

Jornadas de Automática

Breve revisión sobre inventario automatizado de señalética con drones

Satama-Bermeo, G.^{a,*}, Caballero-Martin, D.^a, Affou, H.^a, Ramos-Hernanz, J.^b, Armentia, A.^a, Lopez-Guede, J.M.^a

^aDpto. Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), C/ Nieves Cano, nº 12, 1006, Vitoria-Gasteiz, España.

^bDpto. Ingeniería Eléctrica, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), C/ Nieves Cano, nº 12, 1006, Vitoria-Gasteiz, España.

To cite this article: Satama-Bermeo, G., Caballero-Martin, D., Affou, H., Ramos-Hernanz, J., Armentia, A., Lopez-Guede, J.M. 2024. Breve revisión sobre inventario automatizado de señalética con drones. *Jornadas de Automática*, 45. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10907>

Resumen

Este artículo presenta una breve revisión sobre la generación automatizada de inventarios de señalización vial mediante drones y aprendizaje profundo, utilizando la metodología PRISMA. Se analizaron 30 artículos de bases de datos académicas como Google Scholar, Science Direct y Web of Science. Los estudios revisados destacan las ventajas del uso de drones para la captura de imágenes y datos Lidar, así como la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial para el procesamiento y análisis de datos. La literatura muestra que estas tecnologías permiten una gestión más eficiente y precisa de la señalización vial, mejorando la seguridad y la planificación urbana. También se identifican desafíos y futuras líneas de investigación, como la integración de diferentes tipos de sensores y el desarrollo de modelos más robustos para la detección y clasificación de señalización.

Palabras clave: Inventario automatizado, Señalización vial, Drones, Inteligencia artificial, Lidar, Gestión urbana, Seguridad vial.

Breve revisión sobre inventario automatizado de señalética con drones

Abstract

This article presents a brief review on the automated generation of road signage inventories using drones and deep learning, employing the PRISMA methodology. Thirty articles from academic databases such as Google Scholar, Science Direct, and Web of Science were analyzed. The reviewed studies highlight the advantages of using drones for capturing images and Lidar data, as well as the application of artificial intelligence algorithms for data processing and analysis. The literature shows that these technologies enable more efficient and accurate management of road signage, enhancing safety and urban planning. Challenges and future research directions are also identified, including the integration of different sensor types and the development of more robust models for signage detection and classification.

Keywords: Automated inventory, Road signage, Drones, Artificial intelligence, Lidar, Urban management, Road safety.

1. Introducción

Los estudios de investigación buscan abordar los desafíos actuales relacionados con la seguridad vial y la eficiencia en el transporte, aspectos fundamentales para el progreso de la sociedad y el bienestar de sus integrantes. Por lo tanto, el desarrollo automatizado de sistemas para detectar elementos en las carreteras se ha convertido en un campo de estudio crucial,

con la promesa de mejorar la gestión del tráfico y elevar significativamente los niveles de seguridad en las vías. En este contexto, se observa cómo se ha comenzado a incorporar drones y técnicas avanzadas de aprendizaje como una estrategia que merece ser explorada aún más.

Los UAV, equipados con sistemas de captura de imágenes de alta resolución, ofrecen una perspectiva única desde el aire, permitiendo una detección precisa y eficiente de elemen-

tos viales como señales de tráfico, marcas viales, peatones y vehículos (Huang et al., 2022). Este enfoque ha sido respaldado por investigaciones recientes que destacan la capacidad de los algoritmos de aprendizaje profundo para analizar grandes conjuntos de datos de imágenes y reconocer patrones con precisión sin precedentes (Gupta et al., 2024b), (Samsonov et al., 2015), (Pal et al., 2023).

La integración de estas tecnologías ha impulsado avances significativos en la detección temprana de condiciones peligrosas en la carretera, como obstáculos y condiciones climáticas adversas (Munawar et al., 2021), (Javanmardi et al., 2021). Además, los UAV equipados con cámaras de alta resolución han demostrado ser herramientas valiosas en la gestión de desastres naturales, facilitando la evaluación rápida de daños y la coordinación de operaciones de rescate en áreas afectadas por eventos catastróficos (Panagiotidis et al., 2016), (Zhao, 2023).

Por otro lado, los UAV también han encontrado aplicaciones en la monitorización de recursos naturales y la agricultura de precisión, donde han demostrado ser herramientas valiosas para la evaluación de cultivos, la detección de cambios en el paisaje y la gestión sostenible de los recursos naturales (Miranda et al., 2021), (Yadav et al., 2022). Estos avances tienen implicaciones significativas para la mitigación de riesgos naturales, la planificación del uso del suelo y la conservación del medio ambiente (Safonova et al., 2021), (Yang et al., 2023).

A pesar de los notables avances en este campo, persisten desafíos técnicos, éticos y regulatorios que deben abordarse para maximizar el potencial de la detección automatizada de elementos viales mediante UAV y técnicas de aprendizaje profundo (Balado et al., 2020). La revisión de (Sung et al., 2022) identifica la necesidad de integrar diferentes tipos de sensores para mejorar la precisión y adaptabilidad de los sistemas de detección. Además, estudios como el de (Munawar et al., 2021) subrayan la importancia de desarrollar modelos robustos que puedan operar eficazmente en diversas condiciones ambientales.

Este artículo se estructura para ofrecer una visión integral de la investigación en la automatización de inventarios de señalización vial utilizando drones e IA. Comienza con una introducción que contextualiza la relevancia del tema. La metodología emplea el enfoque PRISMA para la revisión detallada, detallando los criterios de búsqueda y selección de estudios. La sección de resultados y discusión presenta los hallazgos clave, destacando las ventajas, aplicaciones prácticas, desafíos y futuras direcciones de investigación. Finalmente, la conclusión resume los puntos principales, reafirmando el potencial de estas tecnologías y la importancia de superar los desafíos técnicos y regulatorios.

2. Metodología

Para llevar a cabo una revisión detallada sobre la generación automatizada de inventarios de señalización vial mediante drones y aprendizaje profundo, se adoptó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Rana and Babu, 2022). Este enfoque asegura un proceso riguroso y transparente para la identificación, selección y análisis de estudios relevantes (Sung et al., 2022).

La búsqueda se realizó en tres bases de datos académicas: Science Direct (SD), Web of Science (WS) y Google Scholar (GS), utilizando términos como "signage detection", "traffic sign inventory", "drones", "UAV", "machine learning", "deep learning" y "geospatial analysis" (Miranda et al., 2021), (Balado et al., 2020), (Piralilou et al., 2019). La estrategia se diseñó para capturar estudios relevantes, utilizando operadores booleanos (Ghorbanzadeh et al., 2019). Se enfocó en artículos publicados en los últimos diez años para asegurar relevancia y actualidad (Ghorbanzadeh et al., 2019).

Se utilizaron ecuaciones de búsqueda específicas en cada base de datos, resultando en 341 artículos únicos tras la eliminación de duplicados. Los artículos fueron cribados en varias etapas, revisando títulos y resúmenes para evaluar pertinencia, y seleccionando 30 estudios finales que cumplieran con los criterios de inclusión. Los resultados de las búsquedas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de la búsqueda bibliográfica

Ecuación	Número de artículos	Fuente
ALL=(signage OR "traffic sign" OR inventory OR "sign management" OR "sign detection") AND ALL=(drone OR UAV OR "unmanned aerial vehicle" OR "aerial imaging") AND ALL=("machine learning" OR AI OR "artificial intelligence" OR "deep learning" OR "computer vision") AND ALL=(GIS OR "geographic information systems" OR "spatial data" OR "geospatial analysis")	8	Web Science (WS)
"signage detection" OR "traffic sign detection" OR "traffic sign inventory" OR "sign inventory" OR "sign management" AND "drones" OR "UAV" OR "unmanned aerial vehicle" OR "aerial imaging" AND "machine learning" OR "AI" OR "artificial intelligence" OR "deep learning" OR "computer vision" AND "geospatial analysis" OR "GIS" OR "geographic information systems" OR "spatial data"	63	Google Scholar (GS)
(drones AND "inventory management") OR (UAV AND "inventory management")	272	Science Direct (SD)

Cada artículo fue asignado a un investigador para su revisión inicial, donde se evaluaron los títulos y resúmenes para determinar su pertinencia al tema de estudio. Este cribado inicial permitió reducir el número de artículos a aquellos que abordaban directamente la generación de inventarios de señalización vial mediante drones y aprendizaje profundo (van Geffen et al., 2022).

El cribado de artículos se realizó en varias etapas para asegurar la relevancia y calidad de los estudios seleccionados. En la primera etapa, se revisaron los títulos y resúmenes de los 341 artículos para evaluar su pertinencia al tema de estudio. Aquellos que no abordaban directamente la generación de inventarios de señalización vial mediante drones y aprendizaje profundo fueron excluidos (Naranjo et al., 2023), (Xiong et al., 2023). En la segunda etapa, los artículos seleccionados en la etapa anterior fueron evaluados en su totalidad pa-

ra verificar su relevancia y calidad metodológica (Safonova et al., 2021). Se consideraron factores como la metodología empleada, los resultados obtenidos y las conclusiones presentadas (Yin et al., 2023).

En la última etapa de cribado, se seleccionaron 30 artículos que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos y que aportaban datos significativos para el análisis (Khan et al., 2020). Estos estudios abarcaban diversas aplicaciones de drones y técnicas de aprendizaje profundo, proporcionando una base sólida para la evaluación de la tecnología en la gestión de señalización vial (Gupta et al., 2024a). Para representar visualmente el proceso de selección de artículos, se utilizó un diagrama PRISMA que ilustra las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios revisados 1.

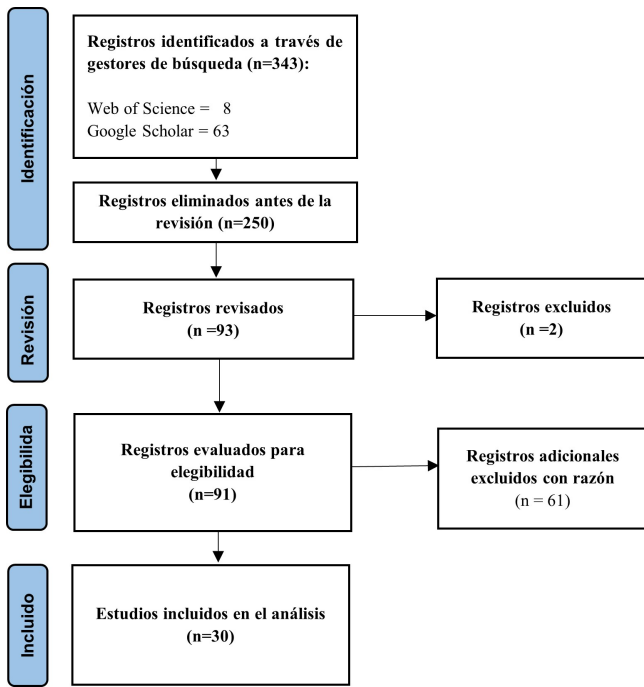


Figura 1: Diagrama PRISMA del proceso de selección de artículos.

La metodología aplicada se ha respaldado en estudios previos que emplean UAV y técnicas de aprendizaje profundo para aplicaciones diversas. Por ejemplo, investigaciones sobre la cartografía de deslizamientos utilizando UAV y transformada wavelet acoplada con aprendizaje automático (Rana and Babu, 2022), y el uso de SLAM basado en gráficos con detección de señales de tráfico para mapeo HD (Sung et al., 2022), destacan los avances en el uso de estas tecnologías. Además, estudios sobre la capacidad de cámaras montadas en UAV para estimar atributos forestales (Miranda et al., 2021), y enfoques novedosos para inventarios automáticos de señales de tráfico basados en sistemas de mapeo móvil (Balado et al., 2020), proporcionan ejemplos concretos de aplicaciones exitosas de estas tecnologías.

También se consideraron estudios sobre la detección de fallos en taludes utilizando redes neuronales profundas (Piralilou et al., 2019), y el uso de UAV para la clasificación y evaluación del estado vital de los árboles (Ghorbanzadeh et al., 2019). Investigaciones que destacan la necesidad de modelos de aprendizaje robustos para la asignación de recursos en

logística humanitaria (Yu et al., 2021), y la utilización de conjuntos de datos 2D-3D para la geo-localización de señales de tráfico (You et al., 2019), fueron incluidas para proporcionar una visión amplia y detallada del estado actual de la tecnología y sus aplicaciones. Esta metodología asegura un enfoque integral y riguroso para la revisión de la literatura, proporcionando una base sólida para la evaluación de la generación automatizada de inventarios de señalización vial mediante drones y aprendizaje profundo.

Esta metodología asegura un enfoque integral y riguroso para la revisión de la literatura, proporcionando una base sólida para la evaluación de la generación automatizada de inventarios de señalización vial mediante drones y aprendizaje profundo.

3. Resultados y discusión

Los estudios revisados abarcan diversas aplicaciones de drones y técnicas de aprendizaje profundo en la gestión de señalización vial. La combinación de vehículos aéreos no tripulados (UAV) y algoritmos de aprendizaje profundo ha permitido avances significativos en la detección y clasificación automatizada de señales de tráfico (Balado et al., 2020), (Piralilou et al., 2019). Los UAV equipados con cámaras de alta resolución capturan imágenes detalladas desde diversas alturas y ángulos, y los algoritmos de aprendizaje profundo procesan estas imágenes con alta precisión para identificar y clasificar señales de tráfico en tiempo real (Piralilou et al., 2019), (Zajac and Huber, 2021), (Yu et al., 2021). Esta tecnología ha demostrado ser eficaz en diferentes condiciones de iluminación y clima, lo que la hace aplicable en diversos entornos viales, desde carreteras rurales hasta autopistas urbanas (You et al., 2019), (Yue et al., 2021).

Además de la detección de señales de tráfico, los UAV se han utilizado para la evaluación de infraestructuras viales. Los drones permiten una inspección rápida, detallada y rentable de carreteras, puentes y otras infraestructuras críticas (van Geffen et al., 2022). Los estudios destacan cómo los UAV equipados con cámaras de alta resolución y sensores especializados pueden identificar grietas, deformaciones y otros daños estructurales, mejorando la seguridad vial y reduciendo significativamente los costos de mantenimiento al permitir una planificación más eficiente de las actividades de reparación y rehabilitación (Safonova et al., 2021).

El monitoreo de condiciones ambientales es otra área donde los UAV han mostrado gran potencial para mejorar la gestión de la señalización vial y la seguridad en las carreteras. Equipados con sensores avanzados, los drones pueden recopilar datos en tiempo real sobre variables ambientales críticas, como temperatura, humedad, precipitación y velocidad del viento (Khan et al., 2020). Esta información permite a las autoridades viales tomar decisiones informadas para adaptar la señalización y las advertencias a las condiciones climáticas cambiantes, mejorando así la seguridad y la eficiencia del tráfico (Antwi et al., 2023), (Yavas and Ozkan-Ozen, 2020).

A pesar de los avances significativos, persisten varios desafíos y limitaciones que deben abordarse para maximizar el potencial de los UAV y el aprendizaje profundo en la gestión de señalización vial. Las restricciones regulatorias, especialmente en lo que respecta al vuelo de drones en áreas urbanas y

sobre personas, siguen siendo un obstáculo importante (Musa, 2022). Además, la duración limitada de la batería y la capacidad de carga útil de los UAV actuales pueden restringir su uso en aplicaciones que requieren vuelos prolongados o el transporte de sensores pesados (Musa, 2022). Otro desafío clave es la necesidad de desarrollar algoritmos de aprendizaje profundo más robustos y precisos para la detección de señales de tráfico. Si bien los estudios actuales han demostrado resultados prometedores, aún hay margen para mejorar la precisión y reducir los falsos positivos, especialmente en condiciones climáticas adversas o con señales de tráfico dañadas o parcialmente ocultas (Piralilou et al., 2019), (Yu et al., 2021), (You et al., 2019).

La integración de diferentes tipos de sensores (cámaras, LiDAR, sensores ambientales) y la interoperabilidad entre sistemas de gestión de tráfico también siguen siendo áreas de investigación activa (Panagiotidis et al., 2016), (Yavas and Ozkan-Ozen, 2020). Para aprovechar al máximo el potencial de los UAV y el aprendizaje profundo, es crucial desarrollar sistemas que puedan fusionar datos de múltiples fuentes y comunicarse de manera fluida con las infraestructuras viales existentes.

Las futuras investigaciones deben centrarse en desarrollar algoritmos de aprendizaje profundo más avanzados y específicos para la detección de señales de tráfico, integrando técnicas como redes neuronales convolucionales (CNN) y redes neuronales recurrentes (RNN) para mejorar aún más la precisión y la robustez (Piralilou et al., 2019), (Yu et al., 2021). Además, la integración de múltiples fuentes de datos, como imágenes de satélite, datos de sensores en la carretera y registros históricos de accidentes, puede mejorar significativamente la eficiencia de los sistemas de gestión de tráfico (Panagiotidis et al., 2016).

También es crucial realizar estudios a largo plazo que evalúen el impacto real de estas tecnologías en la seguridad vial y la eficiencia del tráfico. Estos estudios deben involucrar a múltiples partes interesadas, como autoridades viales, fabricantes de vehículos y expertos en seguridad, para garantizar una implementación efectiva y aceptada por la sociedad (Antwi et al., 2023), (Yavas and Ozkan-Ozen, 2020).

La combinación de UAV y aprendizaje profundo ofrece un gran potencial para mejorar la gestión de señalización vial y la seguridad en las carreteras. Sin embargo, se necesita más investigación y desarrollo para superar los desafíos actuales y maximizar los beneficios de esta tecnología emergente. La colaboración interdisciplinaria entre ingenieros, científicos de datos y autoridades viales será esencial para avanzar en este campo y contribuir a la creación de sistemas de transporte más seguros y eficientes.

4. Conclusiones

La revisión detallada revela un gran potencial de los vehículos aéreos no tripulados (UAV) y las técnicas de aprendizaje profundo para la gestión de señalización vial. Los principales desafíos incluyen restricciones regulatorias para el uso de drones en espacios públicos, limitaciones técnicas relacionadas con la duración de la batería y la capacidad de carga de los UAV, y la necesidad de desarrollar algoritmos más robustos que puedan operar eficazmente en diversas condicio-

nes ambientales. Además, la integración de diferentes tipos de sensores y la interoperabilidad entre sistemas de gestión de tráfico siguen siendo áreas de investigación activa.

Las direcciones futuras de investigación sugieren explorar más a fondo el desarrollo de algoritmos de aprendizaje profundo más avanzados y específicos para la detección de señales de tráfico, así como la integración de múltiples fuentes de datos para mejorar la precisión y la eficiencia de los sistemas de gestión de tráfico. También se destaca la necesidad de estudios a largo plazo que evalúen el impacto de la implementación de estas tecnologías en la seguridad vial y la eficiencia del tráfico.

Agradecimientos

Los autores han contado con el apoyo de la Fundación Vitoria-Gasteiz Mobility Lab, una organización del gobierno de la Diputación Provincial de Araba y del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz a través de la siguiente subvención de los proyectos "Generación de mapas mediante drones e Inteligencia Computacional" y "Generación de Inventario Automatizado de Señalética mediante drones e Inteligencia Computacional".

Referencias

- Antwi, R. B., Takyi, S., Karaer, A., Ozguven, E. E., Moses, R., Dulebenets, M. A., Sando, T., 2023. Detecting school zones on florida's public roadways using aerial images and artificial intelligence (ai2). *Transportation Research Record* 2677 (9), 227–240.
DOI: 10.1177/03611981231185771
- Balado, J., González, E., Arias, P., Castro, D., 2020. Novel approach to automatic traffic sign inventory based on mobile mapping system data and deep learning. *Remote Sensing* 12 (3), 442.
DOI: 10.3390/rs12030442
- Ghorbanzadeh, O., Meena, S. R., Blaschke, T., Aryal, J., 2019. Uav-based slope failure detection using deep-learning convolutional neural networks. *Remote Sensing* 11 (17), 2046.
DOI: 10.3390/rs11172046
- Gupta, A., Mhala, P., Mangal, M., Yadav, K., Sharma, S., 2024a. Traffic sign sensing: A deep learning approach for enhanced road safety. *Research Square*.
DOI: 10.21203/rs.3.rs-3889986/v1
- Gupta, P., Ding, B., Guan, C., Ding, D., 2024b. Generative ai: A systematic review using topic modelling techniques. *Data and Information Management* 8 (2), 100066.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dim.2024.100066>
- Huang, L., Qiu, M., Xu, A., Sun, Y., Zhu, J., 2022. Uav imagery for automatic multi-element recognition and detection of road traffic elements. *Aerospace* 9 (4), 198.
DOI: 10.3390/aerospace9040198
- Javanmardi, M., Song, Z., Qi, X., 2021. A fusion approach to detect traffic signs using registered color images and noisy airborne lidar data. *Applied Sciences* 11 (1), 309.
DOI: 10.3390/app11010309
- Khan, M. N., Sharma, M., Gupta, D., Mittal, M., 2020. Automatic detection and classification of road conditions using statistical model for autonomous driving. *Journal of Computing and Information Technology* 28 (4), 453–468.
DOI: 10.20532/cit.2020.1005180
- Miranda, A., Catalán, G., Altamirano, A., Zamorano-Elgueta, C., Cavieres, M., Guerra, J., Mola-Yudego, B., 2021. How much can we see from a uav-mounted regular camera? remote sensing-based estimation of forest attributes in south american native forests. *Remote Sensing* 13 (11), 2151.
DOI: 10.3390/rs13112151
- Munawar, H. S., Ullah, F., Qayyum, S., Heravi, A., 2021. Application of deep learning on uav-based aerial images for flood detection. *Smart Cities* 4 (3), 1220–1242.
DOI: 10.3390/smartcities4030065
- Musa, A., 2022. Multi-view traffic sign localization with high absolute accuracy in real-time at the edge, 155–167.
DOI: 10.1145/3557915.3561020

- Naranjo, M., Fuentes, D., Muelas, E., Díez, E., Ciruelo, L., Alonso, C., Abenaza, E., Gómez-Espinosa, R., Luengo, I., 2023. Object detection-based system for traffic signs on drone-captured images. *Drones* 7 (2), 112. DOI: 10.3390/drones7020112
- Pal, O. K., Shovon, M. S. H., Mridha, M. F., Shin, J., 2023. A comprehensive review of ai-enabled unmanned aerial vehicle: Trends, vision, and challenges. *arXiv preprint arXiv:2310.16360*. DOI: 10.48550/arXiv.2310.16360
- Panagiotidis, D., Abdollahnejad, A., Surov, P., Chiteculo, V., 2016. Determining tree height and crown diameter from high-resolution uav imagery. *International Journal of Remote Sensing* 38 (7), 2150–2170. DOI: 10.1080/01431161.2016.1264028
- Piralilou, S. T., Shahabi, H., Jarihani, B., Ghorbanzadeh, O., Blaschke, T., Gholamnia, K., Meena, S. R., Aryal, J., 2019. Landslide detection using multi-scale image segmentation and different machine learning models in the higher himalayas. *Remote Sensing* 11 (21), 2575. DOI: 10.3390/rs11212575
- Rana, H., Babu, G. L. S., 2022. Object-oriented approach for landslide mapping using wavelet transform coupled with machine learning: A case study of western ghats, india. *Indian Geotechnical Journal* 52 (3), 691–706. DOI: 10.1007/s40098-021-00587-8
- Safonova, A., Hamad, Y., Dmitriev, E., Georgiev, G., Trenkin, V., Georgieva, M., Dimitrov, S., Iliev, M., 2021. Individual tree crown delineation for the species classification and assessment of vital status of forest stands from uav images. *Drones* 5 (3), 77. DOI: 10.3390/drones5030077
- Samsonov, P., Hecht, B., Schöning, J., 2015. From automatic sign detection to space usage rules mining for autonomous driving. In: *Proceedings of the Workshop on Experiencing Autonomous Vehicles: Crossing the Boundaries between a Drive and a Ride at ACM CHI*.
- Sung, C., Jeon, S., Myung, H., 2022. What if there was no revisit? large-scale graph-based slam with traffic sign detection in an hd map using lidar inertial odometry. *Intelligent Service Robotics* 15 (2), 161–170. DOI: 10.1007/s11370-021-00395-2
- van Geffen, F., Heim, B., Brieger, F., Geng, R., Shevtsova, I. A., Schulte, L., Stuenzi, S. M., Bernhardt, N., Troeva, E. I., Pestryakova, L. A., Zakharov, E. S., Pflug, B., Herzschuh, U., Kruse, S., 2022. Sidroforest: a comprehensive forest inventory of siberian boreal forest investigations including drone-based point clouds, individually labeled trees, synthetically generated tree crowns, and sentinel-2 labeled image patches. *Earth System Science Data* 14, 4967–4994. DOI: 10.5194/essd-14-4967-2022
- Xiong, J., Guo, P., Wang, Y., Meng, X., Zhang, J., Qian, L., Yu, Z., 2023. Multi-agent deep reinforcement learning for task offloading in group distributed manufacturing systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 118, 105710. DOI: 10.1016/j.engappai.2022.105710
- Yadav, V. S., Singh, A., Gunasekaran, A., Raut, R. D., Narkhede, B. E., 2022. A systematic literature review of the agro-food supply chain: Challenges, network design, and performance measurement perspectives. *Sustainable Production and Consumption* 29, 685–704. DOI: 10.1016/j.spc.2021.11.019
- Yang, L., Li, X., Xia, Y., Aneja, Y., 2023. Returns operations in omnichannel retailing with buy-online-and-return-to-store. *Omega* 119, 102874. DOI: 10.1016/j.omega.2023.102874
- Yavas, V., Ozkan-Ozen, Y. D., 2020. Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 135, 101864. DOI: 10.1016/j.tre.2020.101864
- Yin, Y., Zheng, P., Li, C., Wang, L., 2023. A state-of-the-art survey on augmented reality-assisted digital twin for futuristic human-centric industry transformation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 81, 102515. DOI: 10.1016/j.rcim.2022.102515
- You, C., Wen, C., Wang, C., Li, J., Habib, A., 2019. Joint 2-d–3-d traffic sign landmark data set for geo-localization using mobile laser scanning data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 20 (7), 2550–2565. DOI: 10.1109/TITS.2018.2868168
- Yu, L., Zhang, C., Jiang, J., Yang, H., Shang, H., 2021. Reinforcement learning approach for resource allocation in humanitarian logistics. *Expert Systems with Applications* 173, 114663. DOI: 10.1016/j.eswa.2021.114663
- Yue, G., Tailai, G., Dan, W., 2021. Multi-layered coding-based study on optimization algorithms for automobile production logistics scheduling. *Technological Forecasting & Social Change* 170, 120889. DOI: 10.1016/j.techfore.2021.120889
- Zajac, S., Huber, S., 2021. Objectives and methods in multi-objective routing problems: A survey and classification scheme. *European Journal of Operational Research* 290, 1–25. DOI: 10.1016/j.ejor.2020.07.005
- Zhao, Y., 2023. An ambient media advertising order snatch system based on price stepping algorithm. *Procedia Computer Science* 228, 983–992. DOI: 10.1016/j.procs.2023.10.196