

Proyecto 2: Resolviendo el *Capacited Vehicle Routing Problem*

1. Planteamiento del Problema

El *Vehicle Routing Problem* (VRP) es uno de los problemas de optimización combinatoria más estudiados. El *Capacited Vehicle Routing Problem* (CVRP) es la variante base del VRP. Se desea que implemente un software, basado en una metaheurística de trayectoria, que encuentre soluciones de alta calidad para el CVRP. La información básica sobre el VRP y sus variantes como el CVRP la puede obtener del libro de publicado por Toth y Vigo [7]. El capítulo 5 del libro [7], Laporte y Semet presentan las heurísticas clásicas para el CVRP [6]. Entre esas heurísticas están las *heurísticas de construcción de una solución* y las *heurísticas de mejora de soluciones*. En el capítulo 6 del mismo libro, Gendreau et al. [3] presentan las metaheurísticas utilizadas para resolver el CVRP. Otra referencia sobre los métodos clásicos y modernos para resolver el CVRP lo presenta Laporte et al. [5]. El artículo Cordeau et al. [2] trata sobre las nuevas heurísticas para el CVRP. El libro Golden et al. [4] presenta una la revisión más reciente sobre las metaheurísticas usadas para resolver el VRP y la mayoría de sus variantes como CVRP, en la sección *Metaheuristics for the Vehicle Routing Problem and Its Extensions*.

El objetivo del proyecto es que usted diseñe e implemente un algoritmo heurístico que resuelva el CVRP, que este basado en alguna de estas metaheurísticas: *Tabu Search*, *Variable neighborhood search*, *Iterated local search* o en *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*. La implementación de su programa debe hacerse usando alguno de estos tres lenguajes de programación: C, C++ ó JAVA. Las instancias con las que debe probar su algoritmo heurístico son las propuestas por Christofides, Mingozzi and Toth [1]. Estas instancias han sido ampliamente utilizadas para probar algoritmos que resuelven el CVRP y se les proporcionará en el material de apoyo. Las mejores soluciones encontradas a esas instancias las puede ver en la página web <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/>, en la sección *Known Best Results*. El archivo `vrpinfo.txt`, que se encuentra junto con las instancias CVRP, explica el formato de los archivos. Puede ver que dos de los datos de las instancias son el *maximum route time* y el *drop time*. Se tiene que el *maximum route time* es el tiempo máximo que puede durar una ruta y *drop time* es el tiempo en que uno se demora en atender a un cliente. Lo que indican esos datos es que la distancia recorrida de una ruta más tiempo de servicio de cada uno de los cliente de esa ruta (*drop time*), debe ser menor al tiempo máximo permitido para la ruta (*maximum route time*).

Su programa puede mostrar la información que considere relevante por la salida estándar. Al finalizar su programa debe haber creado un archivo llamado `stat.nombreInstancia`, donde `nombreInstancia` es el nombre de la instancia que resolvió. En este archivo se almacenará la siguiente información, separadas por líneas.

- Distancia de la mejor solución
- Iteración de la mejor solución
- Número total de iteraciones hechas por el programa
- Tiempo en que fue encontrada la mejor solución, en segundos
- Tiempo total de la corrida del algoritmo, en segundos
- Número de rutas de la solución

- Se imprime cada una de las rutas separadas por una líneas. Los clientes de las rutas son separados por un espacio en blanco. Se tiene como convención que el depósito tiene el número cero (0) y los demás clientes se les asigna números naturales. Una ruta comienza y termina en el depósito, (por ejemplo, 0 7 1 3 0)

Además del programa que resuelve el CVRP, debe realizar un informe que contenga los siguientes secciones:

- *Portada*
- *Introducción:*
 1. Motivación del proyecto.
 2. Breve descripción del problema.
 3. Descripción del contenido del informe.
- *Algoritmo para el CVRP:* Debe describir de manera clara y precisa el algoritmo que diseño para resolver el CVRP. La idea es que cualquier profesional competente en ciencias de la computación que lea esta sección, debe ser capaz de implementar la heurística que usted desarrolló y de reproducir los resultados que usted obtuvo. Debido a esto la sección debería contener por lo menos:
 1. Las estructuras de datos usadas para representar el problema y otras que considere importantes
 2. La descripción de los principales algoritmos para resolver el problema. Preferiblemente debe mostrar el pseudocódigo de esos algoritmos
 3. Los parámetros que usa su algoritmo y la justificación de los mismos.
 4. Cualquier otra información que usted considere relevante para la implementación del algoritmo.

Debe justificar y explicar el diseño de su solución.

- *Instrucciones de operación:* Descripción detallada de como compilar y correr su aplicación, así como el estado actual de la misma
- *Resultados Experimentales y Discusión:* (Ver indicaciones más adelante)
- *Conclusiones y Recomendaciones*
- *Referencias bibliográficas*

En cuanto a la sección de *Resultados Experimentales y Discusión* se desea hacer un estudio experimental que permita caracterizar el rendimiento de la solución algorítmica propuesta por usted.

En caso de que su solución sea un algoritmo probabilístico, debe presentar dos tablas de resultados experimentales. La primera tabla debe tener los siguientes datos:

- Nombre de la instancia
- Distancia promedio de 5 corridas de la heurística
- Porcentaje de desviación de la distancia promedio de la heurística, con respecto a la solución óptima
- Desviación estándar del valor promedio de la heurística
- Distancia de la mejor solución obtenida en las 5 corridas de la heurística
- Número de ocurrencias de la mejor solución en las 5 corridas de la heurística

La segunda tabla debe mostrar los siguientes resultados:

- Nombre de la instancia
- Distancia de la solución óptima
- Distancia de la mejor solución obtenida en las 5 corridas de la heurística
- Porcentaje de desviación de la mejor solución de la heurística con respecto a la solución óptima
- Tiempo promedio de las 5 corridas de la heurísticas, en segundos.

Si su solución para el CVRP es un algoritmo determinístico, debe hacer una tabla de resultados experimentales con los siguientes datos:

- Nombre de la instancia
- Distancia de la solución óptima
- Distancia de la mejor solución obtenida por su algoritmo
- Porcentaje de desviación de su mejor solución, con respecto a la solución óptima
- Tiempo de su mejor solución, en segundos

También puede incluir cualquier otra tabla o gráfico que considere relevante. El porcentaje de desviación de una solución de la heurística, con respecto a la solución óptima se calcula con la siguiente fórmula: $\frac{\text{distanciaHeur} - \text{distanciaOpt}}{\text{distanciaOpt}} * 100$. Las pruebas las puede realizar en cualquier computador. En el informe debe indicar las características del mismo: el modelo de procesador, la velocidad del reloj del procesador, la memoria RAM del sistema y el sistema de operación instalado. Su aplicación debe poder instalarse y ejecutarse en un equipo del LDC.

2. Sobre la entrega

Este proyecto es en equipos de máximo dos personas y tiene un valor de 30 % de la nota final. La fecha límite de entrega es el día jueves 14 de junio de 2012 hasta las 3:30 pm. Debe entregar el informe del proyecto y un archivo **.tar.gz** con el código del proyecto.

3. Consideraciones Finales

- Cualquier error que sea hallado en este enunciado, así como cualquier tipo de observación adicional sobre el proyecto, serán publicadas como fe de erratas en la página web del curso. Es responsabilidad de los alumnos revisar periódicamente la misma
- No debe haber copia, ni intercambio de información específica ni ayuda detallada entre los alumnos del curso. El incurrir en cualquiera de las acciones descritas anteriormente tendrá como consecuencia sanciones severas

Referencias

- [1] CHRISTOFIDES, N. *Combinatorial optimization*. A Wiley-Interscience Publication. Wiley, 1979.
- [2] CORDEAU, J., GENDREAU, M., HERTZ, A., LAPORTE, G., AND SORMANY, J. New heuristics for the vehicle routing problem. *Logistics systems: design and optimization* (2005), 279–297.
- [3] GENDREAU, M., LAPORTE, G., AND POTVIN, J. Metaheuristics for the capacitated vrp. *The vehicle routing problem 9* (2002), 129–154.

- [4] GOLDEN, B., RAGHAVAN, S., AND WASIL, E. *The vehicle routing problem: latest advances and new challenges*, vol. 43. Springer Verlag, 2008.
- [5] LAPORTE, G., GENDREAU, M., POTVIN, J., AND SEMET, F. Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. *International transactions in operational research* 7, 4-5 (2000), 285–300.
- [6] LAPORTE, G., AND SEMET, F. Classical heuristics for the capacitated vrp. *The vehicle routing problem* 9 (2002), 109–128.
- [7] TOTH, P., AND VIGO, D. *The Vehicle Routing Problem*. Monographs on Discrete Mathematics and Applications. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002.