

UNIVERSIDAD DE GRANADA
E.T.S. DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA
y DE TELECOMUNICACIÓN



Departamento de Ciencias de la
Computación e Inteligencia Artificial

Algorítmica

Guión de Prácticas

Práctica 5: Algoritmos de Vuelta Atrás
(Backtracking) y de Ramificación y Poda
(Branch and Bound)

Curso 2019-2020

Grado en Informática

1. Normativa

El objetivo de esta práctica es que el estudiante aprecie la potencia de los métodos vuelta atrás para resolver problemas, pero también comprenda sus limitaciones. Para ello cada equipo de estudiantes deberá resolver uno de los problemas (asignado al azar) que se describen en la Sección 2. La resolución de estos problemas requiere, adicionalmente, la generación de datos para la evaluación del algoritmo propuesto. Adicionalmente, todos los equipos deberán implementar un algoritmo de ramificación y poda para resolver el problema del viajante de comercio (TSP) siguiendo las indicaciones descritas en la Sección 3.

Cada equipo tendrá que entregar:

1. Una memoria en la que se describa la solución propuesta para el problema asignado.
2. En la memoria se deberá añadir el pseudocódigo del algoritmo propuesto, y varios escenarios de ejecución.
3. El código elaborado para resolver ambos problemas con su correspondiente `Makefile`.

2. Problema asignado

2.1. Laberinto

El problema consiste en encontrar la salida de un laberinto. Más concretamente, supondremos que el laberinto se representa mediante una matriz bidimensional de tamaño $n \times n$. Cada posición almacena un valor 0 si la casilla es transitable y cualquier otro valor si la casilla no es transitable. Los movimientos permitidos son a casillas adyacentes de la misma fila o la misma columna. Podemos suponer que las casillas de entrada y salida del laberinto son respectivamente $(0, 0)$ y $(n - 1, n - 1)$. Por tanto el problema consiste en, dada una matriz que representa el laberinto, encontrar si existe un camino para ir desde la entrada hasta la salida. Diseñar e implementar un algoritmo vuelta atrás para resolver este problema, y realizar un estudio empírico de su eficiencia.

2.2. Cena de gala

Se va a celebrar una cena de gala a la que asistirán n invitados. Todos se van a sentar alrededor de una única gran mesa rectangular, de forma que cada invitado tendrá sentados junto a él a otros dos comensales (uno a su izquierda y otro a su derecha). En función de las características de cada invitado (por ejemplo categoría o puesto, lugar de procedencia, ...) existen unas normas de protocolo que indican el nivel de conveniencia de que dos invitados se sienten en lugares contiguos (supondremos que dicho nivel es un número entero entre 0 y 100). El nivel de conveniencia total de una asignación de invitados a su puesto en la mesa es la suma de todos los niveles de conveniencia de cada invitado con cada uno de los dos invitados sentados a su lado. Se desea sentar a los invitados de forma que el nivel de conveniencia global sea lo mayor posible. Diseñar e implementar un algoritmo vuelta atrás para resolver este problema, y realizar un estudio empírico de su eficiencia.

2.3. Transporte de mercancías

Una empresa dispone de n centros de fabricación/distribución (cada uno situado en una localización diferente) y necesita abastecer n puntos de venta, situados en diferentes ciudades. La distancia entre el centro de distribución i y el punto de venta j es $d(i, j)$ $i, j = 1, \dots, n$. La empresa desea abastecer cada punto de venta desde un único centro de distribución, y desea que la suma de las distancias entre cada centro de distribución y su punto de venta asignado sea lo más pequeña posible. Diseñar e implementar un algoritmo vuelta atrás para resolver este problema, y realizar un estudio empírico de su eficiencia.

2.4. Estación de ITV

Una estación de ITV consta de m líneas de inspección de vehículos iguales. Hay un total de n vehículos que necesitan inspección. En función de sus características, cada vehículo tardará en ser inspeccionado un tiempo t_i $i = 1, \dots, n$. Se desea encontrar la manera de atender a los n vehículos y acabar en el menor tiempo posible. Diseñar e implementar un algoritmo vuelta atrás para resolver este problema, y realizar un estudio empírico de su eficiencia.

3. El problema del viajante de comercio

El problema del viajante de comercio (TSP) ya se ha comentado y utilizado en prácticas anteriores. Si se desea encontrar una solución óptima es necesario utilizar métodos más potentes (y costosos), como la vuelta atrás y la ramificación y poda, que exploren el espacio de posibles soluciones de forma más exhaustiva.

Así, un algoritmo de vuelta atrás comenzaría en la ciudad 1 (podemos suponer sin pérdida de generalidad, al tratarse de encontrar un tour, que la ciudad de inicio y fin es esa ciudad) e intentaría incluir como parte del tour la siguiente ciudad aún no visitada, continuando de este modo hasta completar el tour. Para agilizar la búsqueda de la solución se deben considerar como ciudades válidas para una posición (ciudad actual) sólo aquellas que satisfagan las restricciones del problema (en este caso ciudades que aún no hayan sido visitadas). Cuando para un nivel no queden más ciudades válidas, el algoritmo hace una vuelta atrás proponiendo una nueva ciudad válida para el nivel anterior.

Para emplear un algoritmo de ramificación y poda es necesario utilizar una cota inferior: un valor menor o igual que el verdadero coste de la mejor solución (la de menor coste) que se puede obtener a partir de la solución parcial en la que nos encontremos. Una posible alternativa sería la siguiente: como sabemos cuáles son las ciudades que faltan por visitar, una estimación optimista del costo que aún nos queda sería, para cada ciudad, el coste del mejor (menor) arco saliente de esa ciudad. La suma de los costes de esos arcos, más el coste del camino ya acumulado, es una cota inferior en el sentido antes descrito.

Para realizar la poda, guardamos en todo momento en una variable C el costo de la mejor solución obtenida hasta ahora (que se utiliza como cota superior global: la solución óptima debe tener un coste menor o igual a esa). Esa variable puede inicializarse con el costo de la solución obtenida utilizando un algoritmo voraz. Si para una solución parcial, su cota inferior es mayor que C entonces se puede realizar la poda.

Como criterio para seleccionar el siguiente nodo que hay que expandir del árbol de búsqueda (la solución parcial que tratamos de expandir), se emplearía el criterio LC o “más prometedor”. En este caso consideraremos como nodo más prometedor aquel que presente el menor valor de cota inferior. Para ello se debe de utilizar una cola con prioridad que almacene los nodos ya generados (nodos vivos).

Además de devolver el costo de la solución encontrada (y en su caso el tour correspondiente), se deben de obtener también resultados relativos a complejidad: número de nodos expandidos, tamaño máximo de la cola con prioridad de nodos vivos, número de veces que se realiza la poda y el tiempo empleado en resolver el problema.

Las pruebas del algoritmo pueden realizarse con los mismos datos empleados en la práctica 3 (teniendo en cuenta que el tamaño de problemas que se pueden abordar con estas técnicas es mucho más reducido que con los métodos voraces). La visualización de las soluciones también puede hacerse de la misma forma que en la práctica 3 (usando `gnuplot`).

3.1. Tareas a realizar

Construir un programa que utilice la técnica de ramificación y acotación para resolver el problema del viajante de comercio en las condiciones descritas anteriormente, empleando la función de acotación comentada, o alguna otra.

Adicionalmente, construir también un programa que utilice vuelta atrás, pero utilizando también la función de acotación descrita anteriormente, y realizar un estudio experimental comparativo con el algoritmo de ramificación y poda.