

CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES: INICIATIVAS Y DESAFÍOS

Villagra A.¹, Errecalde M.^{1,2}, Pandolfi D.¹, Mercado V.¹, Torres M.¹, Molina D.¹, Valdéz J.¹,
López M.¹

¹Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEM)
Instituto de Tecnología Aplicada (ITA) - Unidad Académica Caleta Olivia
Universidad Nacional de la Patagonia Austral

²Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC)
Departamento de Informática - Universidad Nacional de San Luis

avillagra@uaco.unpa.edu.ar, merreca@unsl.edu.ar, {dpandolfi,
vmercado}@uaco.unpa.edu.ar, marianagalos@gmail.com, {dmolina, [jvaldez,
milopez](mailto:jvaldez.milopez@uaco.unpa.edu.ar)}@uaco.unpa.edu.ar

RESUMEN

Uno de los grandes retos que los países van a enfrentar en este siglo es la planificación, administración y gobernanza de las ciudades de forma sostenible, maximizando las oportunidades económicas y minimizando los daños medioambientales.

Todas las aglomeraciones urbanas presentan diversos retos. Cada vez más, las grandes ciudades son vistas como sistemas complejos con conexiones entre sus diferentes ambientes e individuos. Por ello, son muy importantes la planificación urbana y el desarrollo de mecanismos de decisión dinámicos que tomen en cuenta el crecimiento y la inclusión de procesos de participación ciudadana. Los problemas en las ciudades inteligentes son variados (economía, movilidad, gobernanza, personas, vida y entorno), multidisciplinarios por naturaleza, aparentemente inconexos y requieren un vasto aparato científico y tecnológico.

Esta línea de trabajo se presenta una propuesta de investigación enfocada en los desafíos relacionados con la movilidad, medioambiente y

gobernanza inteligente. Se hace desde la perspectiva de construir nuevos prototipos basados en sistemas inteligentes, mejorados con metodología y tecnologías diferentes con el fin de exhibir "inteligencia holística".

Palabras clave: Ciudades Inteligentes, Optimización, Sistemas Inteligentes, Aprendizaje

CONTEXTO

La línea de trabajo se lleva a cabo en el Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEM), Instituto de Tecnología Aplicada (ITA) de la Unidad Académica Caleta Olivia Universidad Nacional de la Patagonia Austral, en el marco del Proyecto de Investigación 29/B273 "Ciudades inteligentes y sostenibles: iniciativas y desafíos". Este proyecto se desarrolla en cooperación con el LIDIC de la UNSL, y el Grupo NEO de la UMA (España).

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido a factores como la globalización, el crecimiento de-

mográfico y la evidente migración de los entornos rurales a los urbanos, se ha generado en las ciudades la necesidad de enfrentar nuevos retos relacionados con los procesos de planificación territorial urbana, la optimización de recursos, mejora en las condiciones económicas, gestión de la prestación de servicios y sostenibilidad medioambiental.

Los países enfrentan una serie de retos para atender las necesidades de las poblaciones en crecimiento, comenzando con elementos básicos como infraestructura, saneamiento, transporte, energía, vivienda, seguridad, empleo, salud y educación, y pasando por otros también fundamentales como comunicación y esparcimiento.

Existen diversas definiciones de una Ciudad Inteligente (CI) [CA19] [AEN17], se puede decir que es la visión holística de una ciudad que aplica las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para la mejora de la calidad de vida y la accesibilidad de sus habitantes y asegura un desarrollo sostenible económico, social y ambiental en mejora permanente.

El proceso para generar una CI demanda una serie de proyectos con una visión holística de todas las necesidades de la ciudad y, por lo tanto, de todo lo que se puede ofrecer en este contexto con la utilización de diversas tecnologías como Internet de las cosas (en inglés *Internet of Things*, IoT) [ZB+14], Big Data y Datos abiertos [DH+17], [BK20], Sistemas distribuidos a gran escala [VP+12], Cloud Computing [KA+13], Sistemas Inteligentes [SA14a], [VA+20] y la Inteligencia Artificial son algunas de las herramientas para resolver problemas complejos en todos los ámbitos de trabajo de la ciudad, tanto en contextos públicos como privados, y en contacto con sistemas ciberfísicos [L08] basados en IoT ([B06], [SR+10], [LT20], [W10]).

Según [MC+14] una CI es la que realiza actividades en al menos una de las seis áreas de acción inteligente: Economía inteligente, Sociedad inteligente, Gobernanza inteligente, Movilidad inteligente, Medioambiente inteligente y Modo de vida inteligente. Para abordar cualquiera de las áreas de acción inteligentes, y desarrollar sistemas inteligentes será necesario la aplicación de técnicas de vanguardia de diferentes dominios que permitan flexibilidad, autoadaptabilidad, robustez, alta dimensionalidad (escalabilidad) y eficiencia.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En esta sección se describen las líneas de investigación que se llevan a cabo en el proyecto.

Las áreas de interés en este proyecto de investigación son: (a) Movilidad: tránsito verde; (b) Medioambiente: gestión inteligente de residuos; energía inteligente y (c) Gobernanza: chatbots aplicados a trabajo no formal colaborativo y medioambiente urbano.

(a) Movilidad: tránsito verde: En ciudades grandes son objetivos comunes controlar, disciplinar el tránsito y reducir accidentes en la ciudad, invirtiendo en sistemas de monitoreo y administración de tráfico. Los resultados que deben lograrse incluyen, por ejemplo, el uso de radares de velocidad, la programación adaptativa y en tiempo real de los semáforos, tomando en cuenta, entre otros factores, la concentración y el flujo de vehículos (dando prioridad a las ambulancias y los vehículos policiales y un corredor preferencial para colectivos), la concentración de peatones y la velocidad de los vehículos. Otra fuente de preocupación común es la oferta de sistemas de transporte público más eficiente, adecuado al desarrollo urbano y a la equidad social en relación con los des-

plazamientos. Muchas de las soluciones tienen el objetivo de preparar a la ciudad para la implementación, en el futuro, de un sistema multimodal de transporte, que incluya diferentes medios (bicicleta, subtes, franjas exclusivas para colectivos, vehículos livianos sobre rieles), y contribuya así a la reducción del consumo de combustibles, la emisión de gases y el tiempo de traslado, así como al mejoramiento de la calidad del aire.

La optimización de la movilidad inteligente surgió para reducir la contaminación generada por el tráfico [SR+03], con excelentes resultados (hasta un 50% de reducción). Una manera de reducir el impacto negativo del tráfico consiste en optimizar las rutas. Cada ruta tiene costos asociados: tiempo, dinero, contaminación. En consecuencia, se debe optimizar simultáneamente más de un objetivo (por ejemplo, tiempo versus contaminación) ([AR+05], [SA14a], [SA14b], [VA+20]).

Además, los datos utilizados en la optimización no son precisos (contienen errores) y varían durante un viaje. Existen trabajos que se centran en proporcionar rutas personalizadas a las necesidades de los ciudadanos y modificarlas según el estado actual de las rutas y el tráfico [P95].

(b) Medio ambiente inteligente: Los recursos como el agua y la energía son cada vez más escasos. Por ello, se requiere su uso racional e inteligente. Esto se refiere no solo a aumentar la eficiencia durante el consumo, sino también a preservar los manantiales, a utilizar fuentes renovables e, inclusive, a recolectar y destinar los residuos de manera adecuada.

El modelo de generación-distribución-uso de la energía eléctrica es actualmente el mismo que existía hace décadas siguiendo un esquema unidireccional de información en el que no hay realimentación del consumo de energía por parte de los hogares.

Los desequilibrios entre capacidad de generación y consumo tienen como consecuencia que parte de la energía no se aproveche. En este sentido surge la necesidad de desplegar redes inteligentes (*Smart Energy Grids*) para la gestión de la energía, que integren las fuentes de energías renovables en las actuales redes eléctricas [JL+15].

La utilización eficiente de la energía juega un papel muy importante para el desarrollo de redes inteligentes en el sistema eléctrico. Por lo tanto, la supervisión y el control adecuados del consumo de energía es una de las principales prioridades de la red inteligente [T11]. Las redes inteligentes facilitan a los clientes instrumentos que les permiten optimizar su propio consumo eléctrico y mejorar el funcionamiento del sistema global [HA+10]. Para que estas aplicaciones sean posibles se hace necesaria una interacción entre las infraestructuras de comunicación avanzadas, las tecnologías de la información y el uso de inteligencia computacional [FD+18], [BY+18].

Por otro lado, la gestión adecuada de los residuos urbanos es otro tema de creciente preocupación para los agentes públicos, con impactos directos sobre la salud, el medioambiente y la calidad de vida de la población ([AZ+17], [HA+18], [FA19]).

(c) Finalmente, la gobernanza inteligente figura en la mayoría de los estudios sobre CI como uno de los ejes más importantes para el desarrollo en un futuro próximo [BA+12]. Tomar decisiones basadas en la analítica de datos y con el objetivo de optimizar los recursos urbanos es el único camino a la excelencia. Los grandes volúmenes de datos disponibles en el sector público pueden ser utilizados por la ciudadanía tanto para generar nuevas informaciones y servicios, como para facilitar la participación ciudadana en las Administraciones públicas (tanto

en la toma de decisiones como en el análisis de los datos para incrementar la transparencia pública o fortalecer la integridad en las Administraciones públicas). Por esta razón, es importante contar con métodos efectivos para la extracción de conocimiento desde datos textuales, sino también proveer medios para que los ciudadanos se puedan comunicar con los sistemas de computación de una manera sencilla e intuitiva como cuando se comunica con otra persona utilizando el lenguaje natural.

En este eje, las innumerables historias de éxito observadas en su aplicación en empresas del área privada, ha llevado a un creciente interés en el uso de sistemas inteligentes conversacionales (SIC) tales como chatbots, asistentes virtuales y sistemas de respuestas automáticas en diversas áreas de gobierno como la salud y la seguridad social, el área impositiva, la educación, el turismo y la administración de justicia, entre otros [AK+19].

Existe un déficit de profesionales con experiencia en el desarrollo de SICs debido a los desafíos que plantea el desarrollo de sistemas que pueden interactuar en lenguaje natural convirtiéndola en un área de investigación sumamente activa e interesante tanto desde el punto de vista científico como por sus aplicaciones en el sector público y privado. En este contexto, el desarrollo de nuevos enfoques neuronales de aprendizaje profundo está revolucionando el procesamiento del lenguaje natural, como es el caso de aquellos basados en Transformers como BERT [DC+19] y/o basados en generación del lenguaje natural como GPT-3 [BM+20]. Estos métodos comienzan a ser integrados por las grandes empresas tecnológicas en herramientas para el desarrollo de chatbots como es el caso de Google con Dialogflow (<https://cloud.google.com/dialogflow/docs/>), Amazon con Lex ([https://](https://aws.amazon.com/es/lex/)

aws.amazon.com/es/lex/) e IBM con su Watson Natural Language Understanding (<https://www.ibm.com/ca-en/marketplace/natural-language-understanding>), pero también en plataformas de código abierto como Rasa (<https://rasa.com/>) o DeepPavlov (<https://deeppavlov.ai/>). Esto está abriendo un sinnúmero de oportunidades para la aplicación de estos avances en SICs y su uso en dominios como las ciudades y la gobernanza inteligentes.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ ESPERADOS

En particular, en cuanto a movilidad hemos abordado el problema de programación de semáforos con dos versiones de un Algoritmo Genético Celular, cGA (síncrono y asíncrono) para resolver instancias grandes y reales. Nuestros algoritmos superan las técnicas de vanguardia y las configuraciones de expertos. Se llevaron a cabo varios análisis en profundidad de los resultados, estudio genotípico y fenotípico (para mayor detalle ver [VA+20]). La investigación futura se centrará en el número de evaluaciones con el objetivo de reducir el esfuerzo computacional en términos de tiempo de procesamiento. Además, planeamos definir una función de aptitud más precisa que explore el espacio de búsqueda de manera más eficiente.

Las otras dos áreas son nuevas en este proyecto y los objetivos esperados son (i) Estudio de la situación actual de la ciudad, identificación de problemas en las áreas de movilidad, medioambiente y gobernanza particularizando en los problemas enunciados en los objetivos. Planteamiento de posibles soluciones. (ii) Estudio de técnicas y herramientas (software y hardware) principalmente Metaheurísticas, IoT, Big Data, Aprendizaje de máquina, Aprendizaje profundo, aplicadas a solucionar los problemas identificados.

Creación de instancias y búsqueda de benchmark. (iii) Estudio y aplicación de técnicas y herramientas a problemas en redes eléctricas, tránsito y gobernanza. (iv) Diseño, construcción, evaluación y análisis de prototipos.

Finalmente, se pretende colaborar con los gobiernos locales para la implementación de políticas y acciones inteligentes y sostenibles que impacten en la calidad de vida de los ciudadanos.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo se encuentra formado por dos Doctores y dos Magisters en Ciencias de la Computación, un Magister en Matemática Avanzada, dos Ingenieros en Sistemas y un estudiante de la Carrera Ingeniería en Sistemas de la UNPA.

Este proyecto de investigación proporcionará un marco propicio para la iniciación y/o finalización de estudios de posgrado de los integrantes docentes. De igual forma, será un ámbito adecuado para la realización de tesis de grado. Actualmente un integrante está desarrollando su tesis de Maestría y un integrante su tesis de Doctorado. Además, se cuenta un becario de grado.

5. BIBLIOGRAFIA

[AEN17] AENOR/CTN 178. UNE 178201 - Smart Cities. Definition, attributes and requirements. [Online] Available [Accessed:28-Jun-2017]: <http://www.aenor.es>

[AK+19] Androutsopoulou, A., Karacapilidis, N., Loukis, E., Charalabidis, Y. (2019). Transforming the communication between citizens and government through AI-guided chatbots, *Government Information Quarterly*, 36, (2),2019, 358-367.

[AR+05] Arnott, R., Rave, T., & Schöb, R. (2005). *Alleviating urban traffic congestion*. MIT Press Books, 1.

[AZ+17] Anagnostopoulos, T., Zaslavsky, A., Kolomvatsos, K., Medvedev, A., Amirian, P., Morley, J.,

& Hadjieftymiades, S. (2017). Challenges and opportunities of waste management in IoT-enabled smart cities: A survey. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, 2(3), 275-289.

[B06] Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.

[BA+12] Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.

[BK20] Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2020). The emerging data-driven Smart City and its innovative applied solutions for sustainability: the cases of London and Barcelona. *Energy Informatics*, 3(1), 1-42.

[BM+20] Brown, T., Mann, B., Ryder, N. et al. Language Models are Few-Shot Learners (2020). <https://arxiv.org/abs/2005.14165>. May 2020.

[BY+18] Barman, B. K., Yadav, S. N., Kumar, S., & Gope, S. (2018, June). IOT based smart energy meter for efficient energy utilization in smart grid. In *2018 2nd International Conference on Power, Energy and Environment: Towards Smart Technology (ICEPE)* (pp. 1-5). IEEE

[CA19] Camero, A., & Alba, E. (2019). Smart City and information technology: A review. *cities*, 93, 84-94.

[DC+19] Devlin, J., Chang, M., Lee, K. and Toutanova, K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding (2019). *Proc. of NAACL-HLT 2019*, 4171-4186, ACL.

[DH+17] Daki, H., El Hannani, A., Aqqal, A., Haidine, A., & Dahbi, A. (2017). Big Data management in smart grid: concepts, requirements and implementation. *Journal of Big Data*, 4(1), 1-19.

[FA19] Ferrer, J., & Alba, E. (2019). BIN-CT: Urban waste collection based on predicting the container fill level. *Biosystems*, 186, 103962.

[FD+18] Fallah, S. N., Deo, R. C., Shojafar, M., Conti, M., & Shamshirband, S. (2018). Computational intelligence approaches for energy load forecasting in smart energy management grids: state of the art, future challenges, and research directions. *Energies*, 11(3), 596.

[HA+10] Hutterer, S., Auinger, F., Affenzeller, M., & Steinmaurer, G. (2010). Overview: a simulation based metaheuristic optimization approach to optimal power dispatch related to a smart electric grid. In *Life System Modeling and Intelligent Computing* (pp. 368-378). Springer, Berlin, Heidelberg.

[HA+18] Hannan, M. A., Akhtar, M., Begum, R. A., Basri, H., Hussain, A., & Scavino, E. (2018). Capacitated vehicle-routing problem model for scheduled solid waste collection and route optimization

- using PSO algorithm. *Waste management*, 71, 31-41.
- [JL+15] Jenkins, N., Long, C., & Wu, J. (2015). An overview of the smart grid in Great Britain. *Eng.*, 1(4), 413-421.
- [KA+13] Khan, Z., Anjum, A., & Kiani, S. L. (2013, December). Cloud based big data analytics for smart future cities. In 2013 IEEE/ACM 6th International Conference on Utility and Cloud Computing (pp. 381-386). IEEE.
- [LA08] Lee, E. A. (2008, May). Cyber physical systems: Design challenges. In 2008 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC) (pp. 363-369). IEEE.
- [LT20] Lebrusán, I., & Toutouh, J. (2020). Using Smart City Tools to Evaluate the Effectiveness of a Low Emissions Zone in Spain: Madrid Central. *Smart Cities*, 3(2), 456-478.
- [MC+14] Manville, C., Cochrane, G., Cave, J., Millard, J., Pederson, J. K., Thaarup, R. K., ... & Kottterink, B. (2014). Mapping smart cities in the EU.
- [P95] Psaraftis, H. N. (1995). Dynamic vehicle routing: Status and prospects. *Annals of operations research*, 61(1), 143-164.
- [SA14a] Stolfi, D. H., & Alba, E. (2014). Red Swarm: Reducing travel times in smart cities by using bio-inspired algorithms. *Applied Soft Computing*, 24, 181-195.
- [SA14b] Stolfi, D. H., & Alba, E. (2014, July). Eco-friendly reduction of travel times in european smart cities. In *Proceedings of the 2014 Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation* (pp. 1207-1214).
- [SR+03] Shaheen, S., Rodier, C. J., & Finson, R. S. (2003). University of California, Davis Long-Range Development Plan: A Davis Smart Mobility Model. California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH).
- [SR+10] Santacana, E., Rackliffe, G., Tang, L., & Feng, X. (2010). Getting smart. *IEEE power and energy magazine*, 8(2), 41-48.
- [T11] Telefónica, F. (2011). *Smart Cities: un primer paso hacia la Internet de las Cosas* (Vol. 16). Fundación Telefónica.
- [VA+20] Villagra, A., Alba, E., & Luque, G. (2020). A better understanding on traffic light scheduling: New cellular GAs and new in-depth analysis of solutions. *Journal of Computational Science*, 41, 101085.
- [VP+12] Van Steen, M., Pierre, G., & Voulgaris, S. (2012). Challenges in very large distributed systems. *Journal of Internet Services and Applications*, 3(1), 59-66.
- [W10] Wong, A. K. (2010). The near-me area network. *IEEE internet computing*, 14(2), 74-77.
- [ZB+14] Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1(1), 22-32.