

Hacia ciudades mas eficientes y sostenibles

Villagra A.¹, Errecalde M.^{1,2}, Pandolfi D.¹, Molina D.¹, Varas V.¹, Orozco S.¹, Valdéz J.¹, Rasjido J.¹, Mercado V.¹, Carballo L.¹, Pérez D.¹, Montenegro C.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, dmolina, vvaras, sorozco, jcvaldez, jrsajido, vmercado, lcarballo, dperez, cmontenegro}@uaco.unpa.edu.ar

RESUMEN

Los nuevos retos de la ciudad y las limitaciones, tanto de nuestro entorno, como de los recursos de todo tipo que necesita de forma continuada, en la mayoría de los casos provenientes de fuentes finitas (energéticos, infraestructuras, económicos, etc.), hace que la disposición de éstos, su utilización y empleo de la forma más eficiente posible sea una de las claves si se quiere conseguir niveles adecuados de sostenibilidad. La Ciudad Inteligente (*Smart City* o SC) ha de ser capaz de dar respuesta a la necesidad de las ciudades de ser más eficientes y sostenibles, en aras de la consecución de un verdadero desarrollo urbano sostenible.

Se puede decir que una SC 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.

Esta línea de trabajo se presenta como un aporte en el camino hacia el desarrollo sostenible de una ciudad inteligente. En particular, en este proyecto se propone identificar, resolver y desarrollar prototipos de aplicaciones y servicios en tres ejes movilidad, sociedad y entorno.

Palabras clave: Ciudades Inteligentes, Metaheurísticas, Big Data, Transito, Residuos tecnológicos.

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/B225 “Soluciones inteligentes para el desarrollo urbano sostenible”. Este proyecto se desarrolla en cooperación con el LIDIC de la UNSL, y el Grupo NEO de la UMA (España).

1. INTRODUCCIÓN

Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012, la mitad de la humanidad vive en ciudades. La población urbana ha aumentado desde los 750 millones de personas – en 1950–, hasta los 3.600 millones en 2011. Se estima que hacia 2030 casi un 60% de la población mundial residirá en zonas urbanas. Este notable crecimiento supondrá que, en los próximos

años, ciudades de todo el mundo deberán prestar servicios, fundamentalmente no administrativos, de manera sostenible. Atender a las necesidades de agua potable, de transporte, o de aire limpio, constituirá un reto científico de extraordinaria magnitud y una oportunidad para la industria [CDN09]. Es necesario utilizar mejor los recursos públicos y explotar los activos naturales de forma consciente y responsable. Transformar “ciudades tradicionales” en Ciudades Inteligentes, o *Smart Cities* es una demanda cada vez más importante.

Según [GF+07] una ciudad inteligente es aquella que realiza actividades en al menos una de las seis áreas de acción inteligente: *Smart Economy*, *Smart People*, *Smart Governance*, *Smart Mobility*, *Smart Environment* y *Smart Living*. La definición coincide con las ideas de B. Cohen [Coh12], quien en 2012 propuso una rueda donde se integran los ejes mencionados con otras actividades para su puesta en marcha. A pesar de estos avances en la definición, conocimiento y aparente penetración del concepto de ciudades inteligentes, este dominio apenas está despegando.

Desde el punto de vista de datos, la expansión de Big Data y la evolución de las tecnologías de IoT (*Internet of Things*) juegan un rol importante en la factibilidad de las iniciativas para ciudades inteligentes. *Big Data* ofrece potencial para que las ciudades obtengan conocimiento de valor de grandes cantidades de información colectada de varias fuentes y la IoT permite la integración de sensores, identificación de radiofrecuencias, y *bluetooth* en el entorno del mundo real utilizando servicios en red. La combinación del IoT y *Big Data* es un área de investigación poco explorada que ha traído nuevos e interesantes retos para alcanzar el objetivo de futuras ciudades inteligentes [RA+16], [ZL+15], [BD+16], [JJ+15].

Dada la proliferación de varios dispositivos como RFIDs, sensores y actuadores IoT está creciendo también. Los dispositivos inteligentes (dispositivos que tienen capacidades computacionales significativas, transformándolos a

"Cosas inteligentes") están integradas en el entorno para monitorear y recopilar información ambiental en una ciudad inteligente.

A medida que el paradigma de IoT se va extendiendo, las TIC tienen un cometido fundamental que desempeñar para incrementar la eficiencia en todos los sectores industriales y permitir innovaciones tales como los sistemas de transporte inteligentes y la gestión "inteligente" del agua, de la energía y de los residuos, entre otros.

El concepto IoT, por lo tanto, tiene como objetivo hacer que Internet sea aún más inmersivo y omnipresente. Además, al permitir un fácil acceso y la interacción con una amplia variedad de dispositivos tales como, electrodomésticos, cámaras de vigilancia, sensores, actuadores, pantallas, vehículos, etc., la IoT fomenta el desarrollo de una serie de aplicaciones que hacen uso de la cantidad potencialmente enorme y variedad de datos generados por tales objetos para proporcionar nuevos servicios a los ciudadanos, empresas y a las organizaciones con aplicación en diferentes ámbitos ([BC+13], [SD+16], [GS+17] y [Kun14]).

Crear aplicaciones inteligentes en una ciudad inteligente es uno de los mayores desafíos a los que podemos enfrentarnos. 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. Los desafíos son varios e involucran la combinación de técnicas de optimización, aprendizaje de máquina y análisis de datos para obtener soluciones usables y perdurables en ciudades inteligentes y sostenibles.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

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

Se puede decir que una ciudad inteligente es la que realiza actividades en al menos una de las seis áreas de acción inteligente: Economía in-

teligente, Sociedad inteligente, Gobernanza inteligente, Movilidad inteligente, Medioambiente inteligente, Modo de vida inteligente. Algunas aplicaciones que se pueden definir en estas áreas y que son de interés en este trabajo de investigación son: movilidad, sociedad y entorno.

Con respecto a la movilidad inteligente, se ha comenzado a trabajar problemas de tráfico y en particular en el control de ciclos semafóricos. Los problemas de tráfico aumentan constantemente y las ciudades del futuro solo pueden ser verdaderamente inteligentes si habilitan *Smart Mobility*. Aplicaciones de movilidad inteligente como el control de semáforos, el estacionamiento inteligente y la gestión del tránsito, entre otras, están comenzando a ser utilizadas en todo el mundo, trayendo beneficios a las ciudades, mejor calidad de vida, costos reducidos, uso de energía más eficiente y disminución de las emisiones vehiculares. Mejorar la movilidad representa un gran reto.

Actualmente, una ciudad con tráfico congestionado y muchos embotellamientos conduce a más contaminación. Por lo tanto, con la gestión inteligente del tráfico, el consumo de combustible y las emisiones contaminantes pueden ser reducidas. A diferencia de técnicas tales como semáforos inteligentes que requieren nueva infraestructura, ubicación de sensores y modificaciones en obras civiles ya construidas, el uso de técnicas de inteligencia artificial en la optimización de los ciclos de semáforos se presenta como una herramienta viable, rápida, eficiente y de bajo costo [GF+14]. En esta línea nos centramos en dos versiones de un Algoritmo Genético Celular (cGA)[AB09], aplicado al problema de planificación de los ciclos de los semáforos. Las soluciones obtenidas por los cGAs son simuladas por el popular micro-simulador SUMO (*Simulator of Urban Mobility*) [KB+06]. Se evalúan grandes escenarios cercanos a la realidad de vastas áreas urbanas.

En cuanto a sociedad inteligente, se está trabajando en temas de *Big Data* y Minería de Datos en análisis de autoría (AA) [Sta09], en particular la determinación del perfil del autor (DPA), es decir, aquella que identifica patrones

compartidos por un grupo de gente y que aborda problemas de clasificación de los usuarios de la Web de acuerdo a la edad, género, orientación política, etc. La DPA, un sub-campo del área más general conocida como análisis de autoría (AA), es un tema muy importante de investigación por sus potenciales (y actuales) aplicaciones en problemas de seguridad nacional e inteligencia, lingüística forense, análisis de mercados e identificación de rasgos de personalidad, entre otros. Particularmente, se ha tomado como caso de estudio primario los documentos de periodistas con diversas orientaciones políticas (oficialista vs opositor) con el objetivo de realizar con los mismos el Análisis de Autor y la Determinación/Caracterización del perfil del autor.

Por otro lado, en cuanto al entorno inteligente se está trabajando en la gestión adecuada de los residuos urbanos y en particular los residuos tecnológicos. Este tema es de creciente preocupación para los agentes públicos, con impactos directos sobre la salud, el medio ambiente y la calidad de vida de la población [AZ+17]. Las ciudades son grandes emisores de gas metano (CH₄), con un potencial de calentamiento global 21 veces mayor que el gas dióxido de carbono (CO₂). Según un estudio de la ONU, la actual generación de basura en el mundo maneja alrededor de 1.300 millones de toneladas/año, y se prevé que para 2025 llegará a 2.200 millones de toneladas/año. Los costos financieros y ambientales de administrar un volumen tan significativo de residuos son enormes. Además, los servicios de recolección de residuos trabajan en condiciones de incertidumbre, es decir, la cantidad de residuos que generarán los ciudadanos y cuándo se desecharán es desconocida, pero ciertamente muestran algunos patrones. Entonces, la recolección de información sobre la capacidad real de llenado de los contenedores en tiempo real es muy importante. La recolección inteligente de desechos electrónicos no solo es relevante en términos de impacto ambiental; también hay un componente económico muy importante. El valor de las materias primas presentes

en los desechos electrónicos y el aprovechamiento de estos elementos creando una economía circular al revalorizarlas.

Para abordar estas áreas se deberá usar información existente (datos abiertos), datos del presente (sensores) y predicciones. Los desafíos son varios e involucran la combinación de técnicas de optimización, aprendizaje de máquina y análisis de datos para obtener soluciones usables y perdurables en ciudades inteligentes y sostenibles.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

La solución de problemas a través de los ejes de desarrollo en ciudades inteligentes permitirá hacer prototipos reales, aprender más y producir un mayor impacto en Ciencia e Industria. Dada la amplia visión se espera generar oportunidades para nuevos proyectos y socios.

En particular, se han obtenido resultados promisorios con nuestros algoritmos aplicados al problema de *scheduling* de ciclos de luces de tráfico. La performance de nuestros enfoques mejora a técnicas paralelas del estado del arte. Como trabajo futuro se intenta reducir el costo computacional en términos de tiempo de procesamiento aplicando funciones subrogadas. de las evaluaciones de las soluciones a través de la incorporación de funciones. Además, aplicando el conocimiento obtenido de los trabajos realizados se pretende ajustar la función de evaluación de las soluciones a fin de explorar más eficientemente el espacio de búsqueda y obtener una mayor reducción en cuanto a la emisión de gases. Además, se espera realizar la publicación de los resultados del proyecto en revistas de alto impacto y conferencias de ámbitos multidisciplinarios.

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 en Ciencias de la Computación, dos Magisters en Ciencias de la Computación, cinco Ingenieros en Sistemas y tres estudiantes 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 dos integrantes están desarrollando sus tesis de Maestría y dos sus tesis de Doctorado. Además, se cuenta con dos becarios de grado y un becario de posgrado.

5. BIBLIOGRAFIA

[AB09] Alba, E., & Dorronsoro, B. (2009). Cellular genetic algorithms (Vol. 42). Springer Science & Business Media.

[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.

[BC+13] Bellavista, P., Cardone, G., Corradi, A., & Foschini, L. (2013). Convergence of MANET and WSN in IoT urban scenarios. *IEEE Sensors Journal*, 13(10), 3558-3567.

[BD+16] Botta, A., De Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016). Integration of cloud computing and internet of things: a survey. *Future Generation Computer Systems*, 56, 684-700.

[CD+09] Caragliu A., Del Bo C., Nijkamp P., "Smart Cities in Europe", *Proceedings of the 3rd Central European Conference in Regional Science – CERS*, pp.45-59, 2009

[Coh12] Cohen Boyd, What Exactly Is A Smart City? <http://www.fastcoexist.com/1680538/what-exactly-is-a-smart-city>, 2012

[GF+07], Giffinguer, R.; Fertner, C; Kramar, H.; Meijers, E. (2007) Ranking of European Medium-Size Cities. Centre of Regional Science, Univ. Tecnológica de Viena.

[GF+14] Garcia-Nieto, J., Ferrer J., & Alba E. (2014). Optimising traffic lights with metaheuristics: Reduction of car emissions and consumption. In Neural Networks (IJCNN), 2014 International Joint Conference on, pages 48-54. IEEE, 2014.

[GS+17] Gharaibeh, A., Salahuddin, M. A., Hussini, S. J., Khreishah, A., Khalil, I., Guizani, M., & Al-Fuqaha, A. (2017). Smart Cities: A Survey on Data Management, Security and Enabling Technologies. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 775-780). IEEE.

[JJ+15] Jaradat, M., Jarrah, M., Bousselham, A., Jararweh, Y., & Al-Ayyoub, M. (2015). The internet of energy: Smart sensor networks and big data management for smart grid. Procedia Computer Science, 56, 592-597.

[KB+06] Krajzewicz, D., Bonert, M., & Wagner, P. (2006). The open source traffic simulation package SUMO. RoboCup 2006 Infrastructure Simulation Competition, 1, 1-5.

[Kun14] Kunzmann, K. R. (2014). Smart cities: a new paradigm of urban development. Crios, 4(1), 9-20.

[RA+16] Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., & Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics. Computer Networks, 101, 63-80.

[SD+16] Sarasola, B., Doerner, K. F., Schmid, V., & Alba, E. (2016). Variable neighborhood search for the stochastic and dynamic vehicle routing problem. Annals of Operations Research, 236(2), 425-461.

[Sta09] Stamatatos, E. (2009). A survey of modern authorship attribution methods. Journal of the American Society for information Science and Technology, 60(3), 538-556.

[ZL+15] Zhu, C., Leung, V. C., Shu, L., & Ngai, E. C. H. (2015). Green Internet of Things for smart world. IEEE Access, 3, 2151-2162.