

ALGORÍTMICA

2012 – 2013

- **Parte I. Introducción a las Metaheurísticas**
 - Tema 1. Metaheurísticas: Introducción y Clasificación
- **Parte II. Métodos Basados en Trayectorias y Entornos**
 - Tema 2. Algoritmos de Búsqueda Local Básicos
 - Tema 3. Algoritmos de Enfriamiento Simulado
 - Tema 4. Algoritmos de Búsqueda Tabú
 - Tema 5. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples I: Métodos Multiarranque Básicos y GRASP
 - Tema 6. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples II: ILS y VNS
- **Parte III. Métodos Basados en Poblaciones**
 - Tema 7. Algoritmos Genéticos
- **Parte IV. Intensificación y Diversificación**
 - Tema 8. Estudio del Equilibrio entre Intensificación y Diversificación
- **Parte V. Metaheurísticas Híbridas: Poblaciones y Trayectorias**
 - Tema 9. Algoritmos Meméticos
 - Tema 10. Modelos Híbridos II: *Scatter Search*
- **Parte VI. Paralelización de Metaheurísticas**
 - Tema 11. Metaheurísticas en Sistemas Descentralizados
- **Parte VII. Conclusiones**
 - Tema 12. Algunas Consideraciones sobre la Adaptación de Metaheurísticas a la Resolución de Problemas

ALGORÍTMICA

TEMA 6. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples II: ILS y VNS

1. Introducción

2. Algoritmos de Búsqueda Local

Reiterativos Basados en Óptimos: ILS

3. Búsqueda de Entorno Variable: VNS

4. Aplicaciones

ALGORÍTMICA

TEMA 6. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples II: ILS y VNS

BIBLIOGRAFÍA

- F. Glover, G.A. Kochenberber. Handbook of Metaheuristics. Kluwer Acad., 2003. Cap. 6. Variable Neighborhood Search, P.Hansen, N. Mladenovic, 145-184. Cap. 11, Iterated Local Search, H.R. Lourenço, O.C. Martin, T. Stützle, 321-353.
- T. Stützle, 1998. Local Search Algorithms for Combinatorial Problems- Analysis, Improvements and New Applications. PhD Thesis, Darmstadt, University of Technology, Department of Computer Science.
- P. Hansen, N. Mladenovic, J.A. Moreno. Búsqueda de Entorno Variable. Inteligencia Artificial 19 (2003) 77-92.
- N. Mladenovic, P. Hansen. Variable Neighborhood Search. Computers and Operations Research 24(11) (1997) 1097-1100.

1. INTRODUCCIÓN

Problemas de la Búsqueda Local (Tema 2)

Suele caer en óptimos locales, que a veces están bastante alejados del óptimo global del problema

SOLUCIONES: 3 opciones para salir de los óptimos locales

- Permitir movimientos de empeoramiento de la solución actual (Ejemplo: Enfriamiento Simulado, Búsqueda Tabú, ...)
- Modificar la estructura de entornos (Ejemplo: VND, Búsqueda Tabú, Búsqueda en Entornos Variables: VNS, ...)
- Volver a comenzar la búsqueda desde otra solución inicial (Ejemplo: Búsquedas Multiarranque, GRASP, ILS, VNS ...)

1. INTRODUCCIÓN

■ Modelos Multiarranque (Tema 5):

■ Métodos constructivos de la solución inicial

- Construcción *greedy*: Algoritmos GRASP
- Algoritmos Basados en Colonias de Hormigas: ACO

■ Métodos iterativos mediante modificación de la solución encontrada

- ILS: Búsqueda Local Iterativa
- VNS: Búsqueda de Entorno Variable

■ Hibridaciones entre técnicas poblacionales de exploración/ combinación de soluciones y métodos de búsqueda local

- Algoritmos Meméticos / Algoritmos Genéticos con BL
- *Scatter Search* (Búsqueda Dispersa)

2. ALGORITMOS DE BÚSQUEDA LOCAL REITERATIVOS BASADOS EN ÓPTIMOS: ILS

2.1. Algoritmo ILS

2.2. Modelo ILS Basado en Poblaciones

2.1. Algoritmo ILS

- La ILS está basada en la aplicación repetida de un algoritmo de Búsqueda Local a una solución inicial que se obtiene por mutación de un óptimo local previamente encontrado
- Propuesta inicialmente en la Tesis Doctoral de Thomas Stützle:

T. Stützle, 1998. Local Search Algorithms for Combinatorial Problems- Analysis, Improvements and New Applications. PhD Thesis, Darmstadt, University of Technology, Department of Computer Science.

2. ALGORITMOS DE BÚSQUEDA LOCAL REITERATIVOS BASADOS EN ÓPTIMOS: ILS

2.1. Algoritmo ILS

- La aplicación de la ILS necesita de la definición de cuatro componentes:
 1. Una *solución inicial* (usualmente, aleatoria)
 2. Un *procedimiento de modificación* (**mutación**) que aplica un cambio brusco sobre la solución actual para obtener una solución intermedia
 3. Un procedimiento de *Búsqueda Local*
 4. Un *criterio de aceptación* que decide a qué solución se aplica el procedimiento de modificación
- En la mayoría de las aplicaciones, la mutación se aplica a la mejor solución encontrada

H.R. Lourenço, O.C. Martin, T. Stützle, Iterated Local Search. En: F.Glover, G. Kochenberger (Eds.), Handbook of Metaheuristics. Kluwer Academic Publishers, 2003, pp. 321-353.

H.H. Hoos, T. Stützle. Stochastic Local Search. Morgan Kaufmann, 2004.

2. ALGORITMOS DE BÚSQUEDA LOCAL REITERATIVOS BASADOS EN ÓPTIMOS: ILS

2.1. Algoritmo ILS

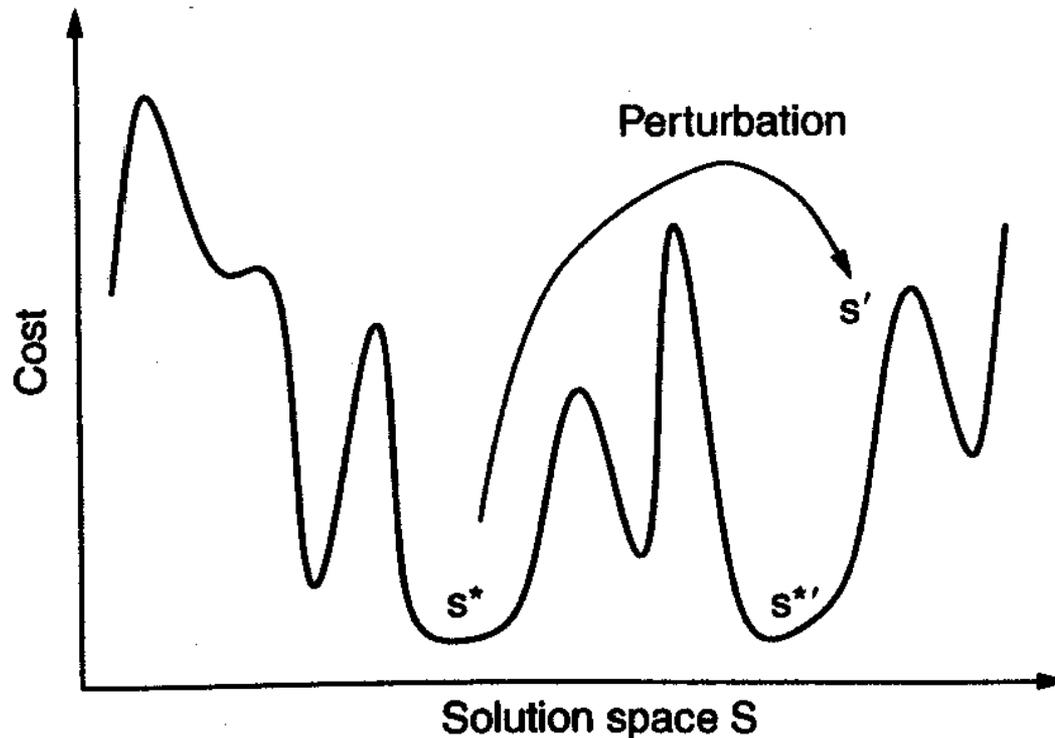


Figura: Representación del funcionamiento de la ILS

Caída en el óptimo local s^* . La perturbación/mutación conduce a s' . Después de aplicar la Búsqueda Local, se encuentra un nuevo óptimo s^{**} que es mejor que s^*

2. ALGORITMOS DE BÚSQUEDA LOCAL REITERATIVOS BASADOS EN ÓPTIMOS: ILS

2.1. Algoritmo ILS

Procedimiento Búsqueda Local Reiterada (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

Modelo General del Algoritmo ILS

2. ALGORITMOS DE BÚSQUEDA LOCAL REITERATIVOS BASADOS EN ÓPTIMOS: ILS

2.1. Algoritmo ILS

La solución inicial:

se elige aleatoriamente o mediante una heurística constructiva, como *greedy*

La “historia” se utiliza para influenciar en:

- la modificación aplicada a la solución actual, o
- la solución a modificar, haciendo uso de listas de las mejores soluciones o cualquier otro tipo de información

2. ALGORITMOS DE BÚSQUEDA LOCAL REITERATIVOS BASADOS EN ÓPTIMOS: ILS

2.1. Algoritmo ILS

Criterios de Aceptación:

■ Criterio del Mejor

- Criterio-Aceptación $(S, S'', \text{historia}) = \text{Mejor}(S, S'')$
- Este criterio favorece la intensificación

■ Criterio RW (Random walk)

- Criterio-Aceptación $(S, S'', \text{historia}) = \text{RW}(S, S'') = S''$
- Este criterio favorece la diversificación sobre la intensificación

■ Criterios Intermedios

- $S = \text{Reinicializar}(S, S'', \text{historia})$ - Cualquier otro criterio de aceptación, método de Enfriamiento Simulado, etc.
- Si el algoritmo no mejora la solución durante it_0 iteraciones, se asume que se ha llegado a un óptimo local y se reinicializa parcialmente la solución (mutación fuerte)

2. ALGORITMOS DE BÚSQUEDA LOCAL REITERATIVOS BASADOS EN ÓPTIMOS: ILS

2.2. Modelo ILS Basado en Poblaciones

■ MODELO REEMPLAZAR EL PEOR

- Se genera una población de soluciones iniciales
- Se aplica una ILS en paralelo a partir de cada una de ellas, con la única peculiaridad de que las BL se ejecutan sólo durante it iteraciones
- Cada rb iteraciones, se reemplaza la peor solución encontrada por la mejor
- La motivación asociada a este esquema es ir concentrando gradualmente la búsqueda alrededor de la mejor solución de la población

■ MODELO ESTRATEGIA ($\mu+\lambda$)

- Se generan μ soluciones iniciales
- Se obtienen λ hijos a partir de ellas mediante la mutación
- Se aplica la BL a cada hijo y se seleccionan las μ mejores soluciones obtenidas para formar la siguiente población
- Para evitar la convergencia local se pueden seleccionar los μ mejores atendiendo a la distancia entre ellos

3. BÚSQUEDA DE ENTORNO VARIABLE: VNS

3.1. Introducción

3.2. Modelo VNS Básico

3.3. Otros Modelos de Entornos Variables

3.4. VNS versus ILS

3.1. Introducción

- La Búsqueda de Entorno Variable (VNS) es una metaheurística para resolver problemas de optimización cuya idea básica es el cambio sistemático de entorno dentro de una búsqueda local (aumentando el tamaño cuando la búsqueda no avanza)

N. Mladenovic, P. Hansen, Variable Neighborhood Search. Computers & Operations Research 24:11 (1997) 1097-1100.

3. BÚSQUEDA DE ENTORNO VARIABLE: VNS

3.1. Introducción

La VNS está basada en tres hechos simples:

1. Un mínimo local con una estructura de entornos no lo es necesariamente con otra
2. Un mínimo global es mínimo local con todas las posibles estructuras de entornos
3. Para muchos problemas, los mínimos locales con la misma o distinta estructura de entorno están relativamente cerca

Los hechos 1 a 3 sugieren el empleo de varias estructuras de entornos en las búsquedas locales para abordar un problema de optimización

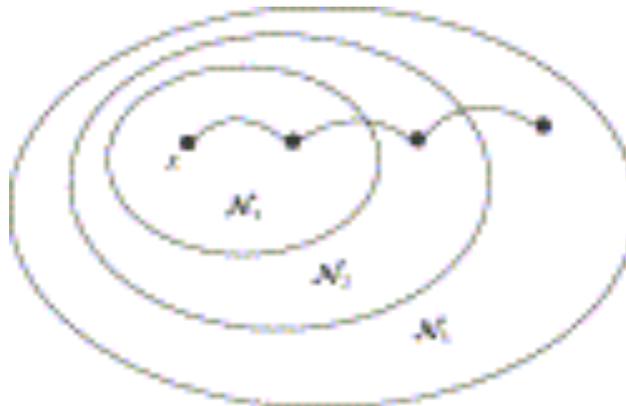


Figura: Secuencia Encajada de Entornos

3. BÚSQUEDA DE ENTORNO VARIABLE: VNS

3.1. Introducción

Existen dos variantes:

- ***Búsqueda Descendente Basada en Entornos Variables (VND):***
Algoritmo de BL del mejor cuyo operador de vecino cambia de entorno (ampliándolo) cuando el mejor vecino generado es peor que la solución actual (visto en el Tema 2)
- ***Búsqueda Basada en Entornos Variables (VNS):***
Algoritmo ILS en el que el operador de mutación cambia de entorno cuando la solución obtenida tras aplicar la BL es peor que la solución actual

3. BÚSQUEDA DE ENTORNO VARIABLE: VNS

3.2. Modelo VNS Básico

- Sea E_k ($k = 1, \dots, k_{\text{máx}}$) un conjunto finito de estructuras de vecindario (entorno) preseleccionadas, y sea $E_k(S)$ el conjunto de soluciones del entorno k -ésimo de S
- VNS aplica progresivamente una BL sobre una solución S' obtenida a partir de una mutación de la actual S , realizada de acuerdo al tipo de entorno utilizado en cada iteración $E_k(S)$
- Si la última BL efectuada resultó efectiva, es decir, si la solución obtenida tras ella, S'' , mejoró la solución actual, S , se pasa a trabajar con el entorno primero E_1 .
- En caso contrario, se pasa al siguiente entorno ($k \leftarrow k+1$) para provocar una perturbación mayor y alejar la nueva solución de inicio de la BL, S' , de la zona del espacio de búsqueda en la que está situada la actual S

3. BÚSQUEDA DE ENTORNO VARIABLE: VNS

3.2. Modelo VNS Básico

Procedimiento Búsqueda Basada en Entornos Variables (VNS)

Comienzo-VNS

$S \leftarrow$ Generar-Solución-Inicial

$k \leftarrow 1$

Repetir mientras ($k \leq k_{\max}$)

$S' \leftarrow$ Mutación-en- $E_k(S)$

$S'' \leftarrow$ Búsqueda Local (S')

Si S'' mejor que S entonces

$S \leftarrow S''; k \leftarrow 1$

si no $k \leftarrow k+1$

Fin-repetir

Devolver S

Fin-VNS

3. BÚSQUEDA DE ENTORNO VARIABLE: VNS

3.2. Modelo VNS Básico

Selección de Estructuras de Vecindario

Es posible seleccionar diferentes heurísticas para utilizar en cada iteración en la que se aplica la BL

Existen diferentes posibilidades:

- Cambiar los parámetros de los métodos existentes en cada iteración
- Utilizar movimientos de diferente tamaño k para generar vecindarios que aumentan de tamaño de acuerdo al aumento del parámetro k
- Combinar las estrategias previas

3. BÚSQUEDA DE ENTORNO VARIABLE: VNS

3.3. Otros Modelos de Entornos Variables

En la literatura se han propuesto diversas formas de extender la VNS para dotarla de algunas características adicionales:

- **VNS General (GVNS):** Utiliza una VND como búsqueda local
- **VNS con Descomposición (VNDS):** Extiende a VNS en dos niveles basados en la descomposición del problema trabajando sobre subconjuntos de variables
- **VNS Sesgada (SVNS):** Se afronta la exploración de zonas alejadas. Degenera, en algún sentido, en una heurística de arranque múltiple en la que se realizan iterativamente BLs desde soluciones generadas al azar
- **Hibridaciones de VSN con Búsqueda Tabú, GRASP, Multiarranque clásico, ...**

3. BÚSQUEDA DE ENTORNO VARIABLE: VNS

3.4. VNS versus ILS

- **La mayor diferencia entre ILS y VNS radica en la filosofía subyacente en las dos metaheurísticas**
 - **ILS tiene explícitamente el objetivo de construir un camino en el conjunto de soluciones optimales locales**
 - **VNS se deriva desde la idea de cambiar sistemáticamente de entorno a lo largo de la búsqueda**

4. APLICACIONES

4.1. ILS en codificación binaria

- Operador de mutación: Cada vez que se realiza una mutación, se varía el estado de $0.1 \cdot n$ elementos
- Algoritmo de búsqueda local: el utilizado en la Práctica 1
- Criterio de aceptación: se sigue el “criterio del mejor”, es decir, se aplica la mutación sobre la mejor solución encontrada hasta el momento

4. APLICACIONES

4.1. VNS en codificación binaria

- Algoritmo de búsqueda local: el utilizado en la Práctica 1
- Generación de entornos: Se trabajará con $k_{\max} = 5$ entornos distintos definidos de la siguiente forma:

k	d
1	$0,02 \cdot n$
2	$0,04 \cdot n$
3	$0,06 \cdot n$
4	$0,08 \cdot n$
5	$0,1 \cdot n$

siendo d el número de instancias que cambian su estado de pertenencia o ausencia al subconjunto S

ALGORÍTMICA

2012 - 2013

- **Parte I. Introducción a las Metaheurísticas**
 - Tema 1. Metaheurísticas: Introducción y Clasificación
- **Parte II. Métodos Basados en Trayectorias y Entornos**
 - Tema 2. Algoritmos de Búsqueda Local Básicos
 - Tema 3. Algoritmos de Enfriamiento Simulado
 - Tema 4. Algoritmos de Búsqueda Tabú
 - Tema 5. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples I: Métodos Multiarranque Básicos y GRASP
 - Tema 6. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples II: ILS y VNS
- **Parte III. Métodos Basados en Poblaciones**
 - Tema 7. Algoritmos Genéticos
- **Parte IV. Intensificación y Diversificación**
 - Tema 8. Estudio del Equilibrio entre Intensificación y Diversificación
- **Parte V. Metaheurísticas Híbridas: Poblaciones y Trayectorias**
 - Tema 9. Algoritmos Meméticos
 - Tema 10. Modelos Híbridos II: *Scatter Search*
- **Parte VI. Paralelización de Metaheurísticas**
 - Tema 11. Metaheurísticas en Sistemas Descentralizados
- **Parte VII. Conclusiones**
 - Tema 12. Algunas Consideraciones sobre la Adaptación de Metaheurísticas a la Resolución de Problemas