

Técnicas metaheurísticas para el *electric vehicle routing and overnight charging scheduling problem on a multigraph*

Pedro Esteras Koutsovitis¹, Javier Marenco¹, and Juan José Miranda Bront¹

Escuela de Negocios, Universidad Torcuato Di Tella, Argentina
pesteraskoutsovitis@mail.utdt.edu, javier.marenco@utdt.edu,
jmiranda@utdt.edu

Abstract. En este trabajo presentamos la aplicación de técnicas metaheurísticas para el *electric vehicle routing and overnight charging scheduling problem on a multigraph*, que fue presentado por Yamín et al. en 2024. Mostramos que una combinación de búsqueda local con un esquema exhaustivo para la programación de las estaciones de carga permite encontrar buenas soluciones para este problema.

Keywords: ruteo de vehículos eléctricos, programación de carga, metaheurísticas

Metaheuristic techniques for the electric vehicle routing and overnight charging scheduling problem on a multigraph

Abstract. In this work, we present the application of metaheuristic techniques to the electric vehicle routing and overnight charging scheduling problem on a multigraph, introduced by Yamín et al. in 2024. We show that a combination of local search with an exhaustive scheduling scheme for charging stations yields good solutions to this problem.

Keywords: electric vehicle routing problem, charge scheduling, metaheuristics

En este trabajo consideramos el *electric vehicle routing and overnight charging scheduling problem on a multigraph* (mE-VRSPTW), que fue presentado por Yamín et al., 2024. El objetivo de este problema es diseñar rutas de costo mínimo para una flota de vehículos eléctricos que deben atender a un conjunto de clientes

con ventanas de tiempo específicas. Además, se busca determinar un programa de recarga nocturna que garantice la viabilidad de estas rutas, suponiendo que las operaciones de recarga requieren de un tiempo considerable, que hay una cantidad limitada de estaciones de recarga en el depósito, que la función de recarga es una función lineal partida y que solo es posible cargar energía dentro de una franja horaria determinada.

Se tienen restricciones de peso máximo y carga máxima de las baterías para los vehículos. Además, el problema está planteado sobre un multigrafo dirigido, permitiendo que haya cero, uno o dos caminos que van desde un cliente a otro. Cuando hay dos caminos distintos que van desde un cliente a otro, uno tiene menos tiempo de viaje y más uso de energía, y el otro tiene más tiempo de viaje y menos uso de energía.

En este trabajo, mostramos que una combinación de búsqueda local, *backtracking* y *clustering* para la componente de ruteo con un algoritmo basado en backtracking para la programación de las estaciones de carga es adecuada para este problema. El procedimiento comienza agrupando a los clientes en clústeres según criterios de proximidad, bajo las siguientes condiciones:

1. Cada clúster puede contener como máximo 9 clientes.
2. Al menos un cliente del clúster debe ser accesible directamente desde el depósito (es decir, debe existir un camino desde el depósito hacia ese cliente).
3. Al menos un cliente debe tener un camino de regreso hacia el depósito.
4. La suma de los pesos de todos los clientes del clúster no debe superar la capacidad del camión.
5. Todos los clientes del clúster deben contar con caminos de entrada y salida que los conecten con otros clientes dentro del mismo clúster.

Es posible que algunos clientes no sean asignados a ningún clúster en esta etapa. A continuación, se determina la ruta óptima dentro de cada clúster utilizando un algoritmo de backtracking, considerando únicamente los caminos de costo mínimo. Posteriormente, se insertan en la solución obtenida aquellos clientes que no fueron asignados durante la etapa de clustering. Esta inserción se realiza mediante un algoritmo de fuerza bruta, también restringido a caminos de costo mínimo, hasta obtener una solución factible.

Una vez obtenida una solución factible, se aplica una fase de búsqueda local con el objetivo de mejorarla. Esta etapa utiliza todos los caminos disponibles (no solo los de costo mínimo) y se divide en dos fases:

1. Un procedimiento de *variable neighborhood descent* (VND), empleando los operadores de reubicación (*relocate*) e intercambio (*swap*).
2. Una búsqueda local adicional que intenta combinar rutas cortas para generar rutas más eficientes.

Para cada ruta resultante, se calcula el consumo energético y el tiempo de carga necesario para que el camión pueda completarla. Asimismo, se determina el último momento posible en el que el camión debe partir del depósito para llegar

puntualmente al primer cliente de su recorrido. Finalmente, se ejecuta un algoritmo de fuerza bruta para asignar a cada camión un cargador y un horario de carga adecuados.

Presentamos experimentos extensivos sobre las instancias utilizadas por Yamín et al., 2024, que muestran que esta implementación permite obtener soluciones óptimas o cercanas a las soluciones óptimas en tiempos de resolución muy bajos.

References

- Yamín, D., Desaulniers, G., & Mendoza, J. E. (2024). The electric vehicle routing and overnight charging scheduling problem on a multigraph. *INFORMS Journal on Computing*. <https://doi.org/10.1287/ijoc.2023.0404>