

Práctica Investigativa I

Vehicle Routing Problem With Stochastic Demands (VRPSD)

Juan José Castrillón y Juan Carlos Rivera

30 de mayo de 2024

Contenido

Introducción

Definición del Problema

Metodología

- Algoritmo Heurístico GRASP

- Procedimiento Split-S para TSP

- Particionamiento de Conjuntos con Gurobi

- Simulación de Restricciones de Capacidad

Resultados

- Instancia 1

- Resumen de Resultados de la Simulación

Conclusiones y Futuras Investigaciones

Introducción

- ▶ Estudio del Problema de Enrutamiento de Vehículos con Demandas Estocásticas (VRPSD).
- ▶ Objetivo: Optimizar rutas de vehículos bajo incertidumbre en las demandas.
- ▶ Implementación de un algoritmo en Python que integra GRASP, Split-S y un modelo de particionamiento con Gurobi.
- ▶ Resultados muestran mejoras significativas en la reducción de la distancia total recorrida.

Definición del Problema

- ▶ Grafo no dirigido completo $G = (V, E)$ donde $V = \{0, 1, \dots, n\}$.
- ▶ Demanda estocástica ξ_i para cada cliente $i \in V \setminus \{0\}$.
- ▶ Capacidad del vehículo Q .
- ▶ Objetivo: Minimizar el costo total esperado, incluyendo costos de viaje y recargo.
- ▶ Acciones de recarga: Volver al depósito o asistencia de otro vehículo.

Metodología

- ▶ Desarrollo e implementación de un algoritmo comprensivo en Python.
- ▶ Integración de varias técnicas avanzadas para optimizar el enrutamiento de vehículos bajo incertidumbre.
- ▶ Estructura de la metodología:
 - ▶ Algoritmo heurístico GRASP.
 - ▶ Procedimiento Split-S para el TSP.
 - ▶ Particionamiento de conjuntos con Gurobi.
 - ▶ Simulación de restricciones de capacidad del vehículo.

Algoritmo Heurístico GRASP

- ▶ Greedy randomized adaptive search procedure (GRASP).
- ▶ Fases: Construcción de una solución factible y búsqueda local para mejorar la solución.
- ▶ Generación de un TSP inicial que será implementado en el procedimiento Split-S.

Procedimiento Split-S para TSP

- ▶ División de la solución TSP en sub-rutas basadas en el número de vehículos disponibles.
- ▶ Asegura que cada sub-ruta no exceda la capacidad del vehículo.
- ▶ Repartición de rutas en múltiples iteraciones para encontrar la mejor combinación de sub-rutas.

Particionamiento de Conjuntos con Gurobi

- ▶ Optimización de la combinación de rutas utilizando el modelo de particionamiento de conjuntos.
- ▶ Minimización de la distancia total recorrida por la flota.
- ▶ Selección de la mejor combinación de sub-rutas que cubren todos los nodos.

Simulación de Restricciones de Capacidad

- ▶ Simulación de la demanda de cada nodo utilizando una distribución normal.
- ▶ Dos enfoques:
 - ▶ Simulación de retorno al depósito.
 - ▶ Asistencia de vehículos cercanos.
- ▶ Comparación de la eficiencia de ambos enfoques en la gestión de capacidades bajo demandas estocásticas.

Resultados

- ▶ Representación gráfica de las rutas para las primeras dos instancias.
- ▶ Comparación de las distancias totales recorridas en diferentes simulaciones.
- ▶ Tabla resumen de los resultados de la simulación.

Instancia 1

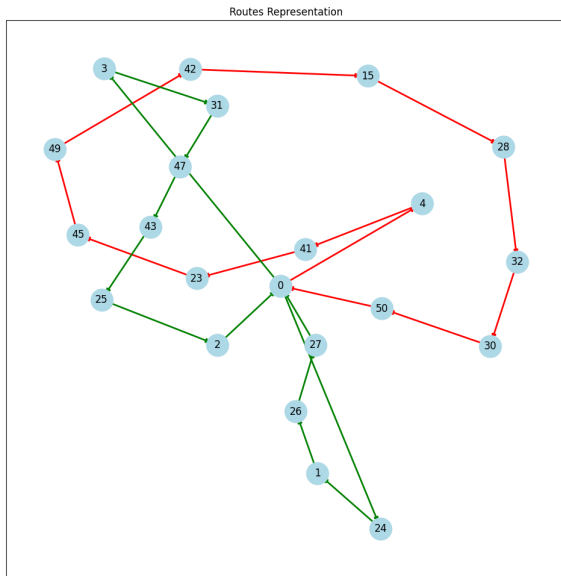


Figure: Primeros dos vehículos con retorno al depósito.

Instancia 1 - Asistencia de Vehículos

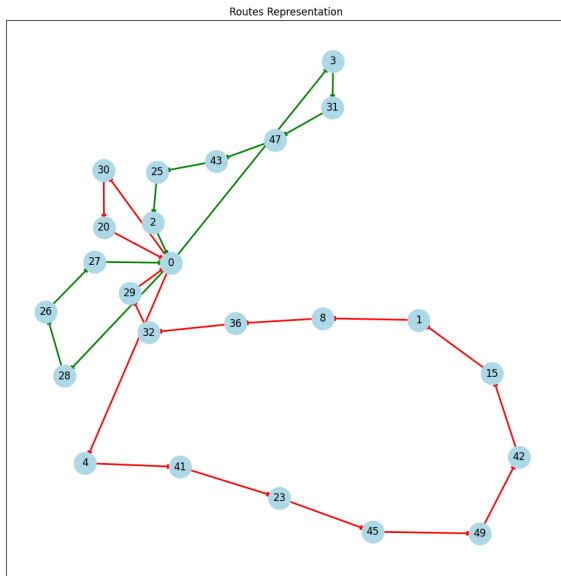


Figure: Primeros dos vehículos con asistencia de vehículos cercanos.

Instancia 1 - Comparación.

```
Ruta 1: [0, 4, 41, 23, 45, 49, 42, 15, 28, 32, 30, 50, 0] 329.184 13
Ruta 2: [0, 3, 31, 47, 43, 25, 2, 0, 24, 1, 26, 27, 0] 316.67199999999997 13
Ruta 3: [0, 7, 35, 21, 16, 9, 37, 6, 8, 29, 20, 0, 22, 0] 293.168 14
Ruta 4: [0, 40, 33, 5, 44, 18, 11, 10, 36, 0, 38, 0] 317.72199999999999 12
Ruta 5: [0, 13, 14, 19, 34, 46, 48, 39, 17, 0, 12, 0] 294.505 12
La distancia total es: 1551.2509999999997
```

Figure: Retorno al depósito

```
Ruta 1: [0, 4, 41, 23, 45, 49, 42, 15, 1, 8, 36, 32, 29, 0, 30, 20, 0] 450.12300000000005 17
Ruta 2: [0, 3, 31, 47, 43, 25, 2, 0, 28, 26, 27, 0] 289.74199999999996 12
Ruta 3: [0, 7, 35, 21, 16, 9, 37, 48, 24, 6, 0, 50, 22, 0] 281.017 14
Ruta 4: [0, 40, 33, 5, 44, 18, 11, 0] 182.801 8
Ruta 5: [0, 13, 14, 19, 34, 46, 10, 39, 17, 38, 12, 0] 271.34200000000004 12
La distancia total es: 1475.025
```

Figure: Asistencia de vehículos.

Resumen de Resultados de la Simulación

Instancia	Retorno al Depósito (km)	Asistencia de Vehículos (km)
1	1551.25	1475.02
2	3087.94	3044.6
3	3910	3777

Table: Resumen de las distancias totales recorridas en tres instancias.

Conclusiones y Futuras Investigaciones

- ▶ La simulación paralela mejora significativamente las soluciones.
- ▶ La asistencia de vehículos cercanos reduce la distancia total recorrida.
- ▶ Contribuciones significativas en la optimización de rutas bajo demandas estocásticas.
- ▶ Futuras investigaciones:
 - ▶ Impacto de diferentes distribuciones de demanda.
 - ▶ Consideración de ventanas de tiempo y velocidades variables.
 - ▶ Comparación con otros métodos de vanguardia.
 - ▶ Uso de técnicas de aprendizaje automático para predecir patrones de demanda.

Referencias Bibliográficas

- [1] Magdalene Marinaki, Andromachi Taxidou, and Yannis Marinakis. “A hybrid Dragonfly algorithm for the vehicle routing problem with stochastic demands”. In: *Intelligent Systems with Applications* 18 (2023), p. 200225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200225>.
- [2] Jorge E. Mendoza and Juan G. Villegas. “A multi-space sampling heuristic for the vehicle routing problem with stochastic demands”. In: *Optimization Letters* 7 (2013). DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11590-012-0555-8>.
- [3] Majid Salavati-Khoshghalb et al. “A hybrid recourse policy for the vehicle routing problem with stochastic demands”. In: *EURO Journal on Transportation and Logistics* 8.3 (2019), pp. 269–298. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13676-018-0126-y>.