



APELLIDOS:

PL:

NOMBRE:

DNI:

ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
SISTEMAS INTELIGENTES

Examen Parcial. Miércoles 25 de octubre de 2023.

I.- BUSQUEDA

Consideremos el problema del viajante de comercio (versión simétrico y totalmente conectado), y su solución mediante búsqueda en espacios de estados, con estados de la forma (**Inicial, Visitadas, Actual**), siendo **Visitadas** el conjunto de ciudades ya visitadas, excluyendo a la **Inicial** y a la **Actual**.

Consideremos también el siguiente heurístico para el algoritmo A*:

$h(n)$ = *coste del conjunto X de arcos del grafo residual del estado n calculado con el algoritmo siguiente*

```
X = ∅
si esObjetivo(n) entonces devuelve X
C = ciudades del grafo residual de n
X = subconjunto de arcos del grafo residual de n que tocan a todas las
ciudades de C y que tiene coste mínimo (*)
/* X contiene el conjunto de arcos de coste mínimo que tocan a las
ciudades de C */
/* |X| ≤ N-k+1 */
A = arcos del grafo residual de n ordenados de menor a mayor coste
mientras |X| < N-k+1 hacer
    /* X contiene los |X| arcos menos costosos de A que tocan a todas
    las ciudades de C */
    a = siguiente arco de A
    si a no está en X entonces X = X + a
/* X contiene el conjunto de los N-k+1 arcos de coste mínimo del grafo
residual que tocan a todas las ciudades de C */
devuelve X
```

(*) esta acción sustituye a la primera iteración del algoritmo del enunciado. En principio hace lo mismo, es decir nos lleva a un estado descrito por los dos comentarios siguientes. Pero no es así, ya que con la iteración del enunciado el algoritmo no es correcto. Esto no condiciona las respuestas a las preguntas, ya que si suponemos cierto lo que indican los dos comentarios, la segunda iteración nos lleva a un estado descrito por el comentario final.

En este algoritmo, **N** es el número de ciudades y **k** es el número de ciudades visitadas, incluyendo la Inicial y la Actual, (es decir **k = |Visitadas| + 2**) en el estado **n**. Recordad que el grafo residual incluye a la ciudad **Inicial**, a la **Actual** y a las que faltan por visitar, y a los arcos que conectan estas ciudades entre sí, salvo el arco (**Inicial, Actual**) en el caso de que falten ciudades por visitar. La acción “resetear A ...” significa que el siguiente acceso produce el primer arco de A, en estas operaciones los arcos no se eliminan de A.

Se pide responder de forma razonada a las siguientes cuestiones:

1. [1 punto] Completa el último comentario del algoritmo anterior para que exprese cuál es el contenido final del conjunto **X**

RESP: Suponiendo que los dos comentarios que siguen a la acción (*) describen de forma correcta el estado resultante de la acción, la segunda iteración nos lleva a un estado en el que se cumple la condición expresada en el siguiente comentario

/ X contiene el conjunto de los $N-k+1$ arcos de coste mínimo del grafo residual que tocan a todas las ciudades de C */*

Esto significa que los arcos que están en X forman una solución del problema que representa el estado n en el que se relajan las restricciones R_3 y R_4 . Recordemos la definición del problema que representa un estado n en el TSP:

Dado un estado $(A\{...\}X)$ en el que se han visitado $k \geq 1$ ciudades y estamos en la ciudad X , se trata de calcular un subconjunto de arcos del grafo residual, de coste mínimo, que cumpla las restricciones siguientes:

R_1 . Que tenga $N-k+1$ arcos.

R_2 . Que los arcos toquen a las ciudades A , X y a las no visitadas.

R_3 . Que el conjunto de arcos sea de grado 1 para A y X , y de grado 2 para las no visitadas.

R_4 . Que los arcos conecten a todas las ciudades A , X y las no visitadas entre sí.

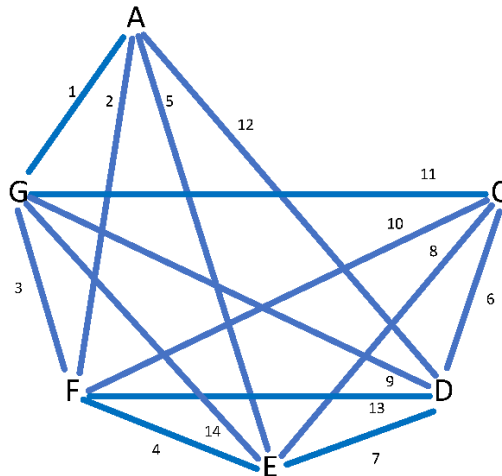
2. [0,5 puntos] Indica si h es o no un heurístico bien definido.

RESP: Si n es objetivo, X es el conjunto vacío con lo que $h(n)=0$, en cualquier otro estado n , X tendrá $N-k+1$ arcos: si C contiene solo las ciudades Inicial y Actual, el grafo residual solo tiene el arco (Inicial,Actual), $N=k$, luego $N-k+1 = 1$; si C contiene ciudades no visitadas entonces $N > k$ y $N-k+1 > 1$. Como el coste de los arcos es positivo, en cualquier caso, el valor de $h(n)$ será mayor que 0. Luego h está bien definido.

3. [1,5 puntos] Dibuja el grafo residual correspondiente al estado $n = (A \{B\} C)$ para la instancia del problema definida por la siguiente matriz de costes entre las ciudades A, B, C, D, E, F, G ; siendo A la ciudad de partida, e indica el valor de $h(n)$

0						
15	0					
16	17	0				
12	18	6	0			
5	19	8	7	0		
2	20	10	13	4	0	
1	21	11	9	14	3	0

RESP: El grafo residual del estado n es el siguiente



Y el valor de $h(n) = 1+2+4+6+3 = 16$.

En este caso $N-k+1 = 7-3+1 = 5$. Como resultado de la acción (*) del algoritmo anterior, X contendrá los arcos (A,G) (A,F) (F,E) y (C,D). Estos 4 arcos forman el conjunto de arcos de coste mínimo que tocan a las 6 ciudades del grafo residual. En consecuencia, la iteración posterior añadirá a X el arco mínimo del grafo residual que no esté ya contenido en X, éste es el arco (G,F). La suma de los costes de estos 5 arcos es 16.

4. [2,5 puntos] ¿Qué propiedades tiene el heurístico h?

RESP: Dado que h se obtiene mediante el método de la relajación del problema, concretamente relajando el conjunto de restricciones $\{R_3, R_4\}$, h es consistente y por lo tanto admisible.

5. [2,5 puntos] ¿Qué se puede decir de la comparación de h con los heurísticos h1 (el que calcula la suma de los $N-k+1$ arcos de coste mínimo del grafo residual) y hMST (el que calcula el árbol de expansión mínimo del grafo residual)? Indica el valor de estos dos heurísticos para el estado $n = (A \{B\} C)$.

RESP: Los heurísticos h1 y hMST también se obtienen mediante el método de relajación del problema, relajando los conjuntos $\{R_1, R_3, R_4\}$ y $\{R_3\}$ respectivamente. En consecuencia, también son consistentes. Dado que $\{R_1, R_3, R_4\} \supset \{R_3, R_4\} \supset \{R_3\}$, tendremos la siguiente relación entre los tres heurísticos: $\forall n \ h1(n) \leq h(n) \leq hMST(n)$. Es decir, h domina ampliamente a h1 y es dominado ampliamente por hMST.

II.- REPRESENTACION

Considera la siguiente base de conocimiento:

- R1: $c, d \rightarrow g$
- R2: $c \rightarrow f$
- R3: $h, a \rightarrow d$
- R4: $c, g, d \rightarrow a$

R5: $h, b \rightarrow c$

R6: $f, a, g \rightarrow b$

R7: $e, c \rightarrow g$

R8: $b, c, f \rightarrow h$

R9: $f, c \rightarrow b$

1. [1 punto] Aplica el encadenamiento hacia delante con $BH=\{d, c\}$ para obtener la meta **h** considerando el principio de refracción. Selecciona la regla con más antecedentes y en caso de empate la de identificador menor como técnica de resolución de conflictos.

RESP: Próximamente

2. [1 punto] Aplica el encadenamiento hacia atrás con $BH=\{d, c\}$ para demostrar **h**. Como técnica de resolución de conflictos selecciona la regla con identificador mayor. Evalúa los hechos del antecedente de cada regla en el orden que están dados en la misma.

RESP: Próximamente