

impacto social impact



¿Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?

How can artificial intelligence reduce road traffic accidents and prevent congestion?

Leire Serrano, Enrique Onieva, Hugo Landaluce,
Antonio D. Masegosa, Asier Moreno

impacto
social
impact



En el marco de la labor llevada a cabo por la Universidad de Deusto (<http://www.deusto.es/>) en el tema del impacto social de la investigación, anualmente se seleccionan una serie de **proyectos** de investigación con **alto potencial de impacto social**, y a partir de ellos, se elaboran y publican los denominados Deusto Social Impact Briefings (DSIB). Son unas monografías breves dirigidas a entidades sociales, personas usuarias, policy makers, o empresas que, en lenguaje no académico, responden al objetivo de poner de manifiesto la **acción transformadora de la investigación**, posibilitando que los resultados de la investigación de Deusto sean inteligibles para los agentes sociales y puedan ayudarles a responder a los retos de transformación social a los que se enfrentan, ofreciéndoles buenas prácticas, guías o recomendaciones en la labor que desempeñan.

Frecuencia de publicación y formato

Deusto Social Impact Briefings se publica electrónicamente y en versión impresa una vez al año. Su tercer número se publicó en marzo de 2019 como resultado de una convocatoria lanzada a toda la comunidad investigadora en 2018. Este número corresponde a la convocatoria 2019 y se publicará en 2020.

Suscripciones

Actualmente, no se aplican cargos por la presentación, publicación, acceso en línea y descarga. Pocas copias impresas se ponen a disposición de los colaboradores y socios clave.

Derechos de autor

Deusto Social Impact Briefings es una publicación de Acceso Abierto de la Universidad de Deusto (España).

Su contenido es gratuito para su acceso total e inmediato, lectura, búsqueda, descarga, distribución y reutilización en cualquier medio o formato sólo para fines no comerciales y en cumplimiento con cualquier legislación de derechos de autor aplicable, sin la previa autorización del editor o el autor; siempre que la obra original sea debidamente citada y cualquier cambio en el original esté claramente indicado. Cualquier otro uso de su contenido en cualquier medio o formato, ahora conocido o desarrollado en el futuro, requiere el permiso previo por escrito del titular de los derechos de autor.

© Universidad de Deusto
P.O. box 1 - 48080 Bilbao, España
Publicaciones
Tel.: +34-944139162
E-mail: publicaciones@deusto.es
URL: www.deusto-publicaciones.es

ISBN: 978-84-1325-108-0 (version impresa / printed version)
Deposito Legal / Legal Deposit: BI-108-2017

Impreso y encuadernado en España / Printed and bound in Spain

Within the framework of the work carried out by the University of Deusto (<http://www.deusto.es/>) on the social impact of research, a series of research projects with high potential for social impact are selected annually, and from these, the so-called Deusto Social Impact Briefings (DSIB) are prepared and published as short monographs. They are aimed at social organisations, users, policy-makers and businesses. They seek to ensure that research outcomes are intelligible to all these different social actors. They also seek to provide guidelines, best practices and recommendations to support the tasks of meeting the challenges of social transformation that must be faced.

Publication frequency and format

Deusto Social Impact Briefings is published electronically and in print version once a year. Its third issue appears in March 2019 as result of a call launched in 2018. This issue corresponds to a call launched in 2019 and will be published in 2020.

Subscriptions

Currently, no charges for submission, publication, online access, and download are applicable. Few print copies are freely made available for key collaborators and partners.

Copyrights

Deusto Social Impact Briefings is an Open Access publication of the University of Deusto (Spain).

Copyright for this publication is retained by the Publisher. Any part of its content can be reused in any medium or format only for non-commercial purposes and in compliance with any applicable copyright legislation, without prior permission from the Publisher or the author(s). In any case, proper acknowledgement of the original publication source must be made and any changes to the original work must be clearly indicated. Any other use of its content in any medium or format, now known or developed in the future, requires prior written permission of the copyright holder.

DEUSTO Social Impact Briefings No. 4 (2019)

Dirección y Coordinación Editorial

Rosa María Santibañez Gruber, Universidad de Deusto, España

Antonia Caro González, Universidad de Deusto, España

Comité Científico:

Javier Arellano Yanguas, Decano de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Universidad de Deusto.

Antonia Caro González, Directora de la Oficina de Proyectos Internacionales de Investigación y experta en temas europeos, innovación en gestión de la investigación e impacto social, Universidad de Deusto, España.

Laura Teresa Gómez Urquijo, investigadora y Profesora en la Facultad de Derecho e investigadora del equipo Desarrollo Social, Economía e Innovación para las Personas (EDISPe), Universidad de Deusto, España.

Mikel Larreina Díaz, Profesor en Deusto Business School, Vicedecano de Relaciones Internacionales e investigador del equipo Finanzas, Universidad de Deusto, España.

Amaia Méndez Zorrilla, Profesora en la Facultad de Ingeniería e investigadora del equipo e-VIDA, Universidad de Deusto, España.

Francisco José Ruiz Pérez S.J., Decano de la Facultad de Teología, Universidad de Deusto, España.

Comité Asesor Externo:

Máximo Enrique Gutiérrez Muélledes, Presidente, Federación Española de Jugadores de Azar Rehabilitados (FEJAR).

Rémy Russotto, Director ejecutivo, Confederación de Organizaciones para la Aplicación de las Normas de Transporte por Carretera.

Oficina del Servicio General de Alcohólicos Anónimos de España (OSG)

Rosa María Cendón Leris, Coordinadora del área de sensibilización e incidencia política, SICAR cat (Catalunya), España.

Editors

Rosa María Santibañez Gruber, University of Deusto, Spain

Antonia Caro González, University of Deusto, Spain

Scientific Committee:

Javier Arellano Yanguas, Dean of the Faculty of Social and Human Sciences at the University of Deusto, Spain.

Antonia Caro González, Head of the International Research Projects Office and expert in European issues, social impact and innovation in research management at the University of Deusto, Spain.

Laura Teresa Gómez Urquijo, lecturer at the Faculty of Law and researcher in the Economics, Social Development and Innovation for People (EDISPe) team at the University of Deusto, Spain.

Mikel Larreina Díaz, lecturer at Deusto Business School, Associate Dean for International Relations and researcher in Finances team at the Universidad de Deusto, Spain.

Amaia Méndez Zorrilla, lecturer at the Faculty of Engineering and researcher in the e-LIFE team at the University of Deusto, Spain.

Francisco José Ruiz Pérez S.J., Dean of the Faculty of Theology at the University of Deusto, Spain.

External Advisory Board:

Máximo Enrique Gutiérrez Muélledes, President, Spanish Federation of Rehabilitated Gamblers.

Rémy Russotto, Chief Executive Officer, Confederation of Organisations in Road Transport Enforcement (CORTE).

Spanish General Service Office for Anonymous Alcoholics (OSG)

Rosa María Cendón Leris, Coordinator of awareness policy and advocacy area, SICAR cat (Catalunya), Spain.

Oficina Editorial / Editorial Office:

Barbara Rossi, Responsable editorial

DEUSTO Social Impact Briefings

International Research Projects Office (IRPO)

Universidad de Deusto

Avda. Universidades 24

48007 Bilbao

Tel: +34 944 13 90 00 (ext 2136)

Email: Barbara Rossi <barbara.rossi@deusto.es>

Web: <http://www.deusto.es/>

Prólogo

A través de los '*Deusto Social Impact Briefings*' (DSIB) la investigación en Deusto (<http://www.deusto.es/>) persigue trasladar el impacto de sus resultados más allá del mundo académico e incidir, de acuerdo con la misión de la Universidad, en la transformación de la sociedad actual.

La Universidad entiende como investigación e innovación con impacto social aquella que contribuye a procesos de transformación hacia sociedades más justas, diversas e inclusivas, alineando las iniciativas locales y regionales con los retos sociales globales en un proceso de diseño participativo y de co-creación con partenariados multinivel.

En un contexto de crecientes demandas políticas y sociales, los DSIB están dirigidos a entidades sociales, personas usuarias, *policy makers* y/o empresas como parte de un proceso divulgativo de la investigación en forma de buenas prácticas, guías o recomendaciones y con el fin de apoyarles en la labor que desempeñan para responder a los retos de transformación social a los que se enfrentan. La colaboración con los agentes externos es crucial para los investigadores de Deusto para poder definir cuestiones que fomenten el impacto social, el desarrollo sostenible y las soluciones innovadoras.

Los DSIB son monografías breves que permiten mostrar las capacidades de investigación en Deusto a través de proyectos de investigación desarrollados por personal investigador de nuestra universidad en áreas de conocimiento de alta relevancia social. Se publican en papel y *online* (en castellano e inglés) con una periodicidad anual y podrán encontrarse también en la página web de Deusto Research¹.

En línea con las directrices marcadas dentro del modelo de gestión de la investigación *6i's*², la Universidad seleccionó el presente briefing por su alto potencial de impacto social como parte de un conjunto de cuatro briefings.

En *¿Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?* se presentan las ventajas del sistema TIMON para optimizar la gestión del tráfico y las operaciones de la red de transporte urbano en las ciudades, apoyando directamente a los gestores de transporte en su proceso de toma de decisiones para la optimización del transporte.

Queremos agradecer el esfuerzo conjunto del personal investigador y de los agentes sociales en la compleja tarea de repensar los resultados de las investigaciones realizadas en un formato más accesible, esperamos que útil, y que cumpla el potencial impacto social que perseguimos mediante su uso y aplicación por profesionales, ciudadanía, personas usuarias finales, agentes públicos y sociales que trabajáis en los temas.

Agradeciendo de antemano el interés por esta iniciativa quedamos a la espera de nuevas propuestas, sugerencias y comentarios que nos ayuden a mejorar de cara a ediciones sucesivas.

Rosa María Santibañez Gruber
Antonia Caro González
DIRECCIÓN DSIB,
Septiembre 2020

¹ <https://www.deusto.es/cs/Satellite/deustoresearch/es/inicio/difusion-y-transferencia/briefings-y-story-tellings>

² <https://www.deusto.es/cs/Satellite/deustoresearch/es/inicio/produccion-cientifica-excelente/internacional-6>

Foreword

Through the *Deusto Social Impact Briefings* (DSIB), researchers at Deusto (<http://www.deusto.es/>) seek to disseminate their findings beyond the confines of the academic world and help to fulfil the University's declared mission to transform today's society.

For the University, "research and innovation with social impact" should help to bring about fairer, more diverse and inclusive societies aligning local and regional initiatives with global societal goals in a process of participatory design and co-creation through multi-stakeholders partnerships.

In a context of increasing policy and societal demands, the DSIB target social organisations, individual users, policy-makers and/or businesses with the aim of providing them with useful guides, recommendations and good practices to face the challenges of social transformation. Collaboration with stakeholders is crucial for Deusto researchers to define questions that foster social impact, sustainable development and innovative solutions.

The DSIB are short, monographic presentations that seek to highlight the research capabilities at Deusto through projects carried out by research teams from the University in topics with high social relevance. They are published in print and online (in Spanish and English) once a year, and can also be found on the Deusto Research¹ website.

In line with the 6 i's Research Model², the University selected this briefing for its potentially high social impact research as part of a series of 4 briefings that make up this fourth edition of the DSIB.

How can artificial intelligence reduce road traffic accidents and prevent congestion? seeks to present the benefits of the TIMON system for optimising traffic management and urban transport network operations in cities, directly supporting transport managers in their decision-making processes for transport operations.

We would like to thank all the researchers and social actors involved for their joint efforts in the complex task of re-shaping the outcomes of their research into a more accessible format. We hope this will be useful and that it will fulfil the potential for social impact we seek, becoming a valuable tool for specialists, individual citizens, public-sector and social actors working in the relevant fields.

We would also like to say thank you in advance for any new proposals, suggestions and comments that readers interested in this initiative may wish to make with a view to improving it in future editions.

Rosa María Santibañez Gruber
Antonia Caro González
Editors,
September 2020

¹ <https://www.deusto.es/cs/Satellite/deustoresearch/es/inicio/difusion-y-transferencia/briefings-y-story-tellings>

² <https://www.deusto.es/cs/Satellite/deustoresearch/es/inicio/produccion-cientifica-excelente/internacional-6>

¿Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?

Leire Serrano, Enrique Onieva, Hugo Landaluce,
Antonio D. Masegosa, Asier Moreno

doi: [http://dx.doi.org/10.18543/dsib-4\(2020\)-pp49-68.pdf](http://dx.doi.org/10.18543/dsib-4(2020)-pp49-68.pdf)

1. Introducción	11
2. Justificación y contexto	14
3. Fases del proceso de implementación de TIMON	16
4. Conclusiones.	19
5. Referencias	22
6. Notas biográficas	24

¿Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?

Leire Serrano, Enrique Onieva, Hugo Landaluze, Antonio D. Masegosa, Asier Moreno

doi: [http://dx.doi.org/10.18543/dsib-4\(2020\)-pp49-68.pdf](http://dx.doi.org/10.18543/dsib-4(2020)-pp49-68.pdf)

Resumen

Los problemas persistentes relacionados con la congestión del tráfico, la seguridad vial y los problemas ambientales podrían resolverse si las personas, los vehículos, las infraestructuras y las empresas estuvieran conectadas en un ecosistema cooperativo. La creación de un ecosistema de este tipo ha sido clave en el proyecto TIMON de Horizonte 2020, donde es la base de referencia para la prestación de servicios de información relacionados con el tráfico y el transporte multimodal a los usuarios vulnerables de la red viaria y las personas responsables de la administración pública en materia de movilidad.

El principal objetivo de TIMON es aumentar la seguridad, la sostenibilidad, la flexibilidad y la eficiencia de los sistemas de transporte por carretera aprovechando la comunicación cooperativa y procesando datos abiertos relacionados con la movilidad a través de una plataforma cooperativa abierta basada en la web y aplicación móvil desarrollada para ofrecer información y servicios a conductores, empresas y usuarios vulnerables de la red viaria en tiempo real.

TIMON ha construido una comunidad grande y solida de más de 100 personas usuarias en la ciudad de Liubliana y ha beneficiado directamente su movilidad y transporte diarios en la ciudad, aumentando su seguridad, reduciendo las emisiones contaminantes y aminorando la congestión. TIMON ha contado con el apoyo de al menos 23 empresas proveedoras de servicios en Sistemas Inteligentes de Transporte (STI), 31 gestores de infraestructuras viarias y administradores de transporte urbano, y asociaciones de transporte, todos ellos pertenecientes al Comité de Usuarios del proyecto.

El presente briefing pretende presentar los beneficios del sistema TIMON para optimizar la gestión del tráfico y las operaciones de la red de transporte urbano en las ciudades, apoyando directamente a las personas responsables del área de transporte en sus procesos de toma de decisiones para las operaciones de transporte.

El informe también explica cómo se ha implementado la solución TIMON en las ciudades y los requisitos mínimos para que funcione.

Palabras claves:

Usuarios Vulnerables de la Red Viaria, Global Navigation Satellite System (GNSS), Inteligencia Artificial (IA), Vehicle 2 everything (V2X), reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), reducción de accidentes, Open platform, open data, Services & Applications, cooperative networks, Cooperative- Intelligent transport Systems (C-ITS).

Abstract

Persistent problems related to traffic congestion, road safety and environmental challenges could be solved if people, vehicles, infrastructure and businesses were connected in a cooperative ecosystem. The creation of such an ecosystem has been key in the Horizon 2020 TIMON project, which is the baseline for delivering information services related to traffic and multimodal transport to road users and administration drivers.

The main objective of TIMON is to increase the safety, sustainability, flexibility and efficiency of road transport systems by taking advantage of cooperative communication and by processing open data related to mobility through a cooperative, open web-based platform and mobile app developed to deliver information and services to drivers, businesses and Vulnerable Road Users (VRU) in real time.

TIMON has built up a large, strong community of more than 100 users (citizens) in the city of Ljubljana and has directly benefited their daily mobility and transport in the city, increasing their safety, cutting down pollutant emissions and curbing congestion. It has also impacted on at least 23 Intelligent Transport Systems (ITS) services companies, 31 road infrastructure managers & city administration and transport associations belonging to the Users' Board of the project.

This briefing seeks to present the benefits of the TIMON system for optimising traffic management and urban transport network operations in cities, directly supporting transport managers in their decision-making processes for transport operations.

The briefing also explains how the TIMON solution has been deployed in the cities and the minimum requirements for it to work.

Key words:

Vulnerable Road Users (VRU), Global Navigation Satellite System (GNSS), Artificial Intelligence (AI), Vehicle 2 everything (V2X), greenhouse gas (GHG) reduction, reduction in crashes, Open platform, open data, Services & Applications, cooperative networks, Cooperative-Intelligent transport Systems (C-ITS).

1. Introducción

El transporte es fundamental para la economía y la sociedad ya que permite no sólo el crecimiento económico, sino también la creación de empleo. A su vez, la movilidad es vital para el desarrollo del mercado interior, ya que la congestión de tráfico supone aproximadamente el 2% del PIB total de la UE, estimado en unos 200 mil millones de euros al año.

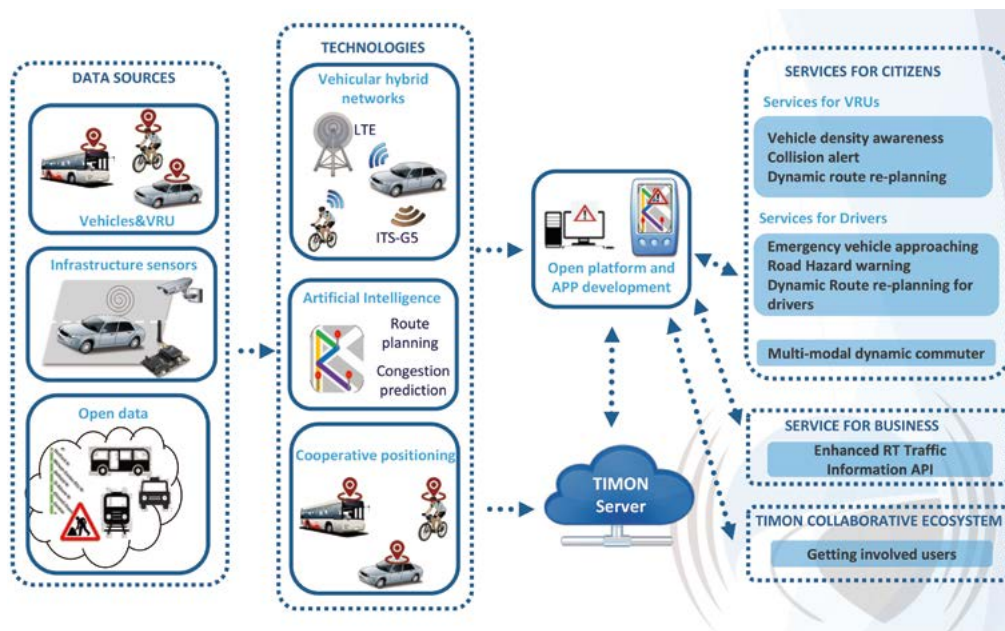
También tiene un fuerte impacto en la calidad de vida de la ciudadanía, ya que las nuevas tecnologías aplicadas a la gestión del tráfico y los distintos medios de transporte se consideran clave para disminuir las probabilidades de sufrir un accidente, reducir el impacto medioambiental que genera el transporte de personas y mercancías, evitar congestiones y aumentar la sostenibilidad y la eficiencia, que son las principales preocupaciones actuales de los y las responsables de la planificación y gestión del transporte.

La movilidad también representa uno de los ejes más significativos en la estructuración de los territorios, áreas y ciudades, siendo su desarrollo motivo de impactos tanto positivos como negativos, en la medida que no se realice bajo criterios de sostenibilidad.

Los avances realizados por la investigación y la innovación del proyecto europeo TIMON se encuentran listos para facilitar información relacionada con la introducción de mejoras en el transporte y la movilidad relacionados principalmente con los siguientes tres aspectos:

- a. el estado de los flujos del tráfico de carretera tanto en tiempo real como a futuro,
- b. las alertas de apoyo a la conducción, tales como el riesgo de colisión entre vehículos o entre vehículos y motociclistas/ ciclistas y
- c. la oferta de rutas que combinen distintos medios de transporte optimizando la movilidad en términos de costes, contaminación, tiempo de tránsito, y ofreciendo rutas alternativas en caso de problemas detectados en la ruta original.

FIGURA 1



Fuente: elaboración propia.

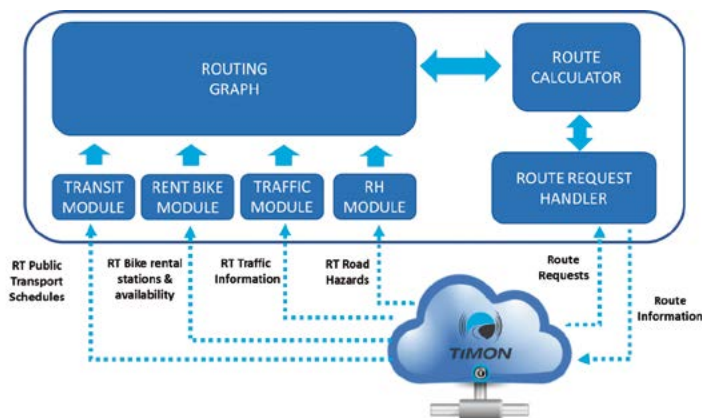
Los servicios para un uso más eficiente de los medios de transporte generados por el proyecto TIMON están dirigidos a ampliar los recursos por parte de las y los responsables públicos y privados de la gestión del transporte y movilidad, tales como operadores de carreteras, de transporte público (por ejemplo, ayuntamientos, empresas municipales de transporte, etc.) TIMON ofrece y facilita a través de una aplicación móvil (APP) o página web los siguientes servicios:

1. **Una aplicación (Enhanced Traffic API) que muestra información de tráfico** con el objetivo de facilitar información en tiempo real sobre el estado de las carreteras, así como información predictiva sobre el estado de las carreteras en cuatro franjas temporales (15, 30, 45, 60 minutos).
2. **Un planificador de rutas multimodal** que provee rutas alternativas combinando distintos medios de transporte (ferrocarril, autobús, automóvil), y combinando diferentes criterios de optimización, como coste, tiempo, duración, factores medio ambientales y seguridad. El sistema tiene en cuenta la información de tráfico y puede replanificar las rutas en caso de incidentes, como retrasos en el transporte público, atascos, accidentes.

3. Alertas en tiempo real para incrementar la seguridad de los conductores y Usuarios Vulnerables de la Red Viaria¹: TIMON permite la comunicación entre dispositivos integrados en los vehículos y los teléfonos inteligentes (smartphones) de los ciclistas o motoristas, alertando de los riesgos en la vía, colisión, accidentes o alerta de zonas peligrosas.

Estas funcionalidades permiten conocer con alta fiabilidad y antelación el estado del tráfico y la situación de la red de transportes, lo que permitirá una mejor planificación de la red de transportes, proporcionando y/o habilitando rutas alternativas en caso de atascos o accidentes, regulando el límite de velocidad variable, promocionando determinados medios de transporte con el fin de descongestionar otros, etc.

FIGURA 2



Fuente: elaboración propia.

El trabajo de investigación, innovación y desarrollo llevado a cabo nos permite disponer de sistemas inteligentes de movilidad y transporte que mediante el análisis de datos y las comunicaciones entre vehículos / infraestructura en tiempo real, permitirá:

- una mayor planificación de la red de transportes en las áreas urbanas e interurbanas, y
- un uso más eficiente de los recursos de transporte, disminuyendo las emisiones contaminantes, aumentando el nivel de seguridad de los usuarios y disminuyendo el tiempo de los usuarios en el transporte.

¹ Usuarios Vulnerables de la Red Viaria: Según la DIRECTIVA 2010/40/UE, se define como «usuarios vulnerables de la red viaria»: usuarios no motorizados de la red viaria, como por ejemplo los peatones y los ciclistas, así como los motoristas y las personas con discapacidad o con movilidad u orientación limitadas.

2. Justificación y contexto

Las políticas de movilidad representan un elemento central de la agenda política en todos los niveles institucionales, tanto en el europeo, estatal, autonómico o de ciudad ya que las políticas de movilidad posibilitan el desarrollo del resto de actividades que tienen lugar en un determinado territorio, además de dar estructura al mismo y condicionar aspectos tan importantes como la capacidad de atracción o la calidad de vida de las personas que viven en él.

El principal objetivo del proyecto TIMON ha sido aumentar la seguridad, la sostenibilidad, la flexibilidad y la eficiencia de los sistemas de transporte, aprovechando el potencial de las comunicaciones cooperativas y el procesamiento de información abierta (open data) del transporte. Proveyendo de herramientas (una plataforma web y una aplicación móvil) desarrolladas con el propósito de proveer información y servicios fiables a las personas conductoras, empresas y usuarios vulnerables de la carretera en tiempo real.

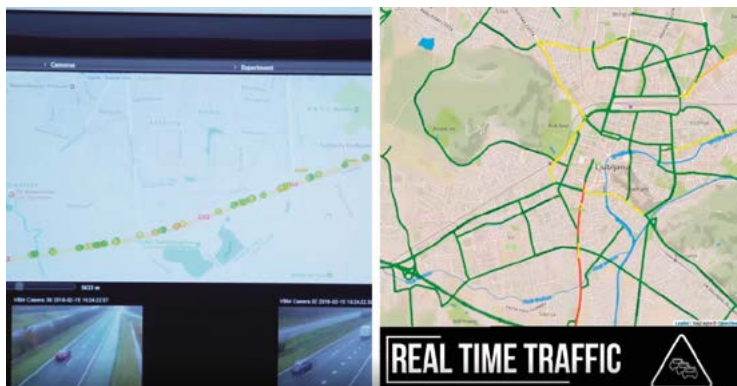
Es importante reseñar que el proyecto TIMON ha contribuido directamente a diferentes políticas y objetivos de la Unión Europea, como, por ejemplo:

- *“WHITE PAPER - Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system”*, que tiene como objetivos para 2050, eliminar las muertes en carretera en el transporte por carretera y una reducción del 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de las actividades de transporte.
- *“A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility”*, en la que TIMON ha contribuido al desarrollo de nuevos servicios de sistemas cooperativos C-ITS, tales como *“Alertas de localizaciones peligrosas”*, la *“Protección de usuarios vulnerables”* y la *“Información de tráfico y enrutado inteligente”*.

Con el presente briefing, el proyecto TIMON podrá apoyar a los gestores de transporte y tráfico en el proceso de toma de decisiones, proveyendo de herramientas que facilitan la siguiente información:

- a. estado del tráfico en tiempo real, así como información predictiva sobre el estado de las carreteras en cuatro franjas temporales (15, 30, 45, 60 minutos),

FIGURA 3



Fuente: Imágenes creadas en colaboración con los socios del proyecto TIMON.

- b. información en tiempo real sobre incidentes en la carretera,
- c. el diseño o rediseño de rutas combinando distintos medios de transporte, y teniendo en cuenta el estado de la carretera (tráfico en tiempo real y predicciones), de forma que las personas responsables de la gestión de la movilidad puedan ofrecer rutas eficientes a la ciudadanía, evitando accidentes, zonas de atascos, retrasos en el transporte público, etc. Así mismo, usando las herramientas diseñadas, las rutas podrán considerar diferentes criterios de eficiencia, tales como coste, tiempo, duración de la ruta, factores medioambientales y seguridad,
- d. la oferta de una serie de servicios ofrecidos a la ciudadanía, mediante el acceso del personal gestor de la movilidad a una APP que les alertará de los riesgos en la vía, riesgo de colisión con otros vehículos, accidentes o alerta de zonas peligrosas. También les dará la opción de planificar su ruta de movilidad.

FIGURA 4



Fuente: Esta imagen ha sido grabada por IQ-media (<https://www.iqmedia.nl/>) y editada por Ikusee (<https://likusee.tv/>).

El uso, implementación de dicha herramienta está pensado para disminuir los accidentes entre un 15 y 20%, así como la reducción de los niveles de contaminación de emisiones entre un 6 y un 10% y la congestión en entre un 12 y un 20%.

3. Fases del proceso de implementación de TIMON

Las herramientas desarrolladas por el proyecto TIMON están estructuradas en tres módulos:

1. Información de tráfico;
2. planificador de rutas multimodal y
3. alertas en tiempo real para conductores y personas usuarias vulnerables en carretera.

Cada uno de los módulos se pueden instalar de forma independiente y son interoperables con diferentes plataformas y sistemas de gestión de tráfico y transporte. Así mismo, TIMON opera con un modelo de datos estándar a nivel europeo, como es el DATEX II, facilitando la integración de nuevas fuentes de datos, así como su interoperabilidad.

Con el fin de adaptar TIMON a las posibilidades, necesidades y requerimientos de la propia ciudad, las personas responsables de la gestión del tráfico por carretera requerirán seguir un proceso que consta de dos fases principales:

- una primera de análisis para la realización de un estudio pormenorizado previo de los aspectos principales a considerar
- la segunda parte de implantación del sistema TIMON.

FIGURA 5



Fuente: Imagen creada por Geox (www.geox.hu/en/).

Primera fase: análisis de requisitos

a. *Análisis de las características de la ciudad*, abordando los siguientes aspectos:

- Disposición y distribución urbana de la ciudad, número de habitantes, entradas/ salidas diarias de la ciudad;
- Identificación de la infraestructura técnica de transporte:
 - ¿Cuál es la sensórica disponible (contadores de tráfico, cámaras, etc.)?
 - ¿Quién es el gestor de la infraestructura?
 - ¿Cuál es la conexión con otras ciudades?
 - ¿Cuáles son los medios de transporte disponibles?
 - ¿Cuál es la tasa de adopción de smartphones y aplicaciones de navegación (ej. HERE, Google Maps) de las personas usuarias en la ciudad y/ o el país?

b. *Análisis de fuentes de datos*

Para poder implantar TIMON en la ciudad, se debe contar con **un número mínimo de fuentes de datos**, tales como: información de transporte público (GTFS, GTFS-RT), accidentes de carretera, obras en la carretera, niveles de contaminación, meteorología, indicadores de tráfico (afluencia de vehículos en distintos puntos de la ciudad).

Para ello, es necesario **identificar las fuentes de datos disponibles**, teniendo en cuenta los requisitos de acceso a los mismos (niveles de privacidad, etc.). Es especialmente valiosa la disponibilidad de datos abiertos a distintos niveles, europeo, nacional, regional y local.

FIGURA 6



Fuente: Esta imagen ha sido creada por Ikusee (<https://ikusee.tv/>).

c. Análisis de infraestructura disponible

En este apartado es importante la identificación de la sensorica disponible en la ciudad, tales como: cámaras, sensores Bluetooth, espiras, contadores etc. Esta infraestructura existente será la que aporte información sobre el estado del tráfico y la red de transporte.

En el caso del módulo de alertas para la asistencia a la conducción, la ciudad debe contar con una infraestructura de C-ITS, que permita la comunicación entre infraestructura y vehículos.

Segunda fase: Implantación del sistema TIMON

a. Complementar fuentes de datos e instalación de sensorica

El hecho de no disponer de las fuentes de datos mínimas no supondría un problema, ya que el equipo TIMON puede trabajar para complementar los conjuntos de datos disponibles, estableciendo colaboraciones en el ámbito público o privado, con agentes vinculados al transporte o autoridades competentes. Se trataría de un trabajo conjunto: primeramente, la entidad interesada debería aportar el catálogo de infraestructura y sensorica disponible, así como el detalle de los formatos de sus entradas/salidas, y con ello, analizar desde el equipo

investigador si son compatibles con TIMON o habría que desarrollar conectores y procesos de estandarización y tratamiento de datos.

En lo referente a la sensórica, los sensores de tráfico instalados en la ciudad tendrán que ser comprobados para asegurar que están en buen funcionamiento y que las salidas de datos son adecuadas para el uso de TIMON.

También se valorará la instalación de sensores adicionales de forma que complemente los datos existentes. En los casos en los que TIMON necesite proporcionar sensores para su instalación, se elegirá un hardware y software compatible con el sistema TIMON, lo cual simplificará el proceso de recopilación de datos.

b. Automatización de recogida de datos y estandarización

Una vez haya finalizado la fase de estudio de requisitos, el equipo de TIMON implementará la recogida de datos automática de las fuentes de datos identificadas, y de la sensórica instalada, transformará las salidas al estándar DATEX II.

TIMON: Provisión de servicios

Una vez se hayan implementado las fases anteriores, el sistema TIMON quedará completamente operativo para la provisión de servicios en los siguientes ámbitos: información de tráfico; planificador de rutas multimodal y alertas en tiempo real para conductores y personas usuarias vulnerables en la carretera.

FIGURA 7



Fuente: Esta imagen ha sido creada por Ikusee (<https://ikusee.tv/>).

4. Conclusiones

TIMON se ha testado satisfactoriamente en las ciudades de Ljubljana (Eslovenia) y Helmond (Holanda), involucrando a operadores de transporte y usuarios de

transporte reales (ciudadanos). Este proceso de testeo y pilotaje ha permitido recoger el feedback de los usuarios de primera mano, mejorando la solución de TIMON de forma iterativa, e identificando el roadmap para su implantación en otras ciudades europeas.

FIGURA 8



Fuente: equipo de proyecto TIMON.

Basándonos en los resultados obtenidos en las pruebas de testeo, se han identificado las siguientes “lecciones aprendidas”:

- Es muy importante que, desde la fase de análisis de requisitos, se **identifique que agentes van a proveer los datos** en TIMON con el fin de establecer un marco de colaboración efectivo: gestores de infraestructuras de transporte, operadores de transporte público, ayuntamientos, proveedores de servicios de transporte, usuarios, entre otros.
- La relevancia de tener las **fuentes de datos mínimas**, y que puedan ser recogidas de forma automatizada, bien a través de una API o un colector automático de datos.
- La **calidad de las fuentes de datos** se debe evaluar en **fases incipientes** del proyecto; si no cumple unos estándares mínimos, se deberá identificar como complementarlos, identificando fuentes de datos de pago o instalando sensorica adicional en la vía.

- En el caso de los servicios de “Alerta de zonas peligrosas” y “Alerta de accidentes” es muy importante que se hagan **campañas para promover el uso de la solución entre los ciudadanos**, de forma que se involucren activamente notificando eventos en la vía. Esto será clave para que la aplicación de TIMON facilite información actualizada en tiempo real.
- La información que facilita **TIMON es complementaria a otras aplicaciones** de transporte, entre las cuales cabe destacar el servicio de rutas para ciclistas y motociclistas. TIMON ofrece información sobre la seguridad de la ruta propuesta. Estos servicios han tenido una gran acogida entre los usuarios de otros países (Eslovenia).

En definitiva, la implementación de la investigación y las innovaciones desarrolladas en otras ciudades podría ayudar a cumplir un doble objetivo:

- En primer lugar, supondría aplicar los resultados de un proyecto de investigación europeo de excelencia en entornos reales, en ciudades concretas, para la generación de impactos sociales positivos.
- Y en segundo lugar, en proporcionar herramientas testadas y procesos viables a las personas responsables de la gestión del tráfico por carretera de las ciudades que les permita una planificación más óptima de los recursos, una minimización de los riesgos (atascos, accidentes, movilidad...) y de la calidad de vida (descenso de los niveles de contaminación) y de la sostenibilidad en línea con las metas propuestas por la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible o la ambiciosa agenda europea sobre medio ambiente, enmarcada bajo el Green Deal.

5. Referencias

- E. Osaba; X.-S. Yang; F. Diaz; P. Lopez; R. Carballo, «An improved discrete bat algorithm for symmetric and asymmetric Traveling Salesman Problems», *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 48, pages 59-71. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.10.006>
- E. Osaba; X.-S. Yang; F. Diaz; E. Onieva; A. Masegosa; A. Perallos, « A Discrete Firefly Algorithm to Solve a Rich Vehicle Routing Problem Modelling a Newspaper Distribution System with Recycling Policy», *Soft Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2114-1>
- P. Lopez; E. Onieva; E. Osaba; A. Masegosa; A. Perallos., «GACE: A meta-heuristic based in the hybridization of Genetic Algorithms and Cross Entropy methods for continuous optimization», *Expert Systems With Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.02.034034>
- P. Lopez-Garcia; E. Onieva; E. Osaba; A.D. Masegosa, A. Perallos., «A Hybrid Method for Short-Term Traffic Congestion Forecasting Using Genetic Algorithms and Cross Entropy». *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. <https://doi.org/10.1109/TITS.2015.2491365>
- E. Onieva; P. Lopez; A. Masegosa; E. Osaba; A. Perallos, «A comparative study on the performance of evolutionary fuzzy and crisp rule-based classification methods in congestion prediction». *Transportation Research Procedia*. <https://doi.org/j.trpro.2016.05.368>
- Eneko Osaba, Enrique Onieva, Fernando Dia, Roberto Carballo, Pedro Lopez, Asier Perallos, «A migration strategy for distributed evolutionary algorithms based on stopping non-promising subpopulations: A case study on routing problems». *International Journal of Artificial Intelligence*. <http://www.ceser.in/ceserp/index.php/ijai/article/view/3871>
- E. Osaba; R. Carballo; X.-S. Yang; F. Diaz., «An Evolutionary Discrete Firefly Algorithm with Novel Operators for Solving the Vehicle Routing Problem with Time Windows». (BOOK) *Nature-Inspired Computation in Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30235-5_2
- E. Osaba; R. Carballo; F. Diaz; E. Onieva; A. Masegosa; A. Perallos, «Good Practice Proposal for the Implementation, Presentation, and Comparison of Metaheuristics for Solving Routing Problems.». *Neurocomputing*. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.11.098>
- “Masegosa, Antonio D.; Onieva, Enrique; Lopez-Garcia, Pedro; Osaba, Eneko. «Applications of Soft Computing in Intelligent Transportation Systems». https://doi.org/10.1007/978-3-319-64286-4_4
- E. Osaba; R. Carballo; P. Lopez; F. Diaz. «Comparison between Golden Ball Meta-heuristic, Evolutionary Simulated Annealing and Tabu Search for the Traveling Salesman Problem». *Proceedings of the 2016 conference on Genetic and evolutionary computation*.

- E. Osaba; P. Lopez; A. Masegosa; E. Onieva; H. Landaluce; A. Perallos. «TIMON Project: Description and Preliminary Tests for Traffic Prediction Using Evolutionary Techniques». Proceedings of the 2016 conference on Genetic and evolutionary computation.
- Pedro Lopez-Garcia, Michal Wozniak, Enrique Onieva, Asier Perallos. «Hybrid Optimization Method Applied to Adaptive Splitting and Selection Algorithm». Hybrid Artificial Intelligent Systems. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32034-2_62
- Pedro Lopez-Garcia, Eneko Osaba, Enrique Onieva, Antonio D. Masegosa, Asier Perallos. «Short-term traffic congestion forecasting using hybrid metaheuristics and rule-based methods: A comparative study». XI Congreso Español de Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados.
- E. Osaba, P. Lopez-Garcia, E. Onieva, A. D. Masegosa, L. Serrano, H. Landaluce. «Application of Artificial Intelligence Techniques to Traffic Prediction and Route Planning, the vision of TIMON project». 12th ITS European Congress.
- Hugo Landaluce, Leire Serrano, Enrique Onieva, Antonio D. Masegosa, Eneko Osaba, Pedro Lopez. «Towards the Development of Real Time Services for an Optimized Multimodal Mobility Supported by Cooperative Networks and Open Data - Advances in TIMON Project». TRA Conference 2018.
- European Commission: http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility/index_en.htm
- European Cyclist Federation <http://www.ecf.com/news/the-darker-side-of-traffic-jams-congestion-costs-billions-to-world-economy/>

6. Notas biográficas



Ing. Leire Serrano

Coordinadora de proyectos europeos en DeustoTech, especializada en el sector de la movilidad y el transporte. Es Ingeniera de Organización Industrial por la Universidad de Deusto. Se encarga de promover proyectos internacionales en el área de Sistemas Inteligentes de Transporte, especialmente en Horizonte 2020 y programas de transporte CEF. Cuenta con más de diez años de experiencia en la coordinación y gestión de proyectos europeos de I+D, ha sido coordinadora del proyecto TIMON H2020 (GA nº 636220), dirige la gestión y aspectos operativos de LOGISTAR (GA nº 769142) y participa en el proyecto POSTLowcit (CEF Transport-referencia: 2015-ES-TM-0239-S).

Leire comenzó a trabajar en el ámbito de los proyectos de I+D en 2008, en Indra Sistemas, trabajando como consultora de proyectos de I+D. Gestionó proyectos a nivel europeo para tecnologías orientadas a la seguridad, en el área de detección de químicos, protección de infraestructuras críticas y control de acceso en fronteras terrestres. Ha participado en la coordinación de varios proyectos para el VII Programa Marco de Investigación y Desarrollo (FP7), como FORLAB (Título: Laboratorio forense para el análisis de pruebas in situ en un escenario posterior a una explosión), BASYLIS (Título: sistema móvil, autónomo y asequible para aumentar la seguridad en grandes entornos impredecibles), ABC4EU (puertas ABC para Europa). En una etapa anterior trabajó en una empresa de consultoría y auditoría, en el campo del análisis del riesgo crediticio, como consultora técnica para un proyecto relacionado con el cálculo del capital básico.



Dr. Enrique Onieva

Investigador postdoctoral y director de proyectos en la Unidad de DeustoTech-Mobility. Obtuvo la licenciatura en Ingeniería Informática, el master en Soft Computing y Sistemas Inteligentes y el doctorado en Informática por la Universidad de Granada, España, en 2006, 2008 y 2011, respectivamente. De 2007 a 2012, ha estado en el programa AUTOPIA del Centro de Automatización y Robótica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España. Durante 2012 estuvo con el grupo de Modelos de Decisión y Optimización, en la Universidad de Granada. Desde principios de 2013 está en la Unidad de Movilidad del Instituto Tecnológico de Deusto (DeustoTech), donde realiza investigación de vanguardia en la aplicación de técnicas de soft computing al campo de los sistemas de transporte inteligente. Desde el año 2015 es también profesor de la Universidad de Deusto, impartiendo conferencias sobre temas relacionados

con la Inteligencia Artificial y Big Data. Ha participado en más de 20 proyectos de investigación, entre ellos, CYBERCARS-2 (FP6), ICSI (FP7) y TIMON (H2020). El Dr. Onieva es el investigador responsable de la investigación de inteligencia artificial en los proyectos ICSI y TIMON. Es autor de más de 100 artículos científicos, de los cuales más de 40 han sido publicados en revistas del más alto nivel. Su investigación ha sido reconocida y premiada varias veces en conferencias internacionales, y sus publicaciones obtienen un índice H de 14 (scopus.com). Ha servido como Experto Externo en el campo de los Sistemas Inteligentes de Transporte para diferentes administraciones. Actualmente, es uno de los investigadores más prolíficos en su área. Su interés en la investigación se basa en la aplicación de técnicas de Soft Computing a los Sistemas Inteligentes de Transporte, incluyendo la decisión y el control basados en lógica difusa y la optimización evolutiva.



Dr. Hugo Landaluze

Recibió el título de Máster en Sistemas Electrónicos Avanzados en 2010 y el de Doctor en Informática y Telecomunicaciones en 2014 por la Universidad de Deusto, Bilbao (España). Actualmente es profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto e investigador de DeustoTech. Sus principales intereses de investigación incluyen la tecnología RFID, los protocolos anticolidión y el análisis y optimización de algoritmos.

Ha participado en varios proyectos de investigación, como TIMON (H2020), desempeñando el papel de director técnico.



Dr. Antonio D. Masegosa

Investigador postdoctoral de la Unidad de DeustoTech-Mobility. Se licenció en Ingeniería Informática en 2005 y se doctoró en Ciencias Informáticas en 2010, ambos en la Universidad de Granada, España. Desde junio de 2010 hasta noviembre de 2014 fue investigador postdoctoral en el Centro de Investigación de las TIC de la Universidad de Granada. En 2014 recibió una beca

de investigación IKERBASQUE para trabajar en la Unidad de Movilidad del Instituto Tecnológico de Deusto, en Bilbao, España. Ha publicado cuatro libros, dieciocho artículos en el JCR y más de 20 artículos en conferencias nacionales e internacionales. Ha supervisado una tesis doctoral y una de máster, y actualmente está co-supervisando dos tesis doctorales. Ha sido investigador principal en un proyecto de investigación y ha participado en una docena de proyectos de investigación a nivel regional, nacional e internacional, entre ellos TIMON (H2020). Es miembro del comité de programa de conferencias internacionales como IEEE CEC, GECCO, ICCCI, ECAL, HM o NICSO. Ha sido revisor en revistas internacionales como

Information Sciences, NeuroComputing, Optimization Letters, European Journal of Operational Research y Memetic Computing. Sus principales intereses de investigación son la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial a los Sistemas de Transporte Inteligente, especialmente la metaheurística y los sistemas difusos.



Dr. Asier Moreno

Licenciado en Ingeniería Informática por la Universidad de Deusto en octubre de 2009. Máster en Desarrollo e Integración de Soluciones de Software en 2011 y Doctor en el campo del middleware semántico aplicado a los Sistemas Inteligentes de Transporte en 2016.

Desde 2010 trabaja en DeustoTech (Instituto Tecnológico de Deusto) participando en más de 20 proyectos de investigación y desarrollo tanto nacionales como internacionales. Tiene experiencia en diversas tecnologías como JEE, .Net y desarrollo de móviles como desarrollador fullstack.

Su labor de investigación ha abarcado diversas áreas, entre las que se encuentran las comunicaciones inalámbricas, los sistemas incorporados, las aplicaciones y servicios para la trazabilidad de mercancías y la gestión y publicación de información abierta para el transporte multimodal.

How can artificial intelligence reduce road traffic accidents and prevent congestion?

Leire Serrano, Enrique Onieva, Hugo Landaluce,
Antonio D. Masegosa, Asier Moreno

doi: [http://dx.doi.org/10.18543/dsib-4\(2020\)-pp69-87.pdf](http://dx.doi.org/10.18543/dsib-4(2020)-pp69-87.pdf)

1. Introduction	31
2. Justification and context.	34
3. Main phases of TIMON implementation process	36
4. Conclusions.	39
5. References	41
6. Biographical notes	43

How can artificial intelligence reduce road traffic accidents and prevent congestion?

Leire Serrano, Enrique Onieva, Hugo Landaluce, Antonio D. Masegosa, Asier Moreno

doi: [http://dx.doi.org/10.18543/dsib-4\(2020\)-pp69-87.pdf](http://dx.doi.org/10.18543/dsib-4(2020)-pp69-87.pdf)

Abstract

Persistent problems related to traffic congestion, road safety and environmental challenges could be solved if people, vehicles, infrastructure and businesses were connected in a cooperative ecosystem. The creation of such an ecosystem has been key in the Horizon 2020 TIMON project, where it is the baseline for delivering information services related to traffic and multimodal transport to road users and administration drivers.

The main objective of TIMON is to increase the safety, sustainability, flexibility and efficiency of road transport systems by taking advantage of cooperative communication and by processing open data related to mobility through a cooperative, open web-based platform and mobile app developed to deliver information and services to drivers, businesses and Vulnerable Road Users (VRU) in real time.

TIMON has built up a large, strong community of more than 100 users (citizens) in the city of Ljubljana and has directly benefited their daily mobility and transport in the city, increasing their safety, cutting down pollutant emissions and curbing congestion. It has also impacted on at least 23 Intelligent Transport Systems (ITS) services companies, 31 road infrastructure managers & city administration and transport associations belonging to the Users' Board of the project.

This briefing seeks to present the benefits of the TIMON system for optimising traffic management and urban transport network operations in cities, directly supporting transport managers in their decision-making processes for transport operations.

The briefing also explains how the TIMON solution has been deployed in the cities and the minimum requirements for it to work.

Keywords:

Vulnerable Road Users (VRU), Global Navigation Satellite System (GNSS), Artificial Intelligence (AI), Vehicle 2 everything (V2X), greenhouse gases (GHG) reduction, crashes reduction, Open platform, open data, Services & Applications, cooperative networks, Cooperative- Intelligent transport Systems (C-ITS).

Resumen

Los problemas persistentes relacionados con la congestión del tráfico, la seguridad vial y los problemas ambientales podrían resolverse si las personas, los vehículos, las infraestructuras y las empresas estuvieran conectadas en un ecosistema cooperativo. La creación de un ecosistema de este tipo ha sido clave en el proyecto TIMON de Horizonte 2020, donde es la base de referencia para la prestación de servicios de información relacionados con el tráfico y el transporte multimodal a los usuarios de la carretera y los conductores de la administración.

El principal objetivo de TIMON es aumentar la seguridad, la sostenibilidad, la flexibilidad y la eficiencia de los sistemas de transporte por carretera aprovechando la comunicación cooperativa y procesando datos abiertos relacionados con la movilidad a través de una cooperativa, plataforma abierta basada en la web y aplicación móvil desarrollada para ofrecer información y servicios a conductores, empresas y usuarios vulnerables de la carretera (VRU) en tiempo real.

TIMON ha construido una comunidad grande y fuerte de más de 100 usuarios (ciudadanos) en la ciudad de Liubliana y ha beneficiado directamente su movilidad y transporte diarios en la ciudad, aumentando su seguridad, reduciendo las emisiones contaminantes y frenando la congestión. TIMON ha contado con el apoyo de al menos 23 empresas proveedores de servicios en Sistemas Inteligentes de Transporte (STI), 31 gestores de infraestructuras viarias y administradores de transporte urbano, y asociaciones de transporte, todos ellos pertenecientes al Comité de Usuarios del proyecto.

Esta información pretende presentar los beneficios del sistema TIMON para optimizar la gestión del tráfico y las operaciones de la red de transporte urbano en las ciudades, apoyando directamente a los gestores de transporte en sus procesos de toma de decisiones para las operaciones de transporte.

El informe también explica cómo se ha implementado la solución TIMON en las ciudades y los requisitos mínimos para que funcione.

Palabras claves:

Usuarios Vulnerables de la Red Viaria, Global Navigation Satellite System (GNSS), Inteligencia Artificial (IA), Vehicle 2 everything (V2X), reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), reducción de accidentes, Open platform, open data, Services & Applications, cooperative networks, Cooperative- Intelligent transport Systems (C-ITS).

1. Introduction

Transport is fundamental for the economy and to society as a whole, as it not only permits economic growth, but also creates jobs. Mobility is also vital for the development of the domestic market, with the cost of congestion put at equivalent to 2% of the total GDP of the EU, i.e. around €200 billion per annum.

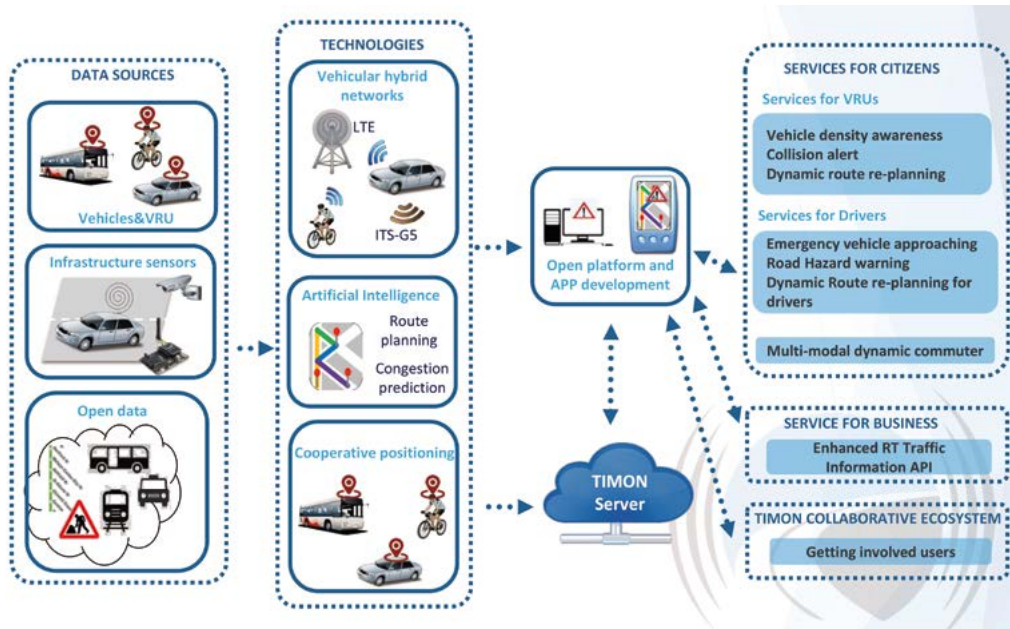
Transport also has a strong impact on the quality of life of citizens, as new technologies applied to different means of transport and to traffic management are considered key in lowering the likelihood of accidents, reducing the environmental impact of freight and passenger transport, preventing congestion and increasing sustainability and efficiency. These are the main current concerns of those responsible for planning and decision-making in the sector.

Mobility is also one of the main elements in structuring territories, cities and areas. Its impact can be positive but also negative if it is not organised on the basis of sustainability criteria.

Advances in research and innovation achieved under the EU's TIMON project are now ready to provide information on how to improve transport and mobility, mainly regarding the following three points:

- a. the state of road traffic flows both, in real time and as traffic forecasts;
- b. driver support alerts, e.g. concerning the risk of collision between cars or cars and motorcyclists/cyclists; and
- c. the provision of routes combining different means of transport so as to optimise mobility in terms of cost, pollution and travel time and offer alternative routes if a problem is detected on the original route.

FIGURE 1



Source : own elaboration.

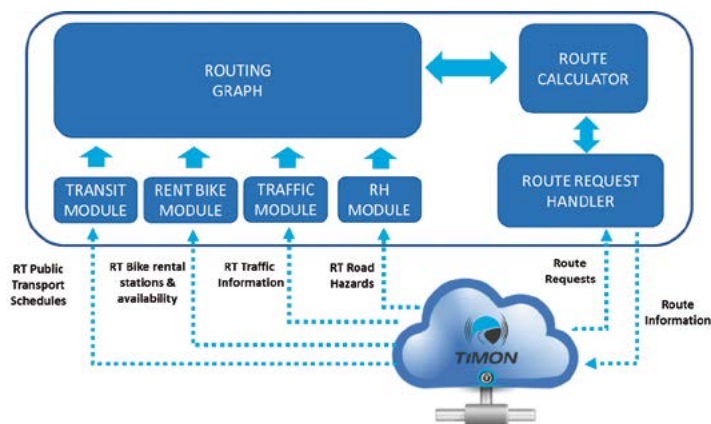
The services developed under TIMON project and helping using the different means of transport more efficiently are intended as additional resources for public and private bodies responsible for traffic management and mobility such as road operators and public transport operators (e.g. municipal councils, municipally run transport companies, etc.). TIMON offers the following services via a mobile phone app and a website:

1. An app (**Enhanced Traffic API**) which shows traffic information on road conditions in real time and as forecasts in four time frames (15, 30, 45 and 60 minutes).
2. A multimodal route planner that provides alternative routes with a combination of different forms of transport (rail, bus, car) optimised as far as possible according to various criteria such as cost, weather, duration, environmental factors and safety. The system takes traffic information into account and can re-plan routes if an incident arises, such as a delay in public transport, a traffic jam or an accident.

3. Real-time alerts to enhance the safety of drivers and Vulnerable Road Users (VRU)¹: TIMON enables devices built into vehicles to link with the smart phones of cyclists and motorcyclists, alerting them of risks on the road such as collisions, accidents and hazardous areas.

These features provide users with highly reliable, advance knowledge of the traffic conditions and the situation of transport networks. This makes for better transport network planning, providing and/or enabling alternative routes in case of congestion or accidents, regulating variable speed limits, prioritising certain forms of transport so as to reduce congestion in others, etc.

FIGURE 2



Source : own elaboration.

The research, innovation and development work done has enabled us to provide smart mobility and transport systems based on data analysis and communications between vehicles and infrastructures in real time. This permits:

- better transport network planning in urban and inter-city areas; and
- more efficient use of transport resources, lower pollutant emissions, increased user safety and less time on board transport.

¹ Vulnerable Road Users (VRU): as per DIRECTIVE 2010/40/EU ‘vulnerable road users’ means non-motorised road users, such as pedestrians and cyclists as well as motor-cyclists and persons with disabilities or reduced mobility and orientation.

2. Justification and context

Mobility policies are a core element on the political agenda at EU, state, regional and city levels, given that they make it possible to develop all the rest of the activities that take place in a given territory, provide an underlying structure for territories and condition such major aspects as their attractiveness and the quality-of-life of the people who live there.

The main goal of the TIMON project is to increase the safety, sustainability, flexibility and efficiency of transport systems by harnessing the potential of cooperative communications and open data processing in transport. It also provides tools (an online platform and a mobile phone app) developed to provide reliable information and services to drivers, businesses and VRUs in real time.

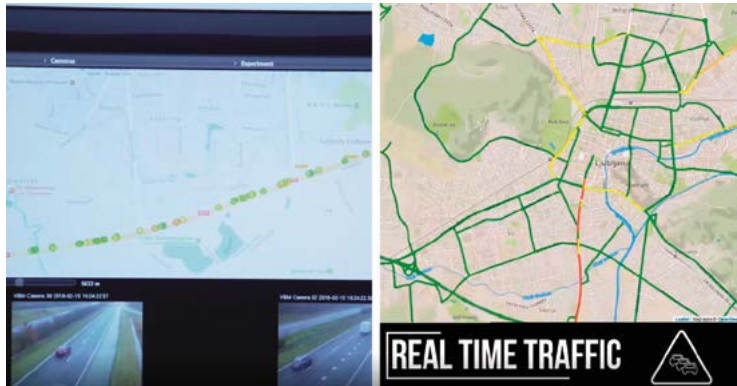
It is important to highlight that the TIMON project has contributed directly to various EU policies and goals, including the following:

- *“WHITE PAPER - Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system”*, the goals of which by 2050 include moving close to zero fatalities in road transport and achieving a 60% cut in greenhouse gas (GHG) emissions from transport.
- *“A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility”*, in which TIMON has helped to develop new cooperative intelligent transport system (C-ITS) services such as *“hazardous location notifications”*, *“VRU protection”* and *“smart traffic and routing information”*.

Through this briefing, the TIMON project seeks to provide support for decision-making to traffic and transport managers, by giving them tools that provide the following information:

- a. real-time traffic conditions and traffic congestion prediction in four time frames (15, 30, 45, 60 minutes in advance);

FIGURE 3



Source : Images created in collaboration with TIMON project partners.

- b. real-time road incident information;
- c. planning or re-planning of routes combining different means of transport and taking into account traffic status in real-time and traffic predictions, so that those responsible for managing mobility can offer citizens efficient routes that avoid accidents, congested areas, delays in public transport, etc. With the tools designed, different efficiency criteria can be considered for routes, such as cost, weather, duration, environmental factors and safety;
- d. a number of services for the public, thanks to mobility management personnel having access to an app that alerts them of risks on the road such as risks of collision with other vehicles, accidents and hazardous location notifications. There is also a route planning option.

FIGURE 4



Source : This image has been recorded by IQ-media (<https://www.iqmedia.nl/>) and edited by Ikusee (<https://ikusee.tv/>).

These tools are expected to reduce accidents by between 15 and 20%, cut pollutant emissions by between 6 and 10% and reduce congestion by between 12 and 20%.

3. Main phases of TIMON implementation process

The tools developed by the TIMON project are organised into three modules:

1. traffic information;
2. at multimodal route planner; and
3. real-time alerts for drivers and VRUs.

Each module can be deployed separately, and they are all compatible with various traffic and transport management platforms. TIMON also operates with DATEX II, an EU standard data model, which facilitates the incorporation of new data sources and interoperability.

To adapt TIMON to the possibilities, needs and requirements of each city, those responsible for road traffic management need to follow a process with two main stages:

- an analysis to provide a detailed preliminary study of the main points to be tackled; and
- the actual implementation of the TIMON system.

FIGURE 5



Source : Image created by Geox (<http://www.geox.hul/en/>).

Stage one: analysis of requirements

a. Analysis of city characteristics, including the following:

- layout and urban structure of the city, population and number of incoming/outgoing journeys per day;
- Identification of technical transport infrastructure:
 - What sensors are available (traffic counters, cameras, etc.)? Who manages the infrastructure?
 - What connections are there with other cities?
 - What forms of transport are available?
 - What is the rate of ownership of smart phones and map apps (e.g. HERE, Google Maps) among users in the city and/or country in question?

b. Analysis of data sources

In order to deploy TIMON in a city, a minimum number of data sources is required, such as information on public transport (GTFS, GTFS-RT), road traffic accidents, roadworks, pollution levels, weather and traffic metrics (vehicle influx at different points in the city).

The data sources available need to be identified, considering their access requirements (privacy levels, etc.). The availability of open data at EU, national, regional and local levels is a key advantage.

FIGURE 6



Source : This image has been created by Ikusee (<https://ikusee.tv/>).

c. Analysis of the infrastructure available

At this point, it is important to identify the sensors available in the city, such as cameras, Bluetooth sensors, loops, counters, etc. it is this existing infrastructure that provides information on traffic conditions and the transport network.

In order to deploy the alerts module, the city must have a C-ITS infrastructure in place that can communicate with vehicles.

Stage two: implementing the TIMON system

a. Complementing data sources and installing sensors

It is not a major problem if the data sources available fail to attain the minimum required, as the TIMON team can complement those data sources by establishing cooperation with public or private level with actors linked to transport and with the relevant authorities. This entails joint efforts: initially, the organisation interested in the system needs to provide full details of the infrastructure available and its data input/output formats so that the research team can determine whether they are compatible with TIMON or whether connectors and standardisation/data processing processes need to be developed.

The traffic sensors in place in the city need to be checked to ensure that they are operating correctly and that their data outputs are compatible with TIMON.

It must also be determined whether additional sensors are needed in the city to supplement the data available. If there is need of installing sensors, the hardware and software compatible with the TIMON must be selected in order to simplify the data collection process.

b. Automation of data collection and standardisation

Once the study of requirements is completed, the TIMON team will implement automatic data collection from the sources identified and from the sensors installed, and will convert the outputs to the DATEX II standard.

TIMON: service provision

Once the above stages are implemented, the TIMON system will be fully operational and able to provide services in the following areas: traffic information, multimodal route planner and real-time alerts for drivers and VRUs.

FIGURE 7



Source : This image has been created by Ikusee (<https://ikusee.tv/>).

4. Conclusions

TIMON has been tested satisfactorily in the cities of Ljubljana (Slovenia) and Helmond (the Netherlands), with the involvement of transport operators and actual users (citizens). This testing and piloting process has provided first-hand user feedback which is helping to improve the TIMON system iteratively and to lay out a roadmap for its implementation in other European cities.

FIGURE 8



Source : TIMON project team - own elaboration.

Based on the outcomes of the trials conducted, the following lessons have been learned:

- From the “analysis of requirements” stage onwards, it is most important to identify the actors who are to provide data for TIMON so that an effective framework of cooperation can be established. This means transport infrastructure managers, public transport operators, councils, transport service providers and users, among others.
- It is most important to meet the minimum requirements for data sources from which data can be collected automatically via an API or an automatic data collector.
- The quality of data sources must be assessed in the early stages of the project. If they do not meet minimum standards then they must be classed as supplementary and pay-per-use data sources must be identified or additional sensors must be installed on roads.
- For “hazardous location notification” and “accident alert” services it is very important to organise campaigns to encourage the public to use the system and become actively involved by reporting traffic events. This is key to enable the TIMON app to deliver updated information in real time.
- The information provided by TIMON is intended to complement other transport apps, including particularly the service for cycling and motorcycling routes. TIMON provides information on the safety of the routes proposed. These services have proved highly popular among users in Slovenia.

In short, implementing the research and innovation developed in other cities could help to achieve two goals:

- Firstly, it would enable the result of a European excellence research project to be applied in a real setting in specific cities, to generate positive social impacts.
- And secondly, it would provide tested tools and viable processes to enable those responsible for road traffic management in cities to optimise resource planning, minimise risks (congestion, accidents, mobility, etc.) and enhance quality-of-life (by decreasing pollution levels) and sustainability in line with the goals set out in the 2030 Agenda for the Sustainable Development Goals and the ambitious EU agenda on the environment as drawn up in the Green Deal.

5. References

- E. Osaba; X.-S. Yang; F. Diaz; P. Lopez; R. Carballedo, «An improved discrete bat algorithm for symmetric and asymmetric Traveling Salesman Problems», *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 48, pages 59-71. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.10.006>
- E. Osaba; X.-S. Yang; F. Diaz; E. Onieva; A. Masegosa; A. Perallos, «A Discrete Firefly Algorithm to Solve a Rich Vehicle Routing Problem Modelling a Newspaper Distribution System with Recycling Policy», *Soft Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2114-1>
- P. Lopez; E. Onieva; E. Osaba; A. Masegosa; A. Perallos., «GACE: A meta-heuristic based in the hybridization of Genetic Algorithms and Cross Entropy methods for continuous optimization», *Expert Systems With Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.02.034034>
- P. Lopez-Garcia; E. Onieva; E. Osaba; A.D. Masegosa, A. Perallos., «A Hybrid Method for Short-Term Traffic Congestion Forecasting Using Genetic Algorithms and Cross Entropy». *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. <https://doi.org/10.1109/TITS.2015.2491365>
- E. Onieva; P. Lopez; A. Masegosa; E. Osaba; A. Perallos, «A comparative study on the performance of evolutionary fuzzy and crisp rule based classification methods in congestion prediction». *Transportation Research Procedia*. <https://doi.org/j.trpro.2016.05.368>
- Eneko Osaba, Enrique Onieva, Fernando Dia, Roberto Carballedo, Pedro Lopez, Asier Perallos, «A migration strategy for distributed evolutionary algorithms based on stopping non-promising subpopulations: A case study on routing problems». *International Journal of Artificial Intelligence*. <http://www.ceser.in/ceserp/index.php/ijai/article/view/3871>
- E. Osaba; R. Carballedo; X.-S. Yang; F. Diaz., «An Evolutionary Discrete Firefly Algorithm with Novel Operators for Solving the Vehicle Routing Problem with Time Windows». (BOOK) *Nature-Inspired Computation in Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30235-5_2
- E. Osaba; R. Carballedo; F. Diaz; E. Onieva; A. Masegosa; A. Perallos, «Good Practice Proposal for the Implementation, Presentation, and Comparison of Metaheuristics for Solving Routing Problems.». *Neurocomputing*. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.11.098>
- “Masegosa, Antonio D.; Onieva, Enrique; Lopez-Garcia, Pedro; Osaba, Eneko. «Applications of Soft Computing in Intelligent Transportation Systems». https://doi.org/10.1007/978-3-319-64286-4_4
- E. Osaba; R. Carballedo; P. Lopez; F. Diaz. «Comparison between Golden Ball Meta-heuristic, Evolutionary Simulated Annealing and Tabu Search for the Traveling Salesman Problem». *Proceedings of the 2016 conference on Genetic and evolutionary computation*.

- E. Osaba; P. Lopez; A. Masegosa; E. Onieva; H. Landaluce; A. Perallos. «TIMON Project: Description and Preliminary Tests for Traffic Prediction Using Evolutionary Techniques». Proceedings of the 2016 conference on Genetic and evolutionary computation.
- Pedro Lopez-Garcia, Michal Wozniak, Enrique Onieva, Asier Perallos. «Hybrid Optimization Method Applied to Adaptive Splitting and Selection Algorithm». Hybrid Artificial Intelligent Systems. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32034-2_62
- Pedro Lopez-Garcia, Eneko Osaba, Enrique Onieva, Antonio D. Masegosa, Asier Perallos. «Short-term traffic congestion forecasting using hybrid metaheuristics and rule-based methods: A comparative study». XI Congreso Español de Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados.
- E. Osaba, P. Lopez-Garcia, E. Onieva, A. D. Masegosa, L. Serrano, H. Landaluce. «Application of Artificial Intelligence Techniques to Traffic Prediction and Route Planning, the vision of TIMON project». 12th ITS European Congress.
- Hugo Landaluce, Leire Serrano, Enrique Onieva, Antonio D. Masegosa, Eneko Osaba, Pedro Lopez. «Towards the Development of Real Time Services for an Optimized Multimodal Mobility Supported by Cooperative Networks and Open Data - Advances in TIMON Project». TRA Conference 2018.
- European Commission: http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility/index_en.htm
- European Cyclist Federation <http://www.ecf.com/news/the-darker-side-of-traffic-jams-congestion-costs-billions-to-world-economy/>

6. Biographical notes



Ing. Leire Serrano

European project manager at DeustoTech, specialising in mobility & the transport sector. She holds a degree in Industrial Management Engineering from the University of Deusto and is in charge of promoting international projects in the area of Intelligent Transport Systems, particularly under the Horizon 2020 and CEF transport programmes. With over ten years' experience in the coordination and management of EU R&D projects, she is the coordinator of the TIMON H2020 project (GA no 636220), leads the management and operational aspects of LOGISTAR (GA no 769142) and is a participant in the POST-Lowcit project (CEF Transport-reference: 2015-ES-TM-0239-S).

Leire started working in the field of R&D projects at Indra Sistemas in 2008, working as an R&D project consultant. She managed projects at EU level for technologies oriented towards safety, in the area of chemical detection, critical infrastructure protection and access control at land borders. She has been involved in the coordination of several projects for the Seventh Framework Programme (FP7), such as FORLAB (Title: Forensic Laboratory for in-situ evidence analysis in a post blast scenario), BASYLIS (Title: mobile, autonomous and affordable system to increase safety in large unpredictable environments), ABC4EU (ABC gates for Europe). She previously worked in credit risk analysis at a consultancy and auditing firm, as a technical consultant for projects related to the calculation of core capital.



Dr. Enrique Onieva

Postdoctoral researcher and project manager at the DeustoTech Mobility Unit. He holds a B.E. degree in Computer Science Engineering (2006), an M.E. degree in Soft Computing and Intelligent Systems (2008) and a Ph.D. in Computer Science (2011) from the University of Granada, Spain. From 2007 to 2012 he worked on the AUTOPIA Programme at the Centre for Automation and Robotics, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Spain. In 2012 he was a member of the Models of Decision and Optimisation group at the University of Granada. Since the beginning of 2013 he has worked at the Mobility Unit at the Deusto Institute of Technology (DeustoTech), where he carries out cutting-edge research in the application of soft computing techniques to the field of intelligent transportation systems. Since 2015 he has lectured at the University of Deusto on topics related to artificial intelligence and Big Data. He has participated in more than 20 research projects, including CYBERCARS-2 (FP6), ICSI (FP7) and TIMON (H2020). Dr. Onieva is the lead researcher in research into

artificial intelligence on the ICSI and TIMON projects. He has authored more than 100 scientific papers, more than 40 of which have been published in top-level journals. His research has been recognised and has earned several awards at international conferences, and his publications have an H-index of 14 (scopus.com). He has served as an external expert in the field of intelligent transportation systems for various administrations. He is currently one of the most prolific researchers in his area. His research interests are based on the application of soft computing techniques to intelligent transportation systems, including fuzzy-logic-based decision and control and evolutionary optimisation.



Dr. Hugo Landaluce

He holds an M.Sc. in Advanced Electronics Systems (2010) and a Ph.D. in IT and Telecommunications (2014) from the University of Deusto, Bilbao (Spain). He is currently a lecturer at the Faculty of Engineering of the University of Deusto and a researcher at DeustoTech. His main research interests include RFID technology, anti-collision protocols and algorithm analysis and optimisation. He has participated in various research projects, such as TIMON (H2020), where he acts as technical manager.



Dr. Antonio D. Masegosa

Postdoctoral researcher at the DeustoTech Mobility unit. He obtained his B.E. degree in Computer Engineering in 2005 and his PhD in Computer Science in 2010, both from the University of Granada, Spain. From June 2010 to November 2014 he was a post-doc researcher at the Research Centre for ICT of the University of Granada. In 2014 he received an IKERBASQUE Research Fellowship to work at the Mobility Unit of the Deusto Institute of Technology in Bilbao, Spain. He has published four books, eighteen JCR papers and has presented more than 20 papers at international and domestic conferences. He has supervised one PhD thesis and one MSc Thesis, and is currently co-supervising two PhD theses. He has been the principal investigator in one research project and has participated in a dozen more projects at regional, national and international levels, among them TIMON (H2020). He is a member of the programme committee of international conferences such as IEEE CEC, GECCO, ICCCI, ECAL, HM and NISCO. He has served as a reviewer at international journals such as *Information Sciences*, *NeuroComputing*, *Optimization Letters*, *European Journal of Operational Research* and *Memetic Computing*. His main research interests are the application of artificial intelligence techniques to intelligent transportation systems, especially meta-heuristics and fuzzy systems.



Dr. Asier Moreno

He holds a BSc in Computer Engineering from the University of Deusto (obtained in October 2009), and MSc in Development and Integration of Software Solutions (2011) and a PhD in Semantic Middleware Applied to Intelligent Transport Systems (2016).

Since 2010 he has been working at DeustoTech (Deusto Institute of Technology) on more than 20 domestic and international research and development projects. He is experienced in a number of technologies including JEE, .Net and mobile development as a full stack developer.

His research has encompassed various areas, such as wireless communications, embedded systems, applications and services for the traceability of goods and the management and publication of open information for multimodal transport.



TIMON project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 636220

