

Problema de Enrutamiento de Vehículos (Nov 2007)

R. Andrés Jaque Pirabán*

Abstract—

Index Terms—Vehicle Routing Problem, heuristics, genetic algorithms,

I. INTRODUCCIÓN

EL problema de enrutamiento de vehículos (VRP) es un problema de optimización combinatoria de gran importancia en diferentes entornos de logística, consiste en servir una serie de clientes ubicados geográficamente de manera dispersa, para atender los clientes se cuenta con una flota de vehículos que parten desde un centro de depósito, el problema consiste en asignar a cada vehículo la ruta de clientes, de manera que se minimice el costo de transporte.

Diferentes variantes del problema, que incluyen restricciones adicionales y la incorporación de múltiples variables, son propuestas como una aproximación generalizada a problemas reales de enrutamiento de vehículos. Este documento realiza un estudio del estado del arte del problema, organizándose de la siguiente manera: (1) Se presenta una descripción detallada del problema; (2) Se ilustran diferentes entornos reales de aplicación del VRP; (3) Se describe una recopilación estructurada de las diferentes técnicas propuestas para solucionar el VRP y sus variantes; (4) Por último, se presentan las conclusiones derivadas de este estudio.

II. PROBLEMA DE ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULOS

Uno de los primeros estudios que trataron el problema se remonta al año 59, en este trabajo Dantzig y Ramser [1] tratan un problema de despacho con camiones, este problema surge como una generalización del problema clásico del agente viajero en el que un vendedor tiene que recorrer una serie de clientes una sola vez, para luego volver al lugar de partida.

Diferentes variaciones del VRP se han propuesto con el ánimo de acercarse a contextos reales del problema, estos

problemas incluyen la adición de variables y restricciones, en la Figura 1 se presenta un diagrama con las variantes más populares del VRP.

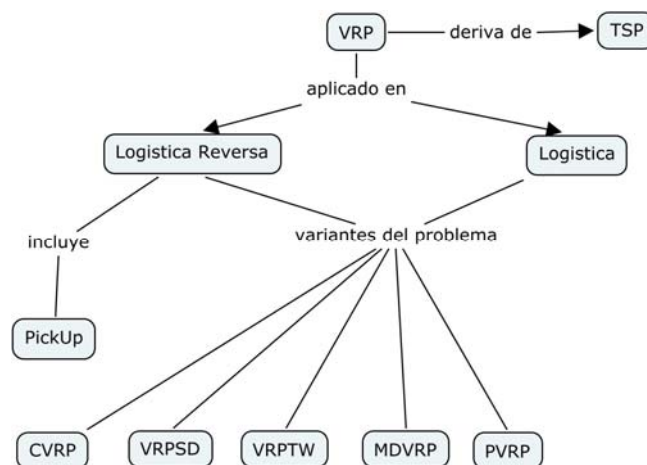


Figura 1 Variaciones y derivaciones del Problema de enrutamiento de Vehículos

Una de las variantes más populares del problema, surge ventanas de tiempo para realizar las entregas, estos son periodos fijos durante los cuales se puede realizar la entrega a los clientes, este problema es conocido como el VRPTW, por sus siglas en inglés (Vehicle Routing Problem with Time Windows), propuesto por xxx [].

Cuando en el VRP clásico se tiene una capacidad determinística variable de los vehículos, se trata del CVRP (Capcited Vehicle Routing Problem); cuando el problema tiene diferentes depósitos de los que parten los vehículos, se conoce entonces el MDVRP (Multiple Deposits Vehicle Routing Problem). El VRPSD (Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands), es otra variante del VRP en la que solo son conocidas las demandas de los clientes con una distribución de probabilidad, por otro lado, el PVRP (Periodic Vehicle Routing Problem) contempla que las rutas se realicen periódicamente.

III. ENTORNOS REALES DEL VRP

Estudios del problema de enrutamiento de vehículos son de gran importancia en problemas reales de logística y de logística reversa que ha tomado gran importancia en la actualidad, los problemas de logística reversa con frecuencia incluyen situaciones en las que además de realizar una entrega

*rajaquep@unal.edu.co, Seminario de Investigación I, Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Nacional de Colombia

a los clientes es necesario realizar recogidas.

Algunos de los entornos reales para los que el estudio del VRP es de gran importancia se evidencia en mensajería, transporte de valores, recolección de basura, transporte de contenedores, transporte de pasajeros.

IV. MÉTODOS DE SOLUCIÓN

El VRP es de complejidad NP-co, métodos exactos han sido propuestos para su solución siendo apropiados en problemas pequeños, pero dada su alta complejidad en tiempo computacional son inapropiados para problemas de dimensiones mayores.

Debido a la complejidad del VRP diferentes métodos que se aproximados han sido propuestos que aunque no garantizan encontrar la solución óptima brindan una muy buena solución al problema.

Entre los métodos propuestos se encuentran los algoritmos que ramifican y podan el árbol de soluciones, entre estos algoritmos se distingue el *Branch and Bound* (B&B), *Branch and Price* (B&P) y *Branch and Cut* (B&C).

Diferentes autores han aplicado algoritmos metaheurísticos a la solución de este problema, algoritmos enmarcados en inteligencia de enjambres como el algoritmo de colonia de hormigas (ACO) [] y partículas [], han tenido buenos resultados en la solución del VRP, estos algoritmos se inspiran en el comportamiento natural y cooperativo de individuos que trabajan de manera cooperativa para solucionar problemas complejos.

Algoritmos evolutivos también han sido propuestos para la solución de este problema, entre los que se han utilizado algoritmos genéticos [], programación evolutiva [] y estrategias evolutivas [], también se han utilizado algoritmos de búsqueda local como 2-opt[], k-opt[], búsqueda tabú[] y recocido simulado[].

También se han propuesto algoritmos de dos fases, los cuales primero realizan un agrupamiento para después aplicar otro método para la asignación de las rutas a los vehículos, entre estos algoritmos se destaca el algoritmo de barrido y el algoritmo de pétalo.

También se han propuesto heurísticas constructivas, exclusivas para el problema de enrutamiento de vehículos, la más destacada es el algoritmo Clarke and Wright[].

Es importante resaltar las propuestas de algoritmos híbridos que combinan características de diferentes heurísticas

V. CONCLUSIONES

El problema de enrutamiento de vehículos es de gran

importancia en logística y logística reversa, aunque diferentes autores han presentado métodos de solución que encuentran la mejor solución al problema, aunque con un costo computacional muy alto, por lo tanto, para problemas de mayor tamaño se hace necesaria la utilización de heurísticas, que aunque no aseguran encontrar la mejor solución, proporcionan una muy buena, en un tiempo de computo admisible, este problema sigue un área de trabajo.

REFERENCES

- [1] G. B. Dantzing and J. H. Ramser, "The Truck Dispatching Problem" in *Plastics*, 2nd ed. vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15-64.