

Metaheurísticas

Seminario 4. Técnicas basadas en trayectorias para el Problema de Asignación Cuadrática (QAP) y el Problema del Asignación con Restricciones (APC)

1. Trayectorias Múltiples

- Esquema General del Algoritmo BMB y ILS
- Un Algoritmo ILS para el QAP y el APC
- Esquema General del Algoritmo VNS
- Un Algoritmo VNS para el QAP y el APC

2. Trayectorias Simples

- Esquema General del Algoritmo de Enfriamiento Simulado
- Un Algoritmo de Enfriamiento Simulado para el QAP y el APC₁

Procedimiento BMB

Comienzo-BMB

Repetir

$S \leftarrow$ Generar-Solución-Aleatoria

$S' \leftarrow$ Búsqueda Local (S)

Actualizar (*Mejor_Solución*, S')

Hasta (Condiciones de terminación)

Devolver *Mejor_Solución*

Fin-BMB

Procedimiento ILS

Comienzo-ILS

$S_0 \leftarrow$ Generar-Solución-Inicial

$S \leftarrow$ Búsqueda Local (S_0)

Mejor_Solución $\leftarrow S$

Repetir mientras !(Condiciones de terminación)

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

$S'' \leftarrow$ Búsqueda Local (S')

Actualizar (*Mejor_Solución*, S'')

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

Devolver *Mejor_Solución*

Fin-ILS

Procedimiento ILS

Comienzo-ILS

$S_0 \leftarrow \text{Generar-Solución-Inicial}$

$S \leftarrow \text{Búsqueda Local } (S_0)$

Mejor_Solución $\leftarrow S$

Repetir mientras !(Condiciones de terminación)

$S' \leftarrow \text{Modificar (Mejor_Solución)}$ // Mutación

$S'' \leftarrow \text{Búsqueda Local } (S')$

Actualizar (*Mejor_Solución*, S'')

Devolver *Mejor_Solución*

Fin-ILS

ILS para el QAP

- **Representación:** conjunto $Se = \{s_1, \dots, s_m\}$ 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, escogemos una posición aleatoria, y, a partir de dicha posición se bajaran los siguientes $t=n/3$ elementos, para provocar un cambio brusco, si llega al final empieza desde el principio (modo cíclico)
- **Algoritmo de búsqueda local:** dos variantes: la BL modificada de la Práctica 1 (sin máscara) 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

ILS para el APC

- **Representación:** vector de pesos entre 0 y 1.
- **Solución inicial:** aleatoria
- **Operador de mutación:** Cada vez que se muta, reinicamos el 10% de los atributos
- **Algoritmo de búsqueda local:** dos variantes: la BL modificada de la Práctica 1 (sin máscara) 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

Procedimiento VNS

Comienzo-ILS

$S_0 \leftarrow \text{Generar-Solución-Inicial}$

$K \leftarrow 1$

$S \leftarrow \text{Búsqueda Local}(S_0, k)$

Mejor_Solución $\leftarrow S$

Repetir mientras !(Condiciones de terminación)

$S' \leftarrow \text{Modificar}(S, \text{historia})$ // Mutación

$S'' \leftarrow \text{Búsqueda Local}(S', k)$

if (S'' mejora mejor) $K \leftarrow 1$ Else $K \leftarrow k+1$

If ($k > k_{\max}$) $K \leftarrow 1$

Actualizar (*Mejor_Solución*, S'')

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

Devolver *Mejor_Solución*

Fin-ILS

Procedimiento VNS

Comienzo-ILS

$S_0 \leftarrow \text{Generar-Solución-Inicial}$

$K \leftarrow 1$

$S \leftarrow \text{Búsqueda Local } (S_0, k)$

Mejor_Solución $\leftarrow S$

Repetir mientras !(Condiciones de terminación)

$S' \leftarrow \text{Modificar (Mejor_Solución)}$ // Mutación

$S'' \leftarrow \text{Búsqueda Local } (S', k)$

if (S'' mejora mejor) $K \leftarrow 1$ Else $K \leftarrow k+1$

If ($k > k_{\max}$) $K \leftarrow 1$

Actualizar (*Mejor_Solución*, S'')

Devolver *Mejor_Solución*

Fin-ILS

VNS para el QAP

- **Representación:** conjunto $Se = \{s_1, \dots, s_m\}$ 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, escogemos una posición aleatoria, y, a partir de dicha posición se bajaran los siguientes $t=n/3$ elementos, para provocar un cambio brusco, si llega al final empieza desde el principio (modo cíclico)
- **Aplicación de Búsqueda Local en función de k :** se intercambia k pares de posiciones aleatorias (si $k=1$ es el método de BL clásico).
- **Criterio de aceptación:** se sigue el “criterio del mejor”, siempre se aplica la mutación sobre la mejor solución encontrada hasta ahora

VNS para el APC

- **Representación:** vector de pesos entre 0 y 1.
- **Solución inicial:** aleatoria
- **Operador de mutación:** Cada vez que se muta, reinicamos el 10% de los atributos
- **Aplicación de Búsqueda Local en función de k:** se modifican k atributos según una mutación normal $Mov(w, \pi)$.
- **Criterio de aceptación:** se sigue el “criterio del mejor”, siempre se aplica la mutación sobre la mejor solución encontrada hasta ahora

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 $((\Delta f < 0) \text{ or } (U(0,1) \leq \exp(-\Delta f / k \cdot T)))$ 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 $(T \leftarrow T_f)$; /* Outer loop

Return(Best Solution);

End

Enfriamiento Simulado para el QAP

- **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 ($Int(Sel, i, j)$):

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

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

Enfriamiento Simulado para el QAP

- **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**
Se pueden generar vecinos repetidos en una iteración
- **Esquema de enfriamiento:** esquema de Cauchy modificado
- **Condición de enfriamiento $L(T)$:** cuando se genere un número máximo de soluciones vecinas, *máx_vecinos*, o se acepte un número máximo de los vecinos generados, *máx_éxitos*
- **Condición de parada:** cuando se alcance un número máximo de iteraciones o el número de éxitos en el enfriamiento actual sea 0

Enfriamiento Simulado para el APC

- **Representación:** un permutación $\pi = [\pi(1), \dots, \pi(n)]$ en el que las posiciones del vector $i=1, \dots, n$ representan las unidades y los valores $\pi(1), \dots, \pi(n)$ contenidos en ellas las localizaciones
- **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 operador $Mov(W, \pi)$ de Mutación Normal (usado en la BL del Seminario 2)

Enfriamiento Simulado para el APC

- **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 el mismo operador de mutación que la BL.**
Se pueden generar vecinos repetidos en una iteración
- **Esquema de enfriamiento:** esquema de Cauchy modificado
- **Condición de enfriamiento $L(T)$:** cuando se genere un número máximo de soluciones vecinas, *máx_vecinos*, o se acepte un número máximo de los vecinos generados, *máx_éxitos*
- **Condición de parada:** cuando se alcance un número máximo de iteraciones o el número de éxitos en el enfriamiento actual sea 0