



OPTIMIZACIÓN DEL PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS CON DRONES USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

MARIANO FRUTOS^{1,4,5} - FABIO M. MIGUEL² - MÁXIMO MÉNDEZ BABEY¹ - BEGOÑA GONZÁLEZ LANDÍN¹

¹Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Argentina

²Sede Alto Valle y Valle Medio, Universidad Nacional de Río Negro, Argentina

³Instituto Universitario SIANI, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

⁴Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur UNS CONICET, Argentina

⁵Instituto de Ingeniería UNS, Argentina

mfrutos@uns.edu.ar - fmiguel@unrn.edu.ar - maximo.mendez@ulpgc.es - bego.landin@ulpgc.es

RESUMEN

En los últimos años, la distribución de última milla se ha incrementado significativamente debido al comercio electrónico. Con el crecimiento exponencial de las ventas de productos que se distribuyen puerta a puerta, se estima que en cada ruta de distribución se deben entregar de 50 a 150 productos por día (Brown, 2019). Empresas líderes, como Amazon, Wal-Mart, Alibaba y DHL, ya están entregando sus productos con drones. En Argentina están comenzando a adoptar a los drones como modo de distribución. Ya se ha comenzado a estudiar el problema de ruteo de vehículos con drones (VRPD) (Wang y Sheu, 2019). Este es una extensión del clásico problema de ruteo de vehículos (VRP). En el VRPD camiones y drones operan de manera simultánea para entregar paquetes a los clientes. Una característica distintiva del VRPD es que un dron puede viajar en un camión, despegar de él para atender a los clientes y aterrizar nuevamente en ese u otro camión, siempre que se cumplan las limitaciones de alcance de vuelo y capacidad de carga (Euchi y Sadok, 2021). Rutear camiones y drones de manera simultánea hace que el problema sea mucho más desafiante y diferente al de la literatura clásica de ruteo de vehículos. Hay que tener en cuenta que el dron puede trasladarse a una alta velocidad y recorrer distancias cortas, transportar cargas livianas, su capacidad es de pocas unidades y el consumo de energía es bajo, mientras que el camión se traslada a una baja velocidad y puede recorrer largas distancias, transportar cargas pesadas, su capacidad es de varias unidades y su consumo de energía es alto (Chung, Sah y Lee, 2020). Al integrarse ambos modos de transporte se logran equilibrar todos estos aspectos y esto hace que la entrega de los productos sea más eficiente aumentando el nivel de servicio (Kuo, Edbert, Zulvia y Lu, 2023). En este trabajo, a través de la programación matemática, se modeló el problema y se recurrió a un algoritmo genético para su resolución. Solo se generaron algunos experimentos con instancias chicas generadas aleatoriamente en un entorno urbano, y los resultados demostraron que la codificación o representación de las soluciones generadas y una correcta parametrización es clave para tener un algoritmo eficiente que resuelva este problema. La función objetivo considera costos, tiempos de entrega y consumo energético por lo que la misma debe minimizarse para encontrar un punto óptimo de operación. Los resultados numéricos confirman la importancia de combinar camiones y drones para mejorar el nivel de servicio y la energía consumida en todo el proceso de distribución.

Palabras clave: METAHEURÍSTICAS - PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA - RUTEO DE VEHÍCULOS - DRONES - DISTRIBUCIÓN DE ÚLTIMA MILLA

ABSTRACT

In recent years, last mile delivery has increased significantly due to electronic commerce. With the exponential growth in sales of products that are distributed door-to-door, it is estimated that 50 to 150 products per day must be delivered on each distribution route (Brown, 2019). Leading companies such as Amazon, Wal-Mart, Alibaba

and DHL are already delivering their products with drones. In Argentina they are beginning to adopt drones as a mode of distribution. The vehicle routing problem with drones (VRPD) has already begun to be studied (Wang & Sheu, 2019). This is an extension of the classic Vehicle Routing Problem (VRP). In the VRPD trucks and drones operate simultaneously to deliver packages to customers. A distinctive feature of the VRPD is that a drone can travel on a truck, take off from it to serve customers, and land again on that or another truck, as long as the limitations of flight range and payload capacity are met (Euchi & Sadok, 2021). Routing trucks and drones simultaneously makes the problem much more challenging and different from the classic vehicle routing literature. It must be taken into account that the drone can travel at a high speed and travel short distances, transport light loads, its capacity is few units and the energy consumption is low, while the truck travels at a low speed and can travel long distances, transport heavy loads, its capacity is several units and its energy consumption is high (Chung, Sah & Lee, 2020). By integrating both modes of transport, it is possible to balance all these aspects and this makes the delivery of products more efficient, increasing the level of service (Kuo, Edbert, Zulvia & Lu, 2023). In this work, through mathematical programming, the problem was modeled and a genetic algorithm was used for its resolution. Only a few experiments with randomly generated small instances in an urban environment were generated, and the results showed that the coding or representation of the generated solutions and a correct parameterization is key to having an efficient algorithm that solves this problem. The objective function considers costs, delivery times and energy consumption, so it must be minimized to find an optimal point of operation. The numerical results confirm the importance of combining trucks and drones to improve the level of service and the energy consumed throughout the distribution process.

Keywords: METAHEURISTICS - MATHEMATICAL PROGRAMMING - VEHICLE ROUTING - DRONES - LAST MILE DISTRIBUTION

REFERENCIAS

BROWN, E. (2019): "E-commerce spurs innovation in last-mile logistics", MIT News, 2019. Disponible en: <https://news.mit.edu/2018/mit-e-commerce-spurs-innovations-last-mile-logistics-0904>.

CHUNG, S. H., SAH, B. y LEE, J. (2020): "Optimization for Drone and Drone-truck Combined Operations: A Review of the State of the Art and Future Directions". Computers & Operations Research, vol. 123, 105004.

EUCHI, J. y SADOK, A. (2021): "Hybrid genetic-sweep algorithm to solve the vehicle routing problem with drones". Physical Communication, vol. 44, 101236.

KUO, R. J., EDBERT, E., ZULVIA, F. E. y LU, S. H. (2023): "Applying NSGA-II to vehicle routing problem with drones considering makespan and carbon emission". Expert Systems with Applications, vol. 221, 119777.

WANG, Z. y SHEU, J. B. (2019): "Vehicle routing problem with drones". Transportation Research Part B, vol. 122 (1), pp. 350-364.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el soporte económico otorgado por el Gobierno de Canarias a través del proyecto CEI2021-05. También agradecen a la Secretaria General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur por financiar parte de este trabajo a través de los proyectos PGI 24/ZJ50 y 24/J086.

Anales del Congreso Internacional XXXVI Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa: XXXIV Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa / Micaela A. Abade ... [et al.]; compilación de Mariana Funes ; Fernanda Villarreal ; Coordinación general de Mariana Funes ; editado por Érica Chemes. - 1º ed. compendiada. - Tandil: Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa, 2023. Libro digital, PDF

*Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-47251-4-1*

*1. Matemática Aplicada. 2. Estadísticas. 3. Control de Calidad. I. Abade, Micaela A. II. Funes, Mariana, comp. III. Villarreal, Fernanda, comp. IV. Chemes, Érica, ed.
CDD 620.007*
