación.

Conclusiones

El desarrollo de software es un área que requiere de amplios conocimientos, no solo del dominio del negocio, sino de tecnologías, procesos y personas. En el ámbito de la tecnología, la realidad aumentada puede ofrecer ventajas y beneficios que faciliten la ejecución exitosa de las diversas tareas que conllevan la construcción de un producto de software.

Este estudio realizó un análisis bibliométrico de documentos acerca de investigaciones orientadas a la aplicación de la realidad aumentada para facilitar el proceso de desarrollo de software. El tema investigado es bastante prometedor ya que, aunque se encontraron estudios que abordan el tema, aún faltan muchos esfuerzos para consolidar esta área de investigación.

Los nichos actuales de investigación son la visualización de la estructura del código, la cual facilita las tareas de análisis del código y ayuda en el aprendizaje de conceptos de programación; la programación de robots industriales apoyando el establecimiento, ejecución y validación de rutas y trayectorias robóticas; y la gestión de proyectos desde una perspectiva de reuniones virtuales y gestión del trabajo remoto.

Los temas emergentes en esta área están orientados a cubrir de una manera más global el proceso de desarrollo, incluyendo las actividades de los procesos primarios de desarrollo de software: análisis, diseño, codificación, pruebas y mantenimiento, así como aplicaciones concretas en dominios específicos donde se destaca la industria 4.0, el desarrollo web, aspectos de accesibilidad e interacción del usuario.

Declaración de contribución de autoría de CRediT

Conceptualización - Ideas, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Gestión de proyectos, Recursos, Software, Supervisión, Validación, Visualización - Preparación, Redacción -borrador original - Preparación, Redacción - revisión y edición - Preparación: Leonardo Bermon Angarita

Financiación: no declara

Conflicto de intereses: no declara

Implicaciones éticas: no declara

Referencias

1. Fuggetta A. Software process: a roadmap. In: Proceedings of the 22nd International Conference on Software Engineering (ICSE). 2000. p. 25-34. <https://doi.org/10.1145/336512.336521>
2. Sommerville I. Software Engineering. 10th edition. Addison Wesley. 2015.
3. Biehl JT, Czerwinski M, Smith G, Robertson GG. FASTDash: a visual dashboard for fostering awareness in software teams. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in Computing Systems, 2007. p. 1313-1322.
4. Haller M, Billinghamurst M, Thomas B. (Eds.). Emerging technologies of augmented reality: interfaces and design. 2006. IGI Global.
5. Hughes R. Augmented reality: developments, technologies and applications. Nova Science Publishers, Incorporated. 2015.
6. Schmalstieg D, Hollerer T. Augmented reality: principles and practice. Addison-Wesley Professional. 2016.
7. Azuma RT. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 1997; 6(4): 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
8. Peddie J. Augmented reality: Where we will all live. Springer. 2017.
9. Baños RM, Liaño V, Botella C, Alcañiz M, Guerrero B, Rey B. Changing induced moods via virtual reality. In: Persuasive Technology: First International Conference on Persuasive Technology for Human Well-Being, PERSUASIVE 2006, Eindhoven, The Netherlands. Proceedings 1, 2006. p. 7-15. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/11755494_3



10. Lee EAL, Wong KW, Fung CC. How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*. 2010; 55(4), 1424-1442. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006>
11. Elliott A, Peiris B, Parnin C. Virtual reality in software engineering: affordances, applications, and challenges. In: *Proceedings of the 2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering*. 2015. Vol 2, p. 547-550. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ICSE.2015.191>
12. Sharma VS, Mehra R, Kaulgud V, Podder S. An immersive future for software engineering- a venues and approaches. In: *Proceedings of the 40th International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results*. 2018. p. 105-108. <https://doi.org/10.1145/3183399.3183414>
13. Haramaki T, Nishino H. An engineering education support system using projection-based AR. In: *Proceedings of the 19th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS)*. 2016. p. 267-272. IEEE. <https://doi.org/10.1109/NBiS.2016.67>
14. Rodrigues CSC, Werner CML, Landau L. VisAr3D: an innovative 3D visualization of UML models. In: *Proceedings of the IEEE/ACM 38th International Conference on Software Engineering (ICSE-C)*. 2016. p. 451-460. <https://doi.org/10.1145/2889160.2889199>
15. Grum M, Gronau N. Integration of augmented reality technologies in process modeling the augmentation of real world scenarios with the KMDL. In: *Proceedings of the Seventh International Symposium on Business Modeling and Software Design, 2017, Vol 1: BMSD*, p. 206-215. <https://doi.org/10.5220/0006529102060215>
16. Grum M, Gronau N. Process modeling within augmented reality: the bidirectional interplay of two worlds. In: *Proceeding of the Business Modeling and Software Design: 8th International Symposium, BMSD 2018, Vienna, Austria, July 2-4, 2018, Vol 8*, p. 98-115. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94214-8_7
17. Merino L, Bergel A, Nierstrasz O. Overcoming issues of 3D software visualization through immersive augmented reality. In: *Proceedings of the 6th IEEE Working Conference on Software Visualization (VISSOFT)*. 2018. p. 54-64. <https://doi.org/10.1109/VISSOFT.2018.00014>
18. Ohri □, Öge □, Orkun B, Yilmaz M, Tuzun E, Clarke P, O'Connor RV. Adopting augmented reality for the purpose of software development process training and improvement: an exploration. *Communications in Computer and Information Science*. 2018; 896, 195-206. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97925-0_16



19. Fernandes F, Werner C. Towards immersive learning in object-oriented paradigm: a preliminary study. In: Proceedings of the 2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR). 2019. p. 59-68. <https://doi.org/10.1109/SVR.2019.00026>
20. Mehra R, Sharma VS, Kaulgud V, Podder S. Fostering positive affects in software development environments using extended reality. In: Proceedings of the 2019 IEEE/ACM 4th International Workshop on Emotion Awareness in Software Engineering (SEmotion). 2019a. p. 42-45. <https://doi.org/10.1109/SEmotion.2019.00016>
21. Mehra R, Sharma VS, Kaulgud V, Podder S. XRaSE: towards virtually tangible software using augmented reality. In: Proceedings of the 2019 34th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE). 2019b. p. 1194-1197. <https://doi.org/10.1109/ASE.2019.00135>
22. Shepherd DC, Kraft NA, Francis P. Visualizing the "hidden" variables in robot programs. In: Proceedings of the IEEE/ACM 2nd International Workshop on Robotics Software Engineering (RoSE). 2019. p. 13-16. IEEE. <https://doi.org/10.1109/RoSE.2019.00007>
23. Sittiyuno S, Chaipah K. Arcode: Augmented reality application for learning elementary computer programming. In: Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE). 2019. p. 32-37. IEEE. <https://doi.org/10.1109/JCSSE.2019.8864173>
24. Chimalakonda S, Venigalla ASM. Software documentation and augmented reality: love or arranged marriage? In: Proceedings of the 28th ACM Joint Meeting European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering. 2020. p. 1529-1532. <https://doi.org/10.1145/3368089.3417044>
25. Thomaschewski L, Weyers B, Kluge A. Using usability and user experience scores to design an augmented reality-based ambient awareness interface to support spatially dispersed teams. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS). 2020. p. 1-6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICHMS49158.2020.9209564>
26. Cerny T, Abdelfattah AS, Bushong V, Maruf A, Taibi D. Microvision: static analysis-based approach to visualizing microservices in augmented reality. 2022. <http://arxiv.org/abs/2207.02974>
27. Genevois T, Horel JB, Renzaglia A, Laugier C. Augmented reality on LiDAR data: going beyond vehicle-in-the-loop for automotive software validation. In: Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). 2022. p. 971-976. <https://doi.org/10.1109/IV51971.2022.9827351>



28. Krause-Glau A, Hansen M, Hasselbring W. Collaborative program comprehension via software visualization in extended reality. *Information and Software Technology*, 151. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.107007>
29. Leutert F, Schilling K. Projector-based augmented reality support for shop-floor programming of industrial robot milling operations. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA)*. 2022. p. 418-423. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCA54724.2022.9831840>
30. Vu MH, Wyman J, Grundy J. Evaluation of an augmented reality approach to better understanding diverse end user website usage challenges. In: *ENASE*. 2022. p. 50-61. <https://orcid.org/0000-0003-4928-7076>
31. Yu TH, Wu TC. Three-dimensional widgets for user interfaces in industrial augmented reality systems. In: *Proceedings of the 4th Eurasia Conference on IoT, Communication and Engineering (ECICE)*. 2022. p. 121-124. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ECICE55674.2022.10042832>
32. Abdelfattah AS, Cerny T, Taibi D, Vegas S. Comparing 2D and augmented reality visualizations for microservice system understandability: a controlled experiment. 2023 <http://arxiv.org/abs/2303.02268>
33. Aivaliotis S, Lotsaris K, Gkournelos C, Fourtakas N, Koukas S, Kousi N, Makris S. An augmented reality software suite enabling seamless human robot interaction. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 2023; 36(1): 3-29. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2104459>
34. Birais PH, Rafikova E. Augmented reality system for immersive mobile robot simulation and trajectory estimation. In: *Proceedings of the 2023 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2023 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), & 2023 Workshop of Robotics in Education (WRE)*, 2023 p. 17-22, IEEE. <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332951>
35. Vu MH, Wyman J, Grundy J, Madugalla A. Better understanding diverse end user website usage challenges with browser-based augmented reality approaches. *Communications in Computer and Information Science*, 1829 CCIS, 2023. p. 269-291. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36597-3_13
36. Wang BH, Wijaya F, Fischer R, Tang YH, Wang SJ, Hsu WE, Fu LC. A scene understanding and positioning system from RGB images for tele-meeting application in augmented reality. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Virtual Reality (ICVR)*. 2023. p. 106-114. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICVR57957.2023.10169590>



37. CCIS - Communications in Computer and Information Science. Book series. <https://www.springer.com/series/7899>
38. ICSE - International Conference on Software Engineering. <https://dl.acm.org/conference/icse>.
39. Schreiber A, Nafeie L, Baranowski A, Seipel P, Misiak M. Visualization of software architectures in virtual reality and augmented reality. In: Proceedings of the IEEE Aerospace Conference. 2019. p. 1-12. IEEE. <https://doi.org/10.1109/AERO.2019.8742198>
40. Fittkau F, Krause A, Hasselbring W. Exploring software cities in virtual reality. In: Proceedings of the 2015 IEEE 3rd Working Conference on Software Visualization (VISSOFT). 2015. p. 130-134. IEEE. <https://doi.org/10.1109/VISSOFT.2015.7332423>
41. Merino L, Fuchs J, Blumenschein M, Anslow C, Ghafari M, Nierstrasz O., ... Keim DA. On the impact of the medium in the effectiveness of 3D software visualizations. In: Proceedings of the 2017 IEEE Working Conference on Software Visualization (VISSOFT). 2017. p. 11-21. IEEE. <https://doi.org/10.1109/VISSOFT.2017.17>