

# Bases de Datos Espaciales y Espacio Temporales

Edilma Olinda Gagliardi, Maria Gisela Dorzán, Maria Teresa Taranilla,

Pablo Rafael Palmero y Carlos Andrés Casanova

Departamento de Informática

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales

Universidad Nacional de San Luis, Argentina

{oli, mgdorzan, tarani, prpalmero, cacasanova}@unsl.edu.ar

## RESUMEN

La línea de investigación *Bases de Datos Espaciales y Espacio Temporales*, se encuentra enmarcada dentro del Proyecto Consolidado *Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos* (PROICO 03-2218) de la Universidad Nacional de San Luis, y está incluido en el Programa de Incentivos (Código 22/F814).

Esta línea de trabajo se orienta a vincular las disciplinas Bases de Datos, Geometría Computacional y Metaheurísticas. Como objetivo general, se plantea utilizar métodos, herramientas y técnicas para investigación de base, acompañando el desarrollo de aplicaciones para contribuir en la resolución de problemas provenientes de diferentes dominios de aplicación.

**Palabras clave:** Bases de Datos, Geometría Computacional, Metaheurísticas, Bases de Datos Espaciales y Espacio Temporales, AgroTIC.

## CONTEXTO

El proyecto *Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos* abarca el tratamiento de objetos, estructurados y no estructurados, de utilidad en diversos campos de aplicación: sistemas de información geográfica, motores de búsqueda en internet, computación gráfica, robótica, computación móvil, visión artificial, diseño

asistido por computadora, entre otras.

El proyecto se conforma con tres líneas de investigación, orientadas al desarrollo de nuevos modelos para administrar y recuperar información almacenada en bases de datos no estructuradas, que requieren modelos no tradicionales tales como las bases de datos de texto, bases de datos espaciales, espacio temporales, bases de datos de imágenes, bases de datos de sonidos, espacios métricos, entre otros.

Los modelos de bases de datos espaciales y espacio temporales se utilizan en aplicaciones en las cuales se necesita guardar y consultar información actual e histórica de posiciones referenciadas espacialmente y cambios de forma que tuvieron los objetos de estudio en diferentes escenarios a lo largo del tiempo. En diferentes contextos, surge la necesidad de la incorporar métodos científicos, procesos y sistemas de descubrimiento de información de datos estructurados y no estructurados, para obtener información para asistir en la toma de decisiones en un sistema.

En este contexto, se vinculan las disciplinas Bases de Datos, Geometría Computacional y Metaheurísticas con el fin de utilizar métodos y herramientas que aporten en la resolución de problemas de diversos dominios de aplicación y para la resolución de problemas orientados a optimización.

El trabajo de investigación de esta línea se realiza en colaboración con investigadores de

grupos de la Universidad Nacional de San Luis, convenios entre organizaciones nacionales y provinciales con presencia en San Luis, y de universidades extranjeras mediante convenios de cooperación interinstitucional.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) introducen mejoras en diversas actividades humanas y así producen cambios sociales, económicos y culturales, convirtiéndose en procesos clave para accionar sobre el presente y proyectar el futuro. La utilidad de las mismas en diferentes situaciones del mundo real conlleva a una mejora en temáticas referidas a calidad, gestión, economía, entre otras. En este sentido, los integrantes de la línea integraron el proyecto *Campo Conectado*, resultado de un convenio entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Luis) y la Universidad Nacional de San Luis con el objetivo de estudiar la potencialidad y alcance real de las TIC en el ámbito de la producción agropecuaria [1].

Otro eje de trabajo, que define objetivos de investigación está relacionado con problemas de optimización combinatoria, para los cuales no se puede garantizar encontrar la mejor solución en un tiempo razonable, para todas las instancias del problema. La optimización procura encontrar la mejor solución posible a un problema de este tipo dentro de un período de tiempo limitado. En Geometría Computacional, la optimización de configuraciones geométricas respecto de ciertos criterios de calidad, pertenecen a esta clase de problemas y pueden resolverse utilizando métodos de aproximación, tales como las técnicas metaheurísticas [2].

Una metaheurística es un proceso de generación iterativo que guía la búsqueda de soluciones combinando inteligentemente diferentes conceptos de campos diversos como inteligencia artificial, evolución biológica, inteligencia colectiva, sistemas inmunes, entre otros [10].

Algunos de los problemas de optimización estudiados son la Triangulación de Peso Mínimo (Minimum Weight Triangulation, MWT) y la Pseudo-Triangulación de Peso Mínimo (Minimum Weight Pseudo-Triangulation, MWPT), problemas de carácter NP-duro [8, 11]. La Triangulación de Dilación Mínima (Minimum Dilation Triangulation, MDT) donde la dilación mide la calidad de conexión entre puntos de la triangulación es otro problema estudiado. Para este problema no se conoce un algoritmo que lo resuelva en tiempo polinomial y tampoco se ha demostrado que sea NP-duro [9].

La utilización de configuraciones geométricas optimizadas respecto de algún criterio de calidad, resulta como soporte de estrategias en la resolución de problemas vinculados con bases de datos espaciales y espacio temporales.

## 2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

En la línea de investigación se trata con varios dominios de aplicación de bases de datos espaciales y espacio temporales, utilizando técnicas y herramientas de apoyo en la resolución de problemas.

Entre los tópicos de estudio, se destacan:

- Diseño y aplicación de índices espacio temporales, en diversos escenarios de movimiento.
- Optimización de estructuras geométricas aplicando técnicas metaheurísticas en la optimización de problemas de complejidad NP.
- Aplicación de la Geometría Computacional y su marco disciplinar en aspectos propios de los problemas estudiados.
- Desarrollo de herramientas para la visualización de información y aplicaciones vinculadas con bases de datos espacio temporales.

Como objetivos específicos se propone:

- Desarrollar aplicaciones de Bases de Datos Espaciales y Espacio Temporales, aplicando herramientas provistas por la Geometría Computacional.
- Estudio de la indexación espacio temporal sobre objetos en movimiento para diversos escenarios. Desarrollo de las estructuras de almacenamiento, algoritmos de consulta y evaluación experimental.
- Estudio de configuraciones geométricas de puntos en el plano considerando medidas de calidad, mediante la aplicación de técnicas metaheurísticas y diversas estrategias algorítmicas.
- Desarrollar herramientas para la visualización vinculadas a las bases de datos mencionadas.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

En relación al desarrollo de herramientas para la visualización, vinculadas a las bases de datos espaciales, se finalizó una aplicación para la difusión de material fotográfico de valor histórico preservado en la Fototeca de la Universidad Nacional de San Luis. La aplicación enlaza el pasado con el presente, divulgando el legado del fotógrafo puntano José La Vía, permitiendo redescubrir la ciudad de San Luis, a través de su historia fotográfica. Este desarrollo para dispositivos móviles con sistema operativo Android utiliza Realidad Aumentada para lograr una experiencia atractiva al transitar por la ciudad, poniendo en valor al fondo fotográfico custodiado por la Fototeca.

Con respecto a problemas de optimización abordados con técnicas metaheurísticas, se trabaja en el problema MDT para el cual, se utiliza el modelo de Programación Evolutiva introducido por L. J. Fogel [4], para desarrollar nuevos operadores y obtener resultados comparables con los obtenidos en trabajos previos. Este modelo se basa en el comportamiento adaptativo de las nuevas generaciones más que en la modificación de cromosomas de cada individuo. La Programación Evolutiva utiliza sólo dos operadores: mutación y selección, es decir que

no se realiza recombinación. Los resultados serán contrastados con los obtenidos con los algoritmos: Greedy, Local Search (LS), Iterated Local Search (ILS), Simulated Annealing (SA), y Random Local Search (RLS) presentados en [3].

En el marco del proyecto Campo Conectado, se trabaja en desarrollos tecnológicos aplicados en la gestión de la producción agropecuaria para sistemas reales de producción.

En este contexto, se desarrolla una plataforma integral, soporte para diversos eventos y sistemas de información con dominio de aplicación en el sector agropecuario, mediante el uso de las TIC. Sus características principales están orientadas a la recolección de datos de diferentes fuentes con almacenamiento compartido, integración progresiva de diversas funcionalidades, explotación y visualización de la información [5].

En el marco de esta plataforma integral se está implementando una herramienta para el seguimiento espacio temporal de rodeos en establecimientos agropecuarios, mediante el uso de las TIC y de las Bases de Datos Espacio Temporales, apoyadas con herramientas de Geometría Computacional. La herramienta realiza la comunicación con las bases de datos y las consultas espaciales y espacio temporales de los objetos de tratamiento, así como la visualización del geoseguimiento disponible por medio de tecnología móvil [7].

Adicionalmente, se trabaja en el desarrollo de una herramienta de apoyo en la gestión de rodeos de cría, que permite la recolección de datos desde diferentes fuentes para la inferencia y el seguimiento de la condición corporal de los individuos del rodeo. La herramienta provee funcionalidades para el análisis de datos, generación de indicadores, obtención de conocimiento de apoyo para la toma de decisiones y visualización de la información disponible por medio de tecnología móvil [6].

Estas herramientas estarán incluidas en la plataforma integral para permitir realizar un

seguimiento del rodeo y generar indicadores que aporten información relevante para el proceso de toma de decisiones. Dicha plataforma estará disponible en la web, con accesibilidad mediante tecnología móvil (I+D+i).

#### 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El grupo de trabajo en la Universidad Nacional de San Luis, consolida su formación con actividades de cooperación mutua e intercambio recíproco de información científica, tecnología y desarrollo de nuevos conocimientos con investigadores locales y de otras universidades.

Entre las actividades más destacadas, se mencionan:

- i) Formación de recursos humanos reflejada en tesis doctorales, tesis de maestría y Licenciados en Ciencias de la Computación.
- ii) Actividades de formación académica, a través del dictado y realización de cursos de posgrado y de especialización.
- iii) Realización de jornadas de investigación con docentes de otras universidades.
- iv) Actividades de divulgación científica, conferencias y publicaciones en congresos.

La línea tiene como un objetivo continuar con las actividades relacionadas al presente proyecto, proponiendo nuevas actividades de formación académica, de formación de recursos humanos, investigación, desarrollo, y otras actividades académico-científicas vinculantes.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Campo Conectado*, proyecto interinstitucional. <http://inta.gob.ar/noticias/campo-conectado-un-nuevo-proyecto-interinstitucional> (2017).
- [2] de Berg, M., Cheong O., van Kreveld, M., Overmars, M., *Computational Geometry: Algorithms and Applications.*, Springer-Verlag, Heidelberg (2008).
- [3] Dorzán M. G. et al. *Approximated algorithms for the minimum dilation triangulation problem.* Journal Heuristics 189–209 (2014).
- [4] Fogel, L. J. *Autonomous automata.* Industrial Research 4, 14-19 (1962).
- [5] Gagliardi, E., Dorzán, M. G., Taranilla, M. T., Palmero, P., Casanova, C.: *Propuesta de plataforma para la integración de TIC orientadas al Agro* Anales de CAI 2017 Congreso de AgroInformática, 46JAIIO (2017)
- [6] Gagliardi, E.; Dorzán, M.G.; Taranilla, M.T.; Palmero, P.; Casanova, C.: *Diseño de una herramienta de apoyo en la gestión de rodeos de cría.* Anales de CAI 2018 Congreso de AgroInformática, 47JAIIO (2018).
- [7] Gagliardi, E.; Dorzán, M.G.; Taranilla, M.T.; Palmero, P.; Casanova, C.: *GeoSeguimiento de Rodeos, hacia una plataforma integral para el Agro.* Anales de CAI 2018 Congreso de AgroInformática, 47JAIIO (2018).
- [8] Gudmundsson J., Levcopoulos C.; *Minimum weight pseudo-triangulations.* Computational Geometry. Theory and applications. Elsevier Vol. 38- Pages 139-153 (2007).
- [9] Knauer, C., Mulzer, W.: *Minimum Dilation Triangulations.* Tech. rep., Freie Universität Berlin, Fachbereich Mathematik und Informatik (2005).
- [10] Michalewicz Z., Fogel D., *How to Solve It: Modern Heuristics,* Springer, (2004).
- [11] Mulzer W., Rote G. *Minimum weight triangulation is NP-hard.* Proceedings of the 22 Annual ACM Symposium on Computational Geometry (2006).