

Innovaciones en la Gestión del Tráfico Urbano Utilizando Fuentes de Datos Heterogéneas e IA: Un Enfoque Integrado

Iván Gómez, Sergio Ilarri

COSMOS (Computer Science for Complex System Modelling)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Universidad de Zaragoza
María de Luna, 1, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: ivangp21@gmail.es

Resumen

En este breve artículo, presentamos nuestra línea de investigación actual y futura centrada en la mejora de las técnicas de gestión y predicción del tráfico urbano. Nuestra metodología se basa en la integración de datos de fuentes diversas, aplicando técnicas avanzadas de análisis y modelado. Este enfoque tiene como objetivo optimizar la planificación urbana y promover sistemas de transporte más sostenibles en entornos urbanos, adaptándose a las necesidades cambiantes de las ciudades modernas.

Introducción

En la actualidad, las ciudades se enfrentan a un crecimiento acelerado tanto en términos de población como de expansión geográfica, lo que conlleva un aumento significativo en la movilidad vehicular [1]. Este fenómeno presenta desafíos complejos para la gestión del tráfico urbano, que ahora requiere de soluciones tecnológicas avanzadas capaces de soportar una planificación y operación efectivas. La gestión del tráfico, más que nunca, necesita adaptarse a las demandas de una población en constante crecimiento y a las expectativas de una movilidad urbana eficiente y sostenible [2]. Además, los atascos de tráfico no solo representan una pérdida sustancial de tiempo para los ciudadanos, sino que también conllevan un aumento en las emisiones de contaminantes, afectando directamente a la calidad del aire [3] y, consecuentemente, a la salud pública.

El empleo de tecnologías como “*Big Data*”, “IoT” (Internet de las Cosas) e “IA” (Inteligencia Artificial) está transformando la gestión del tráfico urbano [4]. Las técnicas de *Big Data* permiten el análisis de grandes volúmenes de datos recopilados a través de diversas fuentes, incluidos sistemas de tráfico y sensores urbanos, orientados a la investigación y toma de decisiones. La integración de IoT facilita la recolección continua y en tiempo real de estos datos, mientras que la IA posibilita analizar y procesar esta información para prever comportamientos y optimizar respuestas de tráfico. Esta digitalización avanzada de los sistemas de transporte urbano no sólo abre nuevas oportunidades para el desarrollo de

sistemas y aplicaciones asistentes en la planificación urbana, sino que también plantea retos significativos en términos de extracción de conocimiento útil y de calidad a partir de los datos disponibles. El uso de metodologías bien diseñadas y técnicas adecuadas de gestión de datos puede tener un impacto crucial, especialmente en entornos urbanos, por ejemplo, en la optimización de flujos vehiculares, detección de congestiones críticas y ajuste de semafización. También permite identificar patrones de movilidad atípicos, que son claves para enfrentar los desafíos de infraestructura urbana. Estas mejoras no solamente buscan mejorar la eficiencia de los sistemas de tráfico actuales, sino también la calidad de vida de los ciudadanos y la sostenibilidad ambiental. Para este propósito, asegurar una recolección de datos de alta calidad y la implementación de estrategias de gestión de datos adecuadas es esencial.

Trabajo en curso

La línea de investigación hasta ahora se ha centrado en mejorar la predicción del tráfico mediante la integración efectiva de datos heterogéneos procedentes de diversas fuentes, tales como sensores de tráfico, información meteorológica, detalles de infraestructura vial y el calendario laboral. Se ha desarrollado un marco de trabajo para la normalización e integración de estos datos, lo que permite una descripción precisa del tráfico. Este enfoque utiliza técnicas avanzadas de procesamiento de datos y análisis estadístico para optimizar la comprensión de las dinámicas urbanas y reforzar la base de datos utilizada para construir posteriormente modelos predictivos.

Paralelamente, estamos avanzando en la construcción de modelos predictivos utilizando técnicas de aprendizaje automático y aprendizaje profundo para evaluar y prever las condiciones del tráfico urbano. Estos modelos están diseñados para aprender de los conjuntos de datos enriquecidos, permitiendo la predicción de patrones de tráfico y potenciales congestiones con una precisión notable. La aplicación de estos modelos busca no únicamente responder a las condiciones de tráfico, sino también anticipar y mitigar problemas antes de que se

manifiesten. Además, estamos explorando el uso de técnicas de visualización de datos y simulaciones para entender mejor el impacto de las intervenciones realizadas en la gestión del tráfico, poniendo el énfasis en ayudar a la toma de decisiones. Estas herramientas nos permiten presentar nuestros hallazgos de manera que sean intuitivos y útiles para personas encargadas de planificación urbana o responsables de realizar acciones que puedan tener un impacto en el tráfico. Esto incluye la creación de cuadros de mando (*dashboards*) interactivos que muestran en tiempo real el estado del tráfico y las predicciones de congestión, facilitando la adaptabilidad de estos modelos en distintos contextos urbanos.

Retos y Desafíos

En nuestra línea de trabajo, estamos comprometidos con los principios de *FATE* (*Fairness, Accountability, Transparency, and Ethics*) y *FAIR* (*Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable*), además de adherirnos a los *Principios de Reproducibilidad*. Nos esforzamos por garantizar que nuestras metodologías y desarrollos sean transparentes y sigan estándares éticos, promoviendo la accesibilidad y la interoperabilidad de los datos para abordar los desafíos emergentes con integridad y responsabilidad.

Además, la naturaleza heterogénea de las fuentes de datos que utilizamos presenta otro desafío importante. Nuestros modelos deben poder integrar y procesar datos de múltiples fuentes y formatos, lo que requiere un esfuerzo en el preprocesamiento y la normalización de datos para asegurar su interoperabilidad y utilidad en análisis complejos. Esta integración efectiva es crucial para desarrollar modelos que sean reproducibles en diferentes contextos urbanos y que también se adapten a las particularidades de cada ciudad. Además, dependemos en gran medida de datos públicos, que varían significativamente tanto en disponibilidad como en formato, dependiendo de quién los publique y del lugar donde se encuentren. Esto complica aún más la tarea de asegurar la consistencia y precisión de nuestros análisis.

Por otro lado, la aplicación de técnicas avanzadas de inteligencia artificial es fundamental para superar estos desafíos. Estamos explorando y desarrollando metodologías que utilizan redes neuronales profundas, aprendizaje automático y otras técnicas estadísticas avanzadas para mejorar la precisión de nuestras predicciones y la efectividad de nuestras intervenciones. Esta meta implica una continua evaluación y recalibración de los modelos para

integrar nuevos datos y comprender las tendencias urbanas emergentes, garantizando que nuestras soluciones sean siempre relevantes y adaptables.

Finalmente, desarrollar visualizaciones avanzadas es un desafío clave para interpretar nuestros extensos datos. Es fundamental que estas herramientas sean al mismo tiempo técnicamente avanzadas y fáciles de entender e intuitivas, permitiendo que urbanistas y tomadores de decisiones visualicen claramente los efectos y ventajas de distintas políticas. Nos enfrentamos al reto de integrar tecnologías innovadoras en gestión y visualización de datos para ofrecer representaciones que además de ser claras sean también accesibles y comprensibles, apoyando así una planificación urbana más informada y proactiva.

Conclusiones

La efectiva, eficiente y segura gestión del tráfico urbano requiere el desarrollo de nuevas técnicas de modelado predictivo y sistemas de gestión de datos. En este breve artículo, hemos destacado los principales desafíos existentes para la predicción y gestión del tráfico y hemos esbozado el trabajo que estamos realizando para abordarlos. Nuestro objetivo es contribuir a sistemas de tráfico más inteligentes y sostenibles, mejorando así la calidad de vida urbana.

Agradecimientos

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i PID2020-113037RB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033. Además del proyecto previo (proyecto NEAT-AMBIENCE), se agradece también el apoyo del Departamento de Ciencia, Universidad y Sociedad del Conocimiento del Gobierno de Aragón (Gobierno de Aragón: referencia de grupo T64_23R, grupo COSMOS).

REFERENCIAS

- [1]. R. LOUF y M. BARTHELEMY. How congestion shapes cities: from mobility patterns to scaling. *Scientific Reports*. 2020, Vol. 10, No. 1, pp. 1-9. DOI: 10.1038/srep05561.
- [2]. Q.-L. JING, H.-Z. LIU, W.-Q. YU y X. HE. The impact of public transportation on carbon emissions—from the perspective of energy. *Sustainability*. 2022, Vol. 14, No. 9, pp. 6248:1-6248:19. DOI: 10.3390/su14106248.
- [3]. S. ILARRI, R. TRILLO-LADO y L. MARRODAN. Traffic and pollution modelling for air quality awareness: An experience in the city of Zaragoza. *Springer Nature Computer Science*. 2022, Vol. 3, Art. 281, pp. 281:1-281:33. DOI: 10.1007/s42979-022-01105-0.
- [4]. S. E. BIBRI y J. KROGSTIE. Environmentally sustainable smart cities and their converging AI, IoT, and Big Data technologies and solutions: an integrated approach to an extensive literature review. *Energy Informatics*. 2023, Vol. 6, No. 1, pp. 1-39. DOI: 10.1186/s42162-023-00259-2