

# Puertos conectados: La era de la inteligencia logística y medioambiental

## Connected ports: The era of logistics and environmental intelligence

**Recibido:** 24 de Septiembre de 2023

**Aprobado:** 18 de Diciembre de 2023

**Cómo citar:** I. Jurado-Ramirez, S. Hernandez-Ocampo, P. Alzate, "Puertos conectados: La era de la inteligencia logística y medioambiental", *Mundo FESC*, VOL. 14, n. 28, 2024. DOI: 10.61799/2216-0388.1756

### Isabella Jurado-Ramirez<sup>1\*</sup>



Universidad Catolica Luis Amigó,  
isabella.juradora@amigo.edu.co,  
<https://orcid.org/0000-0003-0729-5211>,

### Sara Hernandez-Ocampo<sup>2</sup>



Universidad Catolica Luis Amigó,  
sara.hernandezoc@amigo.edu.co,  
<https://orcid.org/0000-0001-7828-1592>,

### Paola Alzate<sup>3</sup>



Universidad Católica Luis Amigó,  
paola.alzateon@amigo.edu.co,  
<https://orcid.org/0000-0001-5406-3355>,

\*Autor para correspondencia:  
isabella.juradora@amigo.edu.co



# Puertos conectados: La era de la inteligencia logística y medioambiental

## Resumen

Con el comienzo de la cuarta revolución industrial el mundo se ha enfrentado al surgimiento de nuevas tecnologías que han traído un impacto positivo en la vida cotidiana de las personas. La importancia y la necesidad de identificar las tendencias de investigación relacionadas con los puertos inteligentes para fines académicos y operativos son el objetivo del presente trabajo. Para ello se implementó la metodología de la metáfora del árbol y, específicamente, el análisis de red en la definición de las temáticas más relevantes y las prácticas que los potencian y definen. Los resultados resaltan que los retos en la mejora de las operaciones logísticas en cada eslabón de la cadena de suministro han desarrollado nuevas dinámicas en el marco de la revolución 4.0. En este escenario, los puertos automatizados han emergido como una estrategia para atender las necesidades de los clientes a través de la implementación de avances tecnológicos.

**Palabras clave:** Puertos inteligentes, medio ambiente, industria 4.0, transporte marítimo, logística.

## Connected ports: The era of logistics and environmental intelligence

### Abstract

With the onset of the fourth industrial revolution the world has been faced with the emergence of new technologies that have brought a positive impact on people's daily lives. The importance and the need to identify research trends related to smart ports for academic and operational purposes are the objective of the present work. For this purpose, the tree metaphor methodology was implemented and, specifically, the network analysis in the definition of the most relevant topics and the practices that enhance and define them. The results highlight that the challenges in improving logistics operations in each link of the supply chain have developed new dynamics in the framework of the 4.0 revolution. In this scenario, automated ports have emerged as a strategy to meet customer needs through the implementation of technological advances.

**Keywords:** Smart ports, environment, industry 4.0, maritime transport, logistics.

## Introducción

La cuarta revolución industrial y su relación con las nuevas tecnologías ha llevado a que todas las operaciones logísticas sean repensadas desde la optimización, la innovación y la inmediatez. Problemas como la contaminación medioambiental, la falta de eficiencia operativa y la planeación se han asociado con los retrasos de la cadena de suministro y específicamente con la influencia del transporte en ellas. Asimismo, el crecimiento significativo del comercio internacional producto de la globalización ha potenciado al transporte marítimo y su infraestructura [1], además de la respuesta tecnológica derivada conocida como puertos inteligentes.

Los Smartport o puertos inteligentes son soluciones innovadoras para optimizar las operaciones portuarias en el siglo XXI, que al integrarse con los conceptos fundamentales de la industria 4.0 relacionados con la conexión entre máquinas, productos y sistemas [2], utilizan tecnologías avanzadas como el Internet de las cosas (IoT) y el análisis de datos para mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad del transporte marítimo y el comercio internacional [3]. Asimismo, se destaca que a diferencia del alcance de la tecnología de la década de los ochenta, las posibilidades de estar al alcance de todos en la actualidad a un bajo costo es una ventaja para todos los involucrados [4].

A través de la integración de sistemas automatizados, sensores y análisis en tiempo real, los puertos inteligentes ofrecen una mayor visibilidad, una gestión más eficiente de la cadena de suministro y una mejor calidad de vida a los usuarios [5]. En esta era digital e hiperconectada, los puertos inteligentes se han convertido en un componente fundamental para impulsar el crecimiento y la competitividad en el comercio marítimo mundial [6]. Sin embargo, estas tecnologías digitales representan una nueva frontera en la búsqueda de la innovación y la modernización portuaria [7].

A partir de la relevancia actual de los puertos inteligentes en el comercio exterior y la necesidad de identificar las tendencias de investigación en el área, el presente trabajo implementa la metáfora del árbol en el procesamiento de artículos disponibles en bases de datos de reconocimiento mundial. Asimismo analiza de forma crítica los documentos reconocidos dentro de cada tendencia obtenidos con el software R-studio.

## Metodología

El presente artículo fue desarrollado por medio de un análisis de red en el cual se utilizó el software de R-studio con los documentos encontrados en las bases de datos de Scopus y Web of Science

para identificar y relacionar los documentos. Asimismo, se utilizó el indicador bibliométrico Outdegree y la metáfora del árbol [8], [9], los cuales permitieron identificar las futuras

líneas de investigación sobre el tema. Para desarrollar la búsqueda en las bases de datos de Scopus y Web of Science se utilizaron diferentes palabras clave como “Smartports” y “Puertos inteligentes” y se tomó un periodo de consulta del año 2010 al año 2023. Así mismo se obtuvieron 204 resultados finales después de eliminar duplicados de ambas bases de datos.

## Resultados

Los resultados que se presentan a continuación hacen referencia a las tendencias de investigación identificadas en el desarrollo del artículo. Se encuentran dos tendencias de investigación sobre los puertos inteligentes las cuales permiten entender e identificar hacia dónde va el futuro de los puertos inteligentes y su adaptación a las necesidades de la sociedad.

**Tendencia de investigación: Puertos inteligentes y sostenibles medioambientalmente**  
 A medida que los puertos inteligentes se han desarrollado y han tenido un gran progreso, la preocupación por la conservación y el cuidado del medio ambiente ha crecido significativamente, debido a esto los puertos inteligentes han empezado a crear diferentes estrategias que les permitan contribuir a la conservación de energía y reducción de emisiones. [10]. Un puerto inteligente optimiza el flujo de bienes e información, lidera el desarrollo sostenible y garantiza actividades seguras mediante tecnologías habilitadoras. Los puertos inteligentes al ser líderes del desarrollo sostenible han desarrollado actividades sostenibles que están impulsando el concepto de puerto inteligente y sostenible[11]. Un puerto inteligente y amigable con el medio ambiente es un gran progreso para la conservación de energía y reducción de emisiones [12]. De esta manera se ha empezado a ver a los puertos inteligentes no solo como puertos que permiten optimizar todas las operaciones de la cadena de suministro sino también como puertos que se preocupan por el medio ambiente y el rol que juegan en el cuidado de este.

Los puertos en todo el mundo están buscando nuevas tecnologías inteligentes para ayudar a gestionar el medio ambiente de una manera más sostenible [10]. Asimismo, se logró determinar en qué medida los puertos podrían aplicar prácticas inteligentes y emplear tecnología para mejorar el desempeño portuario sostenible [13]. Igualmente los puertos se han ido adaptando a la industria 4.0 y a su vez al cuidado del medio ambiente. La mayoría de los puertos han empezado a crear estrategias que les permiten desarrollar todos los procesos de la cadena de suministro de una manera sostenible y amigable con el medio ambiente.

Por otro lado, [10] identifica las fuerzas impulsoras de la gestión ambiental verde juegan un papel esencial para influir en el desempeño de la gestión ambiental de los puertos verdes inteligentes. En diferentes estudios se ha logrado identificar las motivaciones e impulsos que tienen los puertos inteligentes para empezar a ser más amigables con el medio ambiente y se ha demostrado que a medida que los puertos tengan procesos

sostenibles se logra gestionar de mejor manera sus operaciones.

En el comercio internacional el transporte marítimo es el que representa la mayor parte de contaminación por el uso de los buques debido a que estos generan gases de efecto invernadero que afectan directamente al medio ambiente. Debido a esto la OMI lanzó un programa específico que exige una combinación de soluciones técnicas, operativas e innovadoras para buques internacionales algunos de ellos, junto con un indicador de su potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Figura 1).

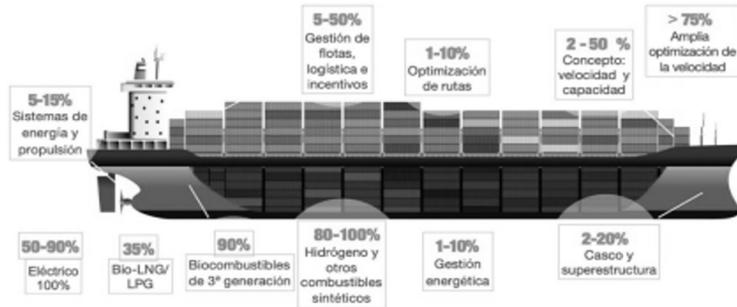


Figura 1. Soluciones técnicas, operativas e innovadoras  
Fuente: [14]

De igual manera diferentes organizaciones como la Organización Marítima Internacional (OMI) tienen como objetivo reducir la intensidad de carbono del transporte marítimo internacional en al menos un 50% para 2050. Para tal fin, se establecieron niveles de referencia objetivo para el transporte marítimo internacional, teniendo en cuenta las innovaciones tecnológicas cruciales y las fuentes de energía alternativas (Figura 2).

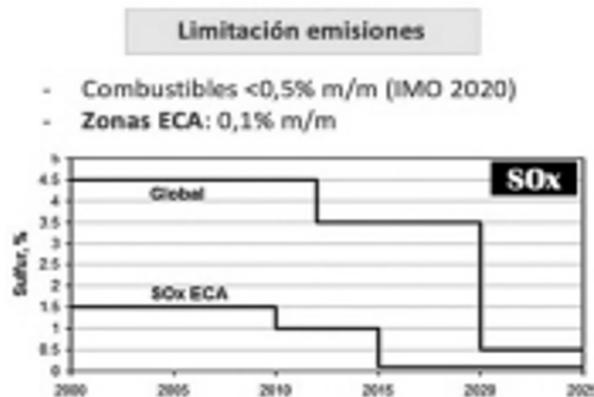


Figura 2. Prevención de la contaminación  
Fuente: [14]

### **Tendencia de investigación: El impacto de la industria 4.0 en los puertos inteligentes.**

El comercio marítimo representa aproximadamente el 80% del comercio mundial y se basa en una red de rutas y puertos [15]. En los últimos tiempos, los puertos han evolucionado hacia puertos inteligentes, utilizando tecnología y datos para optimizar y acelerar el

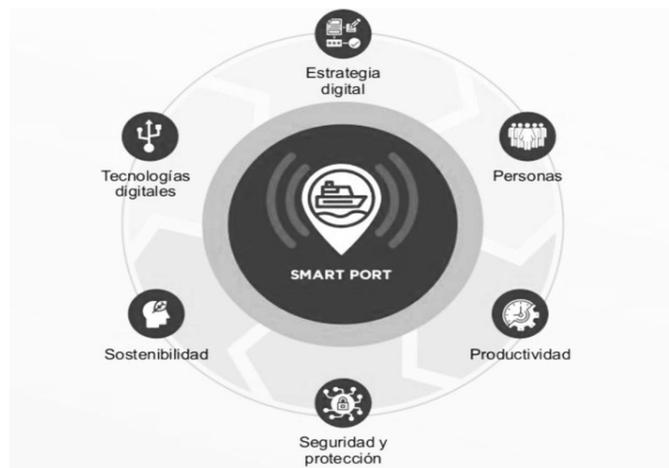
proceso de envío y recepción de mercancías [16]. Los gobiernos están comprometidos en transformar los puertos en puertos inteligentes, buscando operaciones más eficientes, menor impacto ambiental y desarrollo sostenible.

Se ha podido observar que el transporte marítimo es el medio de transporte más económico y con mayor eficiencia ya que puede transportar cualquier tipo de mercancía; sin embargo, muchos autores hablan de los problemáticas que presentan los terminales de mercancías, por esto se hace las implementación de la logística 4.0 en los puertos, volviendolos puertos inteligentes. Los niveles para llevar un puerto hacia su transformación inteligente se presenta en la Figura 3.



**Figura 3.** Transformación portuaria  
Fuente: [17]

El uso de nuevas tecnologías como el Internet de las cosas, la navegación automática y la integración de vehículos aéreos no tripulados (UAV) está desempeñando un papel importante en las actividades marítimas [18]. Ha existido una notoria evolución en los puertos y cómo mejoraron sus procesos logísticos haciéndolos más óptimos y factibles con la implementación del machine learning, internet of things y estrategias digitales. Para ello, se destaca que un puerto inteligente debe integrar aspectos como tecnologías portuarias, sostenibilidad, estrategias digitales, personas, productividad y seguridad y protección (Figura 4).



**Figura 4.** Componentes de un puerto inteligente  
Fuente: [17]

El transporte marítimo se enfrenta a desafíos como el cambio climático y la contaminación ambiental por esto los puertos inteligentes han surgido como una respuesta a estos desafíos y buscan adaptar los puertos marítimos al siglo XXI mejorando la efectividad y optimización de los mismos [19]. Además, el posicionamiento dinámico (DP) se utiliza en diversas tareas, como el tendido de tuberías submarinas y el transporte marítimo, y se requiere un alto rendimiento en las operaciones marinas [20].

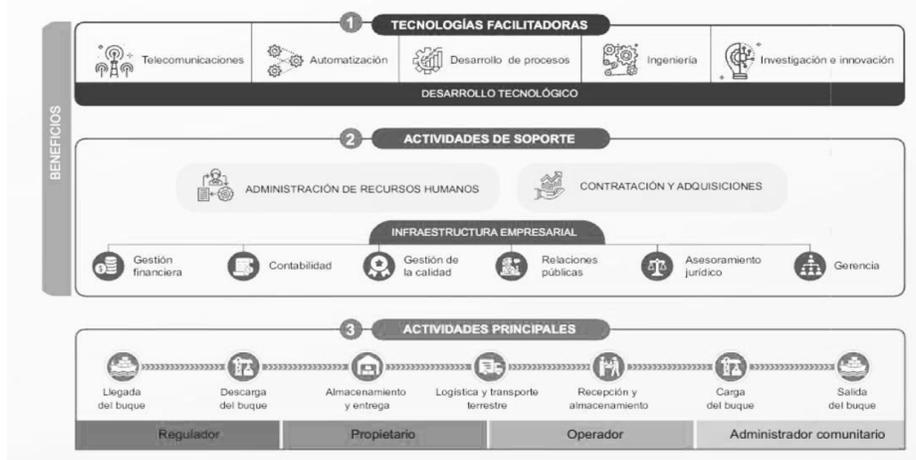


Figura 5. Tecnologías facilitadoras  
Fuente: [17]

Los autores anteriormente nombrados resaltan de manera adecuada los desafíos que enfrenta el transporte marítimo, como el cambio climático y la contaminación ambiental, y cómo los puertos inteligentes surgen como una solución para enfrentar estas problemáticas. Además, se introduce otro aspecto relevante, el posicionamiento dinámico (DP), que es una tecnología crucial para diversas tareas en el transporte marítimo. Al mencionar su aplicabilidad en la colocación de tuberías submarinas y el transporte marítimo, se enfatiza la importancia de contar con altos niveles de rendimiento y precisión en las operaciones marinas dentro de la cadena de valor del puerto y sus tecnologías facilitadoras (Figura 5).

Por lo tanto, los puertos inteligentes han surgido como una solución para mejorar la eficiencia, reducir el impacto ambiental y enfrentar los desafíos en el transporte marítimo utilizando nuevas tecnologías con la recopilación y gestión de datos que desempeñan un papel crucial en la optimización de las operaciones portuarias [21]. Para ello, el papel fundamental que desempeñan los puertos inteligentes en la mejora de la eficiencia y en la reducción del impacto ambiental en el transporte marítimo es clave. El enfoque en el uso de nuevas tecnologías, junto con la recopilación y gestión de datos, muestra cómo la digitalización y la implementación de soluciones tecnológicas están desempeñando un papel crucial en la optimización de las operaciones portuarias.

Finalmente, la transformación portuaria debería cambiar el enfoque estratégico hacia la gestión de recursos, la interactividad externa y el valor del ecosistema general [17].

## Conclusiones

Los puertos inteligentes representan una respuesta innovadora y estratégica para alcanzar una optimización sin precedentes en el comercio marítimo a nivel global. Estos puertos aprovechan tecnologías avanzadas, como el internet de las cosas y la integración de datos, con el objetivo de lograr operaciones portuarias más eficientes y efectivas, al tiempo que reducen significativamente el impacto ambiental y promueven el desarrollo sostenible.

La implementación de sensores y una gestión eficaz de grandes cantidades de datos se convierten en factores cruciales para llevar a cabo esta transformación hacia la inteligencia portuaria. La capacidad de recopilar y analizar información en tiempo real permite tomar decisiones más informadas y estratégicas, mejorando la coordinación y la fluidez en los procesos logísticos.

Es innegable que los puertos inteligentes son una solución necesaria para enfrentar los retos actuales en el transporte marítimo y adaptarse a los requerimientos de los puertos marítimos del siglo XXI. La industria 4.0 está impulsando la evolución hacia estos puertos del futuro, que no solo buscan aumentar la eficiencia y la productividad, sino también ser responsables con el medio ambiente. Es fundamental que los puertos aspiren a ser amigables con el entorno en el que operan. La sociedad actual exige un enfoque más sostenible y ecológico en todas las áreas de actividad, y el transporte marítimo no es la excepción. Aspirar a convertirse en un puerto inteligente y, a su vez, sostenible medioambientalmente, es una meta digna de perseguir. La optimización de los procesos de la cadena de suministro no debe hacerse a expensas del medio ambiente, sino que deben ir de la mano para asegurar un crecimiento económico sostenible y responsable. Los puertos inteligentes no solo representan una evolución tecnológica para el comercio marítimo, sino que son una respuesta necesaria y bien fundamentada ante los desafíos actuales. La combinación de tecnologías avanzadas con prácticas sostenibles es el camino a seguir para el desarrollo y la prosperidad de la industria portuaria, beneficiando tanto a las empresas involucradas como a la sociedad en su conjunto.

## Referencias

- [1] O. D. R. Sanchez, *Indicadores de Productividad para la Industria Potuaria: Aplicación en América Latina y el Caribe*. United Nations Publications, 2006. [Online]. Available: [https://books.google.com/books/about/Indicadores\\_de\\_Productividad\\_para\\_la\\_Ind.html?hl=&id=LAEob-D03I4C](https://books.google.com/books/about/Indicadores_de_Productividad_para_la_Ind.html?hl=&id=LAEob-D03I4C)
- [2] L. V. Gálvez, *Industria 4.0: gestión del conocimiento*. Editorial Universidad Icesi, 2021. [Online]. Available: [https://play.google.com/store/books/details?id=Kh\\_YzgEACAAJ](https://play.google.com/store/books/details?id=Kh_YzgEACAAJ)
- [3] N. Nomikos, P. K. Gkonis, P. S. Bithas, and P. Trakadas, "A Survey on UAV-Aided Maritime Communications: Deployment Considerations, Applications, and Future

- Challenges," *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 4, pp. 56–78, 2023, doi: 10.1109/OJCOMS.2022.3225590.
- [4] P. Cartagena, "La cuarta oportunidad," *Pórtico*, 2018. <https://www.puertocartagena.com/sites/default/files/RevistaPortico2018-compressed.pdf> (accessed Jul. 28, 2023).
- [5] NexusAdmintralIntegra, "Puertos inteligentes: la transformación del sector portuario," *Nexus Integra*, Apr. 22, 2022. <https://nexusintegra.io/es/puertos-inteligentes-la-transformacion-sector-portuario/> (accessed Jul. 28, 2023).
- [6] "Vista de El impulso de la digitalización de los puertos del Sistema Portuario Español mediante el análisis Business Observation Tool." <https://doi.org/10.14482/inde.38.2.650> (accessed Jul. 28, 2023).
- [7] CEPAL, "Digitalización en puertos: aplicación de gemelos digitales en la complejidad logística," 2022. [Online]. Available: [https://books.google.com/books/about/Digitalizaci%C3%B3n\\_en\\_puertos\\_aplicaci%C3%B3n\\_d.html?hl=&id=D5B9zwEACAAJ](https://books.google.com/books/about/Digitalizaci%C3%B3n_en_puertos_aplicaci%C3%B3n_d.html?hl=&id=D5B9zwEACAAJ)
- [8] D. S. Valencia-Hernandez, S. Robledo, R. Pinilla, N. D. Duque-Méndez, and G. Olivartost, "SAP algorithm for citation analysis: An improvement to tree of Science," *Ing. Investig.*, vol. 40, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.15446/ing.investig.v40n1.77718.
- [9] S. Robledo, M. Zuluaga, L.-A. Valencia-Hernandez, O. A.-E. Arbelaez-Echeverri, P. Duque, and J.-D. Alzate-Cardona, "Tree of Science with Scopus: A Shiny application," *Issu. Sci. Technol. Libr.*, no. 100, Aug. 2022, doi: 10.29173/istl2698.
- [10] C.-H. Chiang, L.-B. Chen, S.-Y. Kuo, L.-J. Lin, Y.-P. Lin, and Y.-C. Hsu, "Evaluation of Supply Chain Management on Green Performance in Taichung Smart Port of Taiwan," in *2022 IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Oct. 2022, pp. 549–550. doi: 10.1109/GCCE56475.2022.10014316.
- [11] Y. Boullauazan, C. Sys, and T. Vanelslander, "Developing and demonstrating a maturity model for smart ports," *Marit. Policy Manage.*, pp. 1–19, May 2022, doi: 10.1080/03088839.2022.2074161.
- [12] J. Chen, T. Huang, X. Xie, P. T.-W. Lee, and C. Hua, "Constructing Governance Framework of a Green and Smart Port," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 7, no. 4, p. 83, Mar. 2019, doi: 10.3390/jmse7040083.
- [13] A. Othman, S. El Gazzar, and M. Knez, "Investigating the Influences of Smart Port Practices and Technology Employment on Port Sustainable Performance: The Egypt Case," *Sustain. Sci. Pract. Policy*, vol. 14, no. 21, p. 14014, Oct. 2022, doi: 10.3390/su142114014.

- [14] "LOS PUERTOS INTELIGENTES: ELEMENTOS PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE," in *Luces en el camino: Filosofía y Ciencias Sociales en tiempos de desconcierto*, 2021, p. 18. Accessed: Jul. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/351109303>
- [15] A. E. Idrissi, A. Haidine, A. Aqqal, and A. Dahbi, "Deployment Strategies of Mobile Networks for Internet-of-Things in Smart Maritime Ports," in *2022 11th International Symposium on Signal, Image, Video and Communications (ISIVC)*, May 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/ISIVC54825.2022.9800728.
- [16] C. Jahn and N. Nellen, "Smart Port Concept: Strategic Development, Best Practices, Perspectives of Development," in *Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route*, I. Ilin, T. Devezas, and C. Jahn, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 81–93. doi: 10.1007/978-3-030-92291-7\_5.
- [17] "Manual de puertos inteligentes: Estrategia y hoja de ruta." <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Manual-de-puertos-inteligentes-Estrategia-y-hoja-de-ruta.pdf> (accessed Jul. 28, 2023).
- [18] B. T. H. Yen, M.-J. Huang, H.-J. Lai, H.-H. Cho, and Y.-L. Huang, "How smart port design influences port efficiency – A DEA-Tobit approach," *Res. Transp. Bus. Manag.*, vol. 46, no. 100862, p. 100862, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.rtbm.2022.100862.
- [19] H. P. Nguyen, N. D. K. Pham, and V. D. Bui, "Technical-Environmental Assessment of Energy Management Systems in Smart Ports," *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 11, no. 4, pp. 889–901, Nov. 2022, doi: 10.14710/ijred.2022.46300.
- [20] J. Xiao, "Ship dynamic positioning control based on nonlinear fuzzy algorithm for a smart port city," *J. Test. Eval.*, vol. 51, no. 3, p. 20220083, May 2023, doi: 10.1520/jte20220083.
- [21] Y. Wang, W. Feng, J. Wang, and T. Q. S. Quek, "Hybrid Satellite-UAV-Terrestrial Networks for 6G Ubiquitous Coverage: A Maritime Communications Perspective," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 39, no. 11, pp. 3475–3490, Nov. 2021, doi: 10.1109/JSAC.2021.3088692.