

Aplicaciones de Investigación Operativa a problemas del mundo real

Guillermo Durán

CONICET / Instituto de Cálculo y Departamento de Matemática, FCEyN,
Universidad de Buenos Aires

Departamento de Ingeniería Industrial, FCFM, Universidad de Chile
<http://www.dc.uba.ar/inv/grupos/grafos>

Seminario Big Data, Agosto 2013

Por qué trabajar en Aplicaciones desde la academia?

- Consideramos que la Universidad pública debe estar vinculada con el medio externo, trabajando en la resolución de problemas del mundo real.
- En nuestro caso, la Investigación Operativa es una disciplina que puede aportar mucho en este sentido.
- La IO consiste en el desarrollo de métodos y algoritmos capaces de analizar simultáneamente miles de variables y escenarios posibles, a fin de decidir políticas óptimas para un problema dado.

Por qué trabajar en Aplicaciones desde la academia?

- Algunas de las posibles aplicaciones de la IO se encuadran en: problemas de logística y transporte, planificación de la producción, distribución eficiente de recursos humanos, diseño de redes, planificación de horarios, diseño de fixtures deportivos, gestión de licitaciones.
- Es importante aclarar que no pretendemos transformarnos en una consultora ni competir con ellas: somos parte de la Universidad pública y como tal, nos interesa aportar a la solución de problemas del mundo real que además presenten desafíos académicos concretos.
- Esto permitirá que se generen nuevos proyectos de investigación, se publiquen nuevos trabajos, surjan nuevos temas de tesis, etc., es decir, el mundo de las aplicaciones retroalimentando a la investigación académica y viceversa.

Por qué trabajar en Aplicaciones desde la academia?

- Nuestro grupo cuenta con experiencia en proyectos de estas características, vinculados con el Estado, con el sector privado y con organizaciones sin fines de lucro.
- Presentamos a continuación algunos de los proyectos desarrollados en los últimos años.

Segmentación en censos masivos

- Optimización combinatoria para la segmentación automática de viviendas para censistas en la Provincia de Buenos Aires en el Censo Nacional 2010.
- Resumen: Desarrollo de un algoritmo de optimización combinatoria para la asignación de viviendas a censistas, siguiendo las pautas dadas por el manual de procedimientos para la realización de censos de la Provincia de Buenos Aires. Dicha asignación fue utilizada satisfactoriamente durante el Censo Nacional realizado el 27 de Octubre de 2010. Trabajo realizado en conjunto con la consultora Impronta IT S.A.
- Trabajo publicado: D. Delle Donne, GD, J. Marengo, “Solving the segmentation problem for the 2010 Argentine census with integer programming”, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, Volume 37, pages 279-284, 2011 (full paper en prensa en *Interfaces* (2013)).

Optimización de la recolección de residuos

- Planificación de la recolección de residuos en contenedores en la zona sur de la Ciudad de Buenos Aires.
- Resumen: El objetivo fue estudiar la recolección de contenedores de residuos en la zona sur de la ciudad. El trabajo consistió en proponer algoritmos de ruteo de cada camión recolector. Se desarrolló un programa que permite resolver todas las instancias del problema. Los resultados mostraron importantes ahorros en la distancia de los itinerarios y en el trabajo realizado por los camiones, que se calcula como el producto de la distancia recorrida por el peso transportado.
- Trabajo publicado: F. Bonomo, GD, F. Larumbe, J. Marengo, “A Method for Optimizing Waste Collection Using Mathematical Programming: A Buenos Aires Case Study”, *Waste Management & Research* 30 (3) (2012), 311-324.
- Actualmente estamos extendiendo este trabajo al Municipio de Morón.

Logística en una empresa salmonera

- Optimización del uso de redes de cultivo de salmones en agua-mar.
- Resumen: El presente trabajo presenta la creación de una herramienta basada en un modelo de programación entera para optimizar el uso de recursos, mejorar la planificación y realizar evaluaciones económicas que faciliten la toma de decisiones con respecto a la mantención de redes de cultivo de salmones en agua-mar. El prototipo fue testeado en una de las principales empresas de la industria. Los resultados obtenidos logran reducir los costos de mantención de las redes alrededor de un 18% y generan también diversos beneficios cualitativos.
- Artículo: F. Cisternas, Diego Delle Donne, GD, C. Polgatz and A. Weintraub, "Optimizing Salmon Farm Cage Net Use", *Journal of Operations Research Society* 64 (2013), 735-747.

Ruteo de barcos para un proveedor de alimentos para salmones

- Programación Eficiente de Ruteo Marítimo para una Empresa Proveedora de Alimento para Salmones.
- Resumen: El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema para la programación de despachos marítimos en una empresa proveedora de alimento para salmones que opera en el sur de Chile. El problema enfrentado es uno de ruteo de buques con flota heterogénea, ventanas de tiempo blandas, restricciones de accesibilidad y precedencia, en el que además es necesario decidir la cantidad a entregar a cada cliente, sujeto a un porcentaje mínimo de su pedido original. Se generan soluciones mediante un enfoque heurístico, implementando una versión de GRASP.
- Artículo: G. Romero, GD, J. Marenco and A. Weintraub, “Efficient Ship Routing and Scheduling for a Salmon Feed Supplier”, ITOR (2013), en prensa.

Planificación de la producción en una empresa salmonera

- Modelos matemáticos para optimizar la planificación de la producción en una empresa salmonera
- Resumen: La planificación de la producción en la cadena productiva del salmón se estructura en dos grandes etapas de cultivo, agua dulce y agua mar. En este trabajo se presentan dos modelos de planificación, uno para cada etapa de cultivo, formulados mediante programación lineal entera mixta. Estos modelos cumplen con las diversas restricciones de carácter biológico, económico y sanitario de cada etapa, y propician la integración de la planificación en la cadena productiva del salmón, incorporando los requerimientos entre las unidades administrativas, para que éstas planifiquen sus operaciones en forma más coordinada.
- Artículo: F. Bravo, GD, A. Lucena, J. Marenco, D. Morán and A. Weintraub, “Mathematical Models for Optimizing Production Chain Planning in Salmon Farming”, ITOR (2013), en prensa.

Aplicaciones en Deportes

- Diseño del fixture de la liga de primera división de vóley masculino argentino.
- Resumen: La liga de vóley de Argentina está conformada por 12 equipos y consta de una fase regular seguida de playoffs. En la fase regular se enfrentan todos los equipos entre sí, en condición de local y visitante. Una característica interesante de esta liga es que los equipos se agrupan en parejas, que se enfrentan entre sí en pares de fechas consecutivas. Este proyecto para la Asociación de Clubes Liga Argentina de Vóleibol consiste en la optimización del fixture para minimizar las distancias totales de viaje de los equipos en la liga. El fixture generado se utiliza satisfactoriamente desde 2007.
- Trabajo publicado: F. Bonomo, A. Cardemil, GD, J. Marengo, D. Saban, “An application of the traveling tournament problem: The Argentine volleyball league”, Interfaces 42 (3) (2012), 245-259.

Aplicaciones en Deportes

- Diseño de los fixtures del fútbol en Chile.
- Resumen: Modelos matemáticos para la ANFP de Chile con el objetivo de programar el fútbol de Primera División, a partir de 2005, y de Segunda División, a partir de 2007. Trabajo finalista en el concurso a la mejor aplicación de OR, organizado por la Sociedad Europea de IO (Bonn 2009).
- Trabajos publicados:
 1. GD, J. Miranda, M. Guajardo, D. Sauré, S. Souyris, A. Weintraub and R. Wolf, "Scheduling the Chilean Soccer League by Integer Programming", *Interfaces* 37 (2007), 539-552.
 2. GD, M. Guajardo and R. Wolf-Yadlin, "Operations Research Techniques for Scheduling Chile's Second Division Soccer League", *Interfaces* 42 (3) (2012), 273-285.
 3. T. Noronha, C. Ribeiro, GD, S. Souyris and A. Weintraub, "A branch-and-cut algorithm for scheduling the highly-constrained Chilean soccer tournament", *Lecture Notes in Computer Science* 3867 (2007), 174-186.

Aplicaciones en Deportes

- Un modelo matemático para la asignación de árbitros en el fútbol chileno.
- Resumen: En este trabajo se estudia el problema de asignación de árbitros para el campeonato de la Primera División del fútbol chileno, abordado mediante un modelo de optimización lineal entera. El modelo logra capturar criterios que otorgan transparencia y objetividad a la asignación, por ejemplo, balanceando la cantidad de partidos dirigidos por cada árbitro y sus distancias de viaje, y tomando en cuenta su categoría para arbitrar partidos especiales.
- Trabajo publicado: F. Alarcón, GD and M. Guajardo, “Assigning referees to a Chilean football tournament by integer programming and patterns”, Proceedings of the 8th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (Belfast, PATAT 2010), 2010 (full paper aceptado en ITOR (2013)).

Licitaciones combinatorias

- Diseño de la licitación y de un modelo de programación matemática para organizar la provisión de Internet para las escuelas públicas de la Ciudad de Buenos Aires.
- Resumen: Trabajamos en el diseño del tipo de licitación y en la implementación de un modelo matemático para determinar la mejor combinación de ofertas en dicha licitación, llevada a cabo por el gobierno de la Ciudad de Buenos Aires para proveer de Internet a todas las escuelas públicas de la Ciudad. Nuestra propuesta fue utilizada en la licitación realizada en 2008.
- Artículo: F. Bonomo, J. Catalán, GD, R. Epstein, A. Jawtuschenko, J. Marengo, “Mathematical programming in an auction to provide Internet connections in Buenos Aires City schools”, enviado a publicación (2013).

Licitaciones combinatorias

- Métodos cuantitativos para el rediseño de unidades territoriales en una licitación de comedores escolares en Chile.
- Resumen: Desarrollo de modelos matemáticos para un rediseño eficiente de unidades territoriales en la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB), a los efectos de la realización de las licitaciones anuales de los comedores escolares de Chile. La propuesta desarrollada en este trabajo fue utilizada por JUNAEB a partir de 2008. Trabajo finalista en el concurso a la mejor aplicación de OR, organizado por la Sociedad Europea de Investigación Operativa (Lisboa 2010).
- Artículo: GD, R. Epstein, C. Martinez and G. Zamorano, “Quantitative Methods for a New Configuration of Territorial Units in a Chilean Government Agency Tender Process”, Interfaces 41 (3) (2011), 263-277.

Simulación para el mejoramiento urbano

- Recientemente hemos comenzado dos nuevos proyectos que consisten en el desarrollo de herramientas de simulación para el mejoramiento urbano en municipios de la Provincia de Buenos Aires.
- El primero de ellos trata de definir políticas para ordenar el tránsito pesado en el municipio de La Matanza, el más grande de la Provincia (proyecto conjunto entre la FCEN y el Municipio).
- El segundo de ellos consiste en estudiar una mejora urbanística para las primeras cuadras de Mitre y Belgrano, en el municipio de Avellaneda, reordenando paradas de colectivos, kioscos de diarios, etc. (proyecto conjunto entre la FCEN, la UNDAV y el Municipio).

Aplicación en Educación

- Programación Matemática para seleccionar aspirantes en un posgrado de la Universidad de Chile, usando criterios de discriminación positiva.
- Resumen: Desarrollo de modelos de programación matemática para aplicar criterios de equidad de género, regionales y socio-económicos en la selección de aspirantes para el Magister en Gestión para la Globalización de la Universidad de Chile. El trabajo es realizado todos los años a partir de 2007.
- Artículo: GD and R. Wolf Yadlin, “A mathematical programming approach to applicant selection for a degree program based on affirmative action”, Interfaces 41 (3) (2011), 278-288.