



INTRODUCCIÓN A LOS ALGORITMOS GENÉTICOS **Aplicación a la resolución del Problema del Viajante**

BEGOÑA GONZÁLEZ LANDÍN ^{1,2}

bego.landin@ulpgc.es

MÁXIMO MÉNDEZ BABEY ^{1,2}

maximo.mendez@ulpgc.es

¹ Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), España

² Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI)

RESUMEN

La optimización es una práctica habitual para resolver problemas complejos de la vida real que surgen de diferentes campos como la economía, la ingeniería, la política, la gestión y la ingeniería. Precisamente, la complejidad de estos problemas hace que su resolución no sea posible mediante el uso de métodos analíticos o deterministas. Es aquí donde encaja el uso de métodos probabilísticos o heurísticos para obtener soluciones aproximadas que facilitan encontrar mejores soluciones de dichos problemas, dada su flexibilidad tanto en recursos como en aplicabilidad. En este curso se hace una breve introducción a los algoritmos genéticos (AGs), que son una metaheurística basada en poblaciones, diseñada para resolver problemas de optimización mono-objetivo.

El curso está organizado de la siguiente forma. Primero, se realizará una breve introducción al concepto de optimización global y su aplicación en investigación operativa. Luego, se definirán las etapas de la optimización y se presentará una clasificación de los métodos de resolución (paradigma determinístico, paradigma probabilístico y métodos híbridos) encajando los AGs como metaheurísticas dentro del paradigma probabilístico. A continuación, se expondrán los conceptos básicos de AGs: orígenes, definición, algoritmo, representación, operadores y función de aptitud. Por último, se presentará una aplicación test para resolver el Problema del Viajante (TSP, traveling salesman problem).

Los conocimientos necesarios para seguir el curso no van más allá de unos conocimientos básicos en matemáticas y programación (Matlab, C, R o similares).

PROGRAMA

Objetivos

Conocer los algoritmos genéticos como métodos de resolución de problemas de optimización, sus características, operadores y su aplicabilidad en investigación operativa.

Adquirir la capacidad de resolver problemas de optimización mediante el uso de algoritmos genéticos.

Saber aplicar algoritmos genéticos para la resolución del Problema del Viajante.

Contenidos

1. Optimización global.
2. Etapas de la optimización. Selección del método de resolución.
3. Algoritmos genéticos: orígenes, definición, algoritmo.



4. Algoritmos genéticos: representación.
5. Algoritmos genéticos: operadores.
6. Algoritmos genéticos: función de aptitud (fitness function).
7. El Problema del Viajante (TSP, traveling salesman problem).
8. Aplicación test y resultados.
9. Bibliografía

Metodología

El curso se desarrollará mediante la enseñanza directa expositiva y demostrativa de aquellos contenidos esenciales y que requieren de una explicación detallada por parte del(a) profesor(a). Se potenciará el desarrollo de ejemplos prácticos, favoreciendo la capacidad de reflexión de los y las estudiantes.

Las diferentes actividades de formación se realizarán en dos sesiones académicas de 2 horas y media de duración (cada una de ellas). La teoría básica necesaria será expuesta por el(la) profesor(a) del curso, quien propondrá algunos ejercicios relacionados con la teoría para que el alumnado trabaje sobre los conceptos teóricos.

EQUIPO DE APOYO

Equipo de vídeo conferencia, ordenador personal, Matlab.

BIBLIOGRAFÍA

Baker JE (1987), Reducing Bias and Inefficiency in the Selection Algorithm. In John J. Grefenstette, editor, Genetic Algorithms and Their Applications: Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms, pages 14–22. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, July 1987.

Booker LB (1982), Intelligent Behavior as an Adaptation to the Task Environment. PhD thesis, Logic of Computers Group, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.

Brindle A (1981), Genetic Algorithms for Function Optimization. PhD thesis, Department of Computer Science, University of Alberta, Edmonton, Alberta.

Coello CA (2022), Introducción a la Computación Evolutiva. CINVESTAV-IPN.

<http://delta.cs.cinvestav.mx/~ccoello/compevol/apuntes.pdf>

Davis L (1985), Applying adaptive algorithms to epistatic domains," IJCAI, vol. 85, pp. 162–164.

De Jong AK (1975), An Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive Systems. PhD thesis, University of Michigan.

De Jong AK (1980), A genetic-based global function optimization technique. Tech. Rep. No.80-2. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh, Department of Computer Science.

Díaz A, Glover F, Ghaziri HM, González JL, Laguna M, Moscato P, Tseng FT (1996), Optimización Heurística y Redes Neuronales, Paraninfo, Madrid.

Eiben AE, Smith JE (2003), Parameters and Parameter Tuning. In: Introduction to Evolutionary Computation. Springer, Heidelberg, pp. 119-129.



Goldberg D, Lingle R (1985) Alleles, loci and the traveling salesman problem. In: Proceedings of the 1st international conference on genetic algorithms and their applications, vol. 1985. Los Angeles, USA, pp. 154–159.

Goldberg DE (1989), Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning, Addison-Wesley.

Goldberg DE (1990), A note on Boltzmann tournament selection for genetic algorithms and population-oriented simulated annealing. Complex Systems, vol. 4, pp. 445–460.

Holland JH (1975), Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Hussain A, Muhammad YS, Nauman Sajid M, Hussain I, Mohamd Shoukry A, Gani S (2017) Genetic algorithm for traveling salesman problem with modified cycle crossover operator. Computational intelligence and neuroscience 2017: pp. 1–7.

<https://doi.org/10.1155/2017/7430125>

Hussain A, Muhammad YS, Nauman Sajid M (2019), A Simulated Study of Genetic Algorithm with a New Crossover Operator using Traveling Salesman Problem. Journal of Mathematics, 51(5), pp 61-77.

Katoch S, Chauhan SS & Kumar V (2021), A review on genetic algorithm: past, present, and future. Multimed Tools Appl 80, 8091–8126.

<https://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6>

Martí R, Procedimientos Metaheurísticos en Optimización Combinatoria. Universitat de València, Departament d'Estadística i Investigació Operativa.

Melián B, Moreno-Pérez JA, Moreno-Vega JM (2003), Metaheurística: Una visión global. Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, 19, pp. 7-28.

Michalewicz Z(1996), Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Springer Science & Business Media.

Oliver IM, Smith DJ, and Holland RCJ (1987), Study of permutation crossover operators on the traveling salesman problem, in Genetic algorithms and their applications: proceedings of the second International Conference on Genetic Algorithms: July 28- 31, at the Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA, 1987.

Osaba E, Yang X-S, Del Ser J (2020). Chapter 9 - Traveling salesman problem: a perspective review of recent research and new results with bio-inspired metaheuristics. In: Nature-Inspired Computation and Swarm Intelligence, Academic Press, pp 135-164. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819714-1.00020-8>

Osman IH and Kelly JP (eds.) (1996), Meta-Heuristics: Theory and Applications, Ed. Kluwer Academic, Boston.

Winter et al (2005) A Flexible Evolutionary Agent: cooperation and competition among real-coded evolutionary operators, Soft Comput 9: 299–323.

<https://doi.org/10.1007/s00500-004-0381-8>



CV BEGOÑA GONZÁLEZ LANDÍN

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), España

Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI)

begolandin@ulpgc.es

Begoña González Landín estudió Ciencias Matemáticas (especialidad en Estadística e Investigación Operativa) en la Universidad de Santiago de Compostela y se doctoró en Ciencias Matemáticas por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) en el año 2001. Actualmente es Profesora Contratada Doctora a tiempo completo en el Departamento de Matemáticas de la ULPGC, y también es miembro e investigadora del Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI). Concretamente, pertenece a la división de Computación Evolutiva y Aplicaciones (CEANI). Colabora en publicaciones de investigación desde 1999, centrándose estas principalmente en Simulación Numérica en Ingeniería Medioambiental (Dinámica de Fluidos Computacional) y Diseño Óptimo en Ingeniería mediante Algoritmos Evolutivos con más de 50 trabajos publicados, incluyendo revistas JCR, capítulos de libro, y ponencias en conferencias nacionales e internacionales. Además, ha participado como investigadora en proyectos de ámbito nacional e internacional y ha sido IP del proyecto del programa propio de la ULPGC: "Simulación y diseño robusto óptimo con algoritmos evolutivos en problemas de dinámica de fluidos", con un importe concedido de 4.500,00 euros para el periodo 07/06/2011-31/12/2012. Ha realizado estancias de investigación en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Trieste (16 semanas) y en el Instituto de Física Fundamental del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (1 mes). Ha participado como miembro de comité organizador, comité científico y/o de programa de varios congresos internacionales. Ha ocupado puestos de gestión como Coordinadora de la PAU en Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales (2013-2016) y como Directora de Planificación Académica con dos Equipos de Gobierno de la ULPGC (2014-2020).

Publicaciones relevantes:

Begoña González, Daniel Alejandro Rossit, Máximo Méndez, Mariano Frutos

Objective space division-based hybrid evolutionary algorithm for handling overlapping solutions in combinatorial problems, *Math. Biosci. Eng.*, 19(4), 3369-3401, 2022. JCR (Q3).

Hernández, Carlos, Méndez Babey, Máximo, Aguasca Colomo, Ricardo, González Landín, Begoña

Redes neuronales LSTM aplicadas a la predicción de oleaje en tiempo real para generación de energía undimotriz en las Islas Canarias. *International Conference of Production Research-Américas 2020 (ICPR-Américas 2020)*. Bahía Blanca, Argentina. 2020

Máximo Méndez; Daniel Alejandro Rossit; Begoña González; Mariano Frutos

Proposal and Comparative Study of Evolutionary Algorithms for Optimum Design of a Gear System, *IEEE Access*. 8, pp. 3482-3497, IEEE, 2019, JCR (Q1).

Rubén Paz; Mario D. Monzón; Antonio N. Benítez; Begoña González

New lightweight optimisation method applied in parts made by selective laser sintering and Polyjet technologies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 29 (4), 462 – 472, 2016. JCR (Q2)

Rubén Paz; Mario Domingo Monzón; Begoña González; Eujin Pei; Gabriel Winter; Fernando Ortega

Lightweight parametric optimisation method for cellular structures in additive manufactured parts. *International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization (IJSMDO)* 7 (A6), 2016.

González, Begoña; Winter, Gabriel; Emperador, José María; Galván, Blas José

Minimum-cost planning of the multimodal transport of pipes with evolutionary computation. *International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization* 3 (3), 401 – 405, 2009.

Winter, Gabriel; Galván, Blas José; González, Begoña; Jiménez, Juan Ignacio; Greiner, David Juan

A flexible evolutionary agent: cooperation and competition among real-coded evolutionary operators. *Soft Computing*, 9 (4), p. 299-323, 2005. JCR (Q3).



CV MÁXIMO MÉNDEZ BABEY

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), España

Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI)

maximo.mendez@ulpgc.es

Máximo Méndez Babey es Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Actualmente es Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Informática y Sistemas de la ULPGC, donde también es miembro e investigador del Instituto de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI). Su actividad docente se desarrolla en la Escuela de Ingenieros Industriales y Civiles (EIIC) de la ULPGC. Sus intereses en investigación incluyen los algoritmos genéticos, metaheurísticas para optimización multiobjetivo, análisis de decisiones, con aplicaciones reales en la ingeniería industrial. Ha publicado más de 50 artículos científicos en revistas internacionales, conferencias y capítulos de libros. Asimismo, ha colaborado tanto en proyectos y contratos de investigación a nivel de C.C. A.A., Nacionales, U.E. e Internacionales, así como en proyectos que incluyen transferencia de conocimiento al sector productivo. Ha realizado numerosas estancias de investigación, en centros de prestigio internacional como lo son el Centre de Mathématique et de Leurs Applications (CMLA) en L'École Normale Supérieure de Cachan en París (Francia), el Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur en Bahía Blanca (Argentina) y el Laboratoire d'Analyse et Modélisation des Systèmes pour l'Aide à la Décision (LAMSAD) en L'Université Paris IX (Dauphine) (Francia).

Publicaciones relevantes:

Fabio Miguel, Mariano Frutos, Máximo Méndez, Fernando Tohmé

Order batching and order picking with 3D positioning of the articles: solution through a hybrid evolutionary algorithm, *Math. Biosci. Eng.*, 19(6), 5546–5563, 2022. JCR (Q3).

Begoña González, Daniel Alejandro Rossit, Máximo Méndez, Mariano Frutos

Objective space division-based hybrid evolutionary algorithm for handling overlapping solutions in combinatorial problems, *Math. Biosci. Eng.*, 19(4), 3369-3401, 2022. JCR (Q3).

Máximo Méndez, Mariano Frutos, Fabio Miguel, Ricardo Aguasca

TOPSIS Decision on Approximate Pareto Fronts by Using Evolutionary Algorithms: Application to an Engineering Design Problem. *Mathematics*, 8, 2072, 2020, JCR (Q1).

Máximo Méndez; Daniel Alejandro Rossit; Begoña González; Mariano Frutos

Proposal and Comparative Study of Evolutionary Algorithms for Optimum Design of a Gear System, *IEEE Access*. 8, pp. 3482-3497, IEEE, 2019, JCR (Q1).

Ricardo Aguasca; Dagoberto Castellanos; Máximo Méndez

Comparative analysis of rainfall prediction models using machine learning in islands with complex orography: Tenerife Island, *Applied Sciences*. 9(22), pp. 1-17, MDPI, 2019. JCR (Q2).

Fabio Miguel; Mariano Frutos; Fernando Tohmé; Máximo Méndez

A Decision Support Tool for Urban Freight Transport Planning Based on a Multi- Objective Evolutionary Algorithm. *IEEE Access*. 7, pp. 156707-156721. IEEE, 2019, JCR (Q1).

Fabio Miguel; Mariano Frutos; Fernando Tohmé; Máximo Méndez

Integrating packing and distribution problems and optimization through mathematical programming. *Decision Science Letters*. 5(2), pp. 317-326. Growing Science, 2016. SJR (Q3).

Mariano Frutos; Méndez Méndez; Fernando Tohmé; Diego Broz

Comparison of Multiobjective Evolutionary Algorithms for Operations Scheduling under Machine Availability Constraints. *The Scientific World Journal*. pp. 1-9. Hindawi 2013. JCR (Q2).

David Greiner; José María Emperador; Blas Galván; Máximo Méndez; Gabriel Winter

Engineering Knowledge-Based Variance-Reduction Simulation and G-Dominance for Structural Frame Robust Optimization. *Advances in Mechanical Engineering*. pp. 1-13. Hindawi Publishing Corporation 2013. JCR (Q4).