

Metaheurísticas

Seminario 4. Técnicas basadas en trayectorias para el Problema de la Máxima Diversidad (MDP) y el Problema del Agrupamiento con Restricciones (PAR)

1. Trayectorias Simples

- Esquema General del Algoritmo de Enfriamiento Simulado
- Un Algoritmo de Enfriamiento Simulado para el MDP y el PAR

2. Trayectorias Múltiples

- Esquema General del Algoritmo ILS
- Un Algoritmo ILS para el MDP y el PAR

Algoritmo de Enfriamiento Simulado

Procedimiento Simulated Annealing (Δf para minimizar)

Start

$T \leftarrow T_0$; $s \leftarrow \text{GENERATE}()$; Best Solution $\leftarrow s$;

Repeat

For $cont = 1$ to $L(T)$ **do** /* Inner loop

Start

$s' \leftarrow \text{NEIGHBORHOOD_OP}(s)$; /* A single move

$\Delta f = f(s') - f(s)$;

If $((\Delta f < 0)$ or $(U(0,1) \leq \exp(-\Delta f/k \cdot T))$) then

$s \leftarrow s'$;

If **COST**(s) **is better than** **COST**(Best Solution)

then Best Solution $\leftarrow s$;

End

$T \leftarrow g(T)$; /* Cooling scheme. The classical one is geometric: $T \leftarrow \alpha \cdot T$

until $(T \leq T_f)$; /* Outer loop

Return(Best Solution);

End

Enfriamiento Simulado para el MDP

- **Representación:** Problema de selección: un conjunto $Sel = \{s_1, \dots, s_m\}$ que almacena los m elementos seleccionados de entre los n elementos del conjunto S . Permite verificar las restricciones
- **Operador de vecino de intercambio y su entorno:** El entorno de una solución Sel está formado por las soluciones accesibles desde ella a través de un movimiento de intercambio

Dada una solución (conjunto de elementos seleccionados) se escoge un elemento y se intercambia por otro que no estuviera seleccionado ($Int(Sel, i, j)$):

$$Sel = \{s_1, \dots, i, \dots, s_m\} \quad \Rightarrow \quad Sel' = \{s_1, \dots, j, \dots, s_m\}$$

$Int(Sel, i, j)$ verifica las restricciones

Enfriamiento Simulado para el MDP

- **Exploración del vecindario**: En cada iteración del bucle interno se genera una única solución vecina, **de forma aleatoria**, y se compara con la actual. **Se usa la factorización para el cálculo del coste**
- **Esquema de enfriamiento**: esquema de Cauchy modificado
- **Condición de enfriamiento $L(T)$** : cuando se genere un número máximo de soluciones vecinas, *máx_vecinos*, o cuando se acepte un número máximo de los vecinos generados, *máx_éxitos*
- **Condición de parada**: cuando se alcance un número máximo de iteraciones o cuando el número de éxitos en el enfriamiento actual sea 0

Enfriamiento Simulado para el PAR

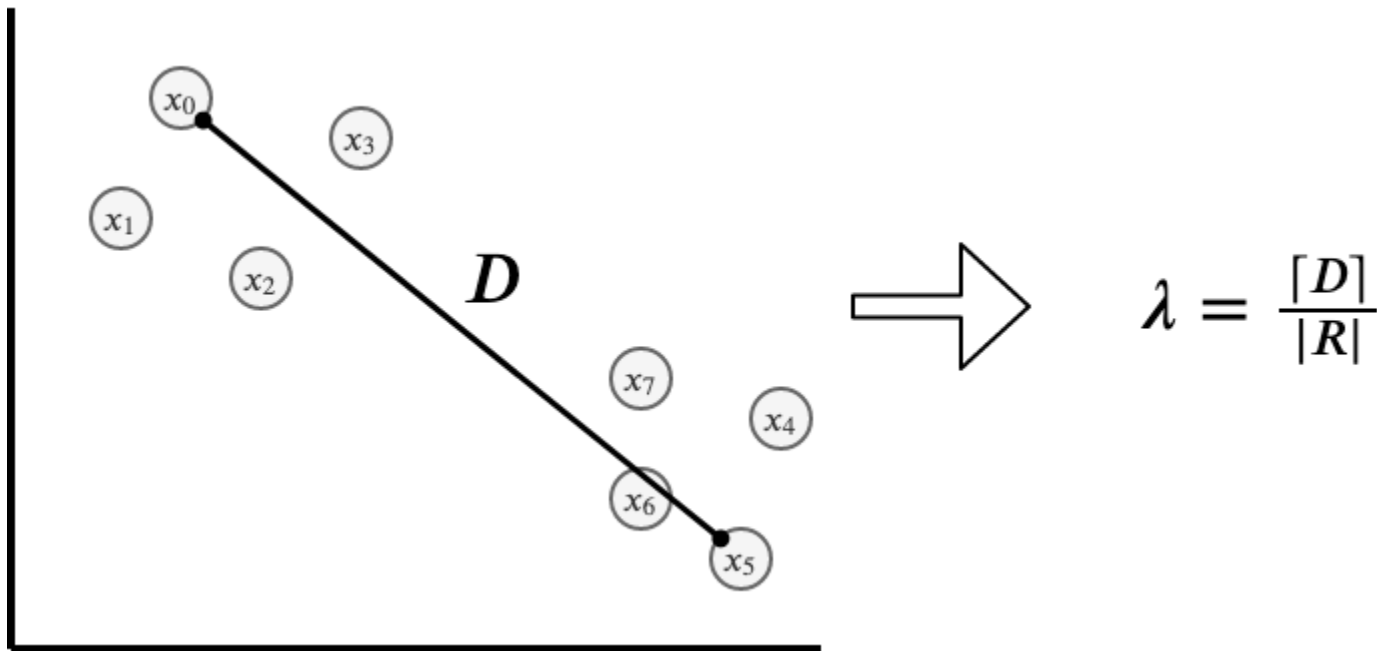
De nuevo haremos una **interpretación débil** de las **restricciones**. Emplearemos la **misma función objetivo y el mismo esquema de representación** que empleábamos en la Búsqueda Local

$$f = \overline{C} + (infeasibility * \lambda)$$

The diagram illustrates the components of the objective function f . The term \overline{C} is linked to the box labeled "Desviación General". The term $(infeasibility * \lambda)$ is linked to the box labeled "Número De Restricciones Incumplidas".

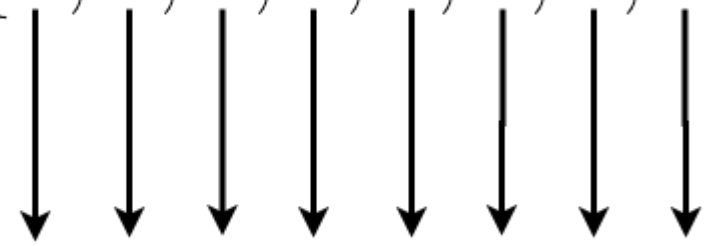
Enfriamiento Simulado para el PAR

De nuevo haremos una **interpretación débil** de las **restricciones**. Emplearemos la **misma función objetivo y el mismo esquema de representación** que empleábamos en la Búsqueda Local



Enfriamiento Simulado para el PAR

De nuevo haremos una **interpretación débil** de las **restricciones**. Emplearemos la **misma función objetivo y el mismo esquema de representación** que empleábamos en la Búsqueda Local

$$C = \{ \overset{x_0}{1}, \overset{x_1}{1}, \overset{x_2}{1}, \overset{x_3}{1}, \overset{x_4}{2}, \overset{x_5}{2}, \overset{x_6}{2}, \overset{x_7}{2} \}$$

$$S = [\overset{s_0}{1}, \overset{s_1}{1}, \overset{s_2}{1}, \overset{s_3}{1}, \overset{s_4}{2}, \overset{s_5}{2}, \overset{s_6}{2}, \overset{s_7}{2}]$$

Enfriamiento Simulado para el PAR

- **Exploración del vecindario**: En cada iteración del bucle interno se genera una única solución vecina, **de forma aleatoria**, y se compara con la actual. **Empleamos el mismo operador de vecino ($Cambio_Cluster(S, i, l)$) de la BL** (*es necesario verificar que se cumplen la restricciones del problema del clustering*)
- **Esquema de enfriamiento**: esquema de Cauchy modificado
- **Condición de enfriamiento $L(T)$** : cuando se genere un número máximo de soluciones vecinas, *máx_vecinos*, o cuando se acepte un n^o máximo de los vecinos generados, *máx_éxitos*
- **Condición de parada**: cuando se alcance un número máximo de iteraciones o cuando el número de éxitos en el enfriamiento actual sea 0

Procedimiento ILS

Comienzo-ILS

$S_0 \leftarrow$ Generar-Solución-Inicial

$S \leftarrow$ Búsqueda Local (S_0)

Repetir

$S' \leftarrow$ Modificar (S , historia) %Mutación

$S'' \leftarrow$ Búsqueda Local (S')

$S \leftarrow$ Criterio-Aceptación (S , S'' , historia)

Actualizar (S , *Mejor_Solución*)

Hasta (Condiciones de terminación)

Devolver *Mejor_Solución*

Fin-ILS

ILS para el MDP

- **Representación de orden**: conjunto $Sel = \{s_1, \dots, s_m\}$ que almacena los m elementos seleccionados de entre los n elementos del conjunto S
- **Solución inicial**: aleatoria
- **Operador de mutación**: Cada vez que se muta, aplicamos el operador de intercambio $Int(Sel, i, j)$ sobre $t = 0.1 \cdot m$ elementos seleccionados distintos para provocar un cambio brusco
- **Algoritmo de búsqueda local**: dos variantes: la BL-MDP de la Práctica 1 y el ES de esta misma práctica
- **Criterio de aceptación**: se sigue el “criterio del mejor”, siempre se aplica la mutación sobre la mejor solución encontrada hasta ahora

Elementos de ILS para el PAR

- **Representación de asignación:** Vector de n posiciones asociadas a las n instancias del conjunto de datos X . Cada posición almacena el cluster al que se asigna la instancia de dicha posición
- **Solución inicial:** aleatoria
- **Algoritmo de búsqueda local:** dos variantes: la Búsqueda Local Fuerte de la Práctica 1 y el ES de esta misma práctica
- **Criterio de aceptación:** se sigue el “criterio del mejor”, siempre se aplica la mutación sobre la mejor solución encontrada hasta ahora

Elementos de ILS para el PAR: mutación

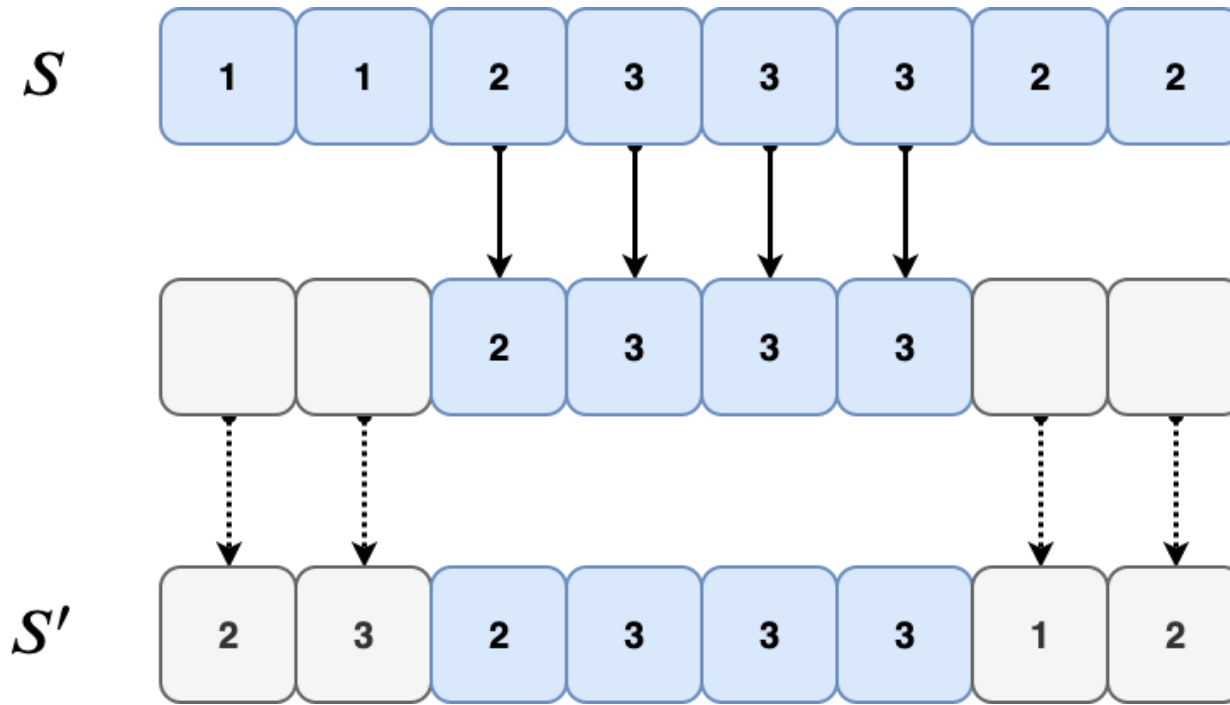
El operador de modificación (mutación) es el mecanismo que incorpora el procedimiento ILS para introducir diversidad en la exploración del espacio de soluciones

Debemos hacer que aplique un **cambio** a la solución lo **suficientemente significativo como para abandonar el óptimo local** en el que esta la solución a la que se aplica, pero **conservando algunas de sus características**

Para ello empleamos el operador de **mutación por segmento**, basado en seleccionar un **segmento de longitud fija de la solución a mutar y aplicarle un cambio fuerte**. El cambio consiste en **reasignar de forma aleatoria las etiquetas de las instancias asociadas a las posiciones contenidas en el segmento**

Elementos de ILS para el PAR: mutación

En cada mutación se genera un número aleatorio r en el rango $\{0, \dots, n - 1\}$ que marca el inicio del segmento. Copiamos en la nueva solución las posiciones **no contenidas** en el segmento $[r, ((r + v) \bmod n) - 1]$. Tras ello asignamos etiquetas aleatorias a las posiciones de la nueva solución que queden sin asignar. Por ejemplo: para $n = 8$, $k = 3$, $v = 4$, $r = 6$. Calculamos el final del segmento como $((r + v) \bmod n) - 1 = ((6 + 4) \bmod 8) - 1 = 1$.



iCuidado! Siempre debemos comprobar que la solución que se genera cumpla con las restricciones del problema del clustering (ningún cluster puede quedar vacío)