

Algoritmos genéticos

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

Universidad de Sevilla

Problema de optimización:

$$\begin{array}{ll}\text{minimizar/maximizar} & f(\mathbf{x}) \\ \text{sujeto a} & g_i(\mathbf{x}) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \\ & h_j(\mathbf{x}) = 0, \quad j = 1, \dots, n\end{array}$$

- $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_k)$: variables de decisión.
- f : función objetivo.
- g_i, h_j : restricciones.

Problema de optimización combinatoria: $x_1, \dots, x_k \in \mathbb{Z}$.

Solución globalmente óptima:

$$\left. \begin{array}{l} f(\mathbf{x}^*) \leq f(\mathbf{x}) \quad (\text{minimización}) \\ f(\mathbf{x}^*) \geq f(\mathbf{x}) \quad (\text{maximización}) \end{array} \right\} \text{para todo } \mathbf{x}$$

Solución localmente óptima:

$$\left. \begin{array}{l} f(\mathbf{x}') \leq f(\mathbf{x}) \quad (\text{minimización}) \\ f(\mathbf{x}') \geq f(\mathbf{x}) \quad (\text{maximización}) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{para todo } \mathbf{x} \\ \text{«cercano» a } \mathbf{x}' \end{array}$$

Problema de las 8-reinas: colocar 8 reinas en un tablero de ajedrez de tal manera que ningún par de reinas se amenacen entre sí.

Dos reinas se amenazan si se encuentran en la misma fila, columna o diagonal.

Variables de decisión: x_i es la columna donde se encuentra la reina de la fila i .

Problema de optimización:

minimizar

número de amenazas

Problema del coloreado del mapa de Andalucía:
colorear cada provincia andaluza con el color amarillo, verde, azul o rojo de tal manera que no haya ningún par de provincias adyacentes del mismo color.

Variables de decisión: x_i es el color de la provincia i .

Problema de optimización:

minimizar pares de provincias del mismo color

Problema del viajante por Andalucía: encontrar la ruta más corta que visite exactamente una vez cada capital de provincia andaluza, volviendo siempre a la ciudad de partida.

Variables de decisión: x_i es la i -ésima ciudad visitada.

Problema de optimización:

minimizar

longitud de la ruta

sujeto a

$$x_i \neq x_j, \quad 1 \leq i < j \leq 8$$

Resolución de problemas de optimización:

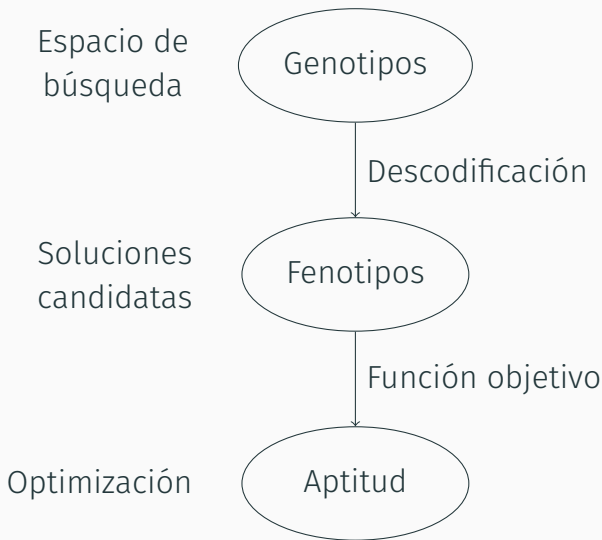
- $f: \mathbb{R}^k \rightarrow \mathbb{R}$ doblemente diferenciable y no hay restricciones:
 - Método analítico.
- Programación lineal (función objetivo y restricciones son lineales):
 - Método del símplex.
 - Método de los puntos interiores.
- Programación lineal entera:
 - Método de los planos de corte.
- Otro tipo de problemas:
 - Heurísticas específicas.

No hay métodos exactos generales que sean eficientes.

Algoritmos genéticos:

- Inspirados en la evolución de los seres vivos:
 - Individuos «codificados» por cromosomas.
 - Supervivencia de los mejor adaptados.
- Búsqueda en el espacio de soluciones **candidatas**.
- Mejora iterativa de soluciones previas.
- Solución **aproximadamente** óptima.

Representación de un problema:



Representación de un problema:

- **Población:**
 - Conjunto de individuos.
 - Tamaño: fijo en general.
- **Individuo:**
 - Secuencia (**genotipo**) de símbolos (**genes**).
 - Longitud: fija en general.
 - Representa una solución candidata (**fenotipo**).
- **Operadores de variación:** modifican individuos
 - **Cruzamiento:** dos **hijos** a partir de dos **padres**.
 - **Mutación:** individuo nuevo a partir de existente.
- **Función de aptitud** (*fitness function*):
 - Mide la «calidad» de un genotipo.
 - En general, función objetivo sobre fenotipo representado.

Ingredientes de un algoritmo genético:

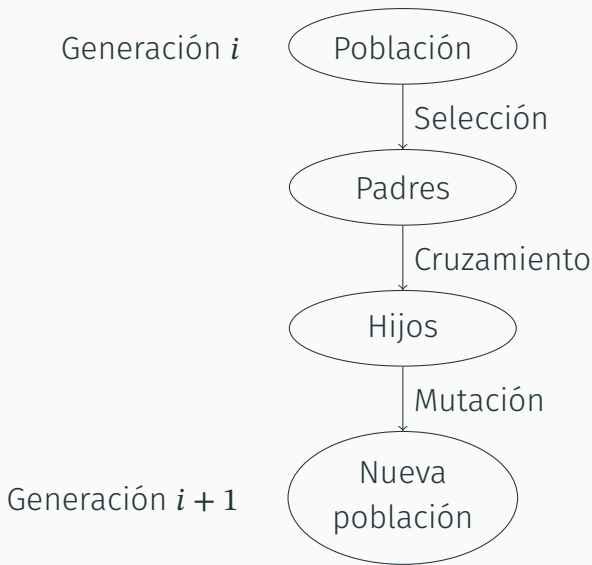
- Inicialización de una población.
- Selección de un subconjunto de individuos.
- Cruzamiento de un subconjunto de individuos.
- Mutación de un subconjunto de individuos.
- Reemplazo de una población por otra.

Distintos algoritmos genéticos según:

- Cómo se lleva a cabo cada ingrediente.
- Cómo se combinan los ingredientes entre sí.

Generación: cada nueva población construida por el algoritmo.

Algoritmo genético simple:



Algoritmo genético simple:

- 1 **Inicializar** y **evaluar** una *población* de tamaño *tam_pob*
- 2 **Repetir**
 - 3 **Seleccionar** con reemplazamiento *tam_pob* individuos de *población*
 - 4 **Emparejar** los individuos seleccionados
 - 5 Con probabilidad *prob_c*, **cruzar** cada pareja
 - 6 Con probabilidad *prob_m*, **mutar** cada hijo
 - 7 **Reemplazar** *población* con los *tam_pob* individuos obtenidos
 - 8 **Evaluar** la nueva población
- 9 **Hasta que** se alcance la generación *máx_gen*

Representaciones estándar: genotipo binario

- Los genes son el 0 y el 1.
- Genotipo natural para variables de decisión binarias.
- También usado para codificar números en binario.

Representaciones estándar: genotipo binario

- Los genes son el 0 y el 1.
- Genotipo natural para variables de decisión binarias.
- También usado para codificar números en binario.

Ejemplo: problema de las 8 reinas

1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Representaciones estándar: genotipo binario

- Los genes son el 0 y el 1.
- Genotipo natural para variables de decisión binarias.
- También usado para codificar números en binario.

Ejemplo: problema de las 8 reinas

1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- x_1 : 5 (4 en binario + 1).
- x_2 : 7 (6 en binario + 1).
- x_3 : 2 (1 en binario + 1).
- x_4 : 8 (7 en binario + 1).
- x_5 : 7 (6 en binario + 1).
- x_6 : 1 (0 en binario + 1).
- x_7 : 3 (2 en binario + 1).
- x_8 : 2 (1 en binario + 1).

Representaciones estándar: genotipo entero

- Los genes son números enteros.
- Genotipo natural para variables de decisión enteras.
- Útil para variables de decisión categóricas.

Representaciones estándar: genotipo entero

- Los genes son números enteros.
- Genotipo natural para variables de decisión enteras.
- Útil para variables de decisión categóricas.

Ejemplo: problema del coloreado de mapas

2	3	4	3	4	4	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Representaciones estándar: genotipo entero

- Los genes son números enteros.
- Genotipo natural para variables de decisión enteras.
- Útil para variables de decisión categóricas.

Ejemplo: problema del coloreado de mapas

2	3	4	3	4	4	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

1: amarillo 2: verde 3: azul 4: rojo

- $x_{\text{Almería}}$: verde
- $x_{\text{Cádiz}}$: azul
- $x_{\text{Córdoba}}$: rojo
- x_{Granada} : azul
- x_{Huelva} : rojo
- $x_{\text{Jaén}}$: rojo
- $x_{\text{Málaga}}$: amarillo
- x_{Sevilla} : amarillo

Representaciones estándar: permutaciones

- Genotipo natural si todas las variables de decisión deben ser distintas entre sí.

Representaciones estándar: permutaciones

- Genotipo natural si todas las variables de decisión deben ser distintas entre sí.

Ejemplo: problema del viajante por Andalucía

Ca	Hu	Co	Ja	Al	Se	Gr	Ma
----	----	----	----	----	----	----	----

Representaciones estándar: permutaciones

- Genotipo natural si todas las variables de decisión deben ser distintas entre sí.

Ejemplo: problema del viajante por Andalucía

Ca	Hu	Co	Ja	Al	Se	Gr	Ma
----	----	----	----	----	----	----	----

- x_1 : Cádiz
- x_2 : Huelva
- x_3 : Córdoba
- x_4 : Jaén
- x_5 : Almería
- x_6 : Sevilla
- x_7 : Granada
- x_8 : Málaga

Operadores de cruzamiento: recombinación en un punto

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Se elige aleatoriamente un punto intermedio.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos a partir de ese punto.

Operadores de cruzamiento: recombinación en un punto

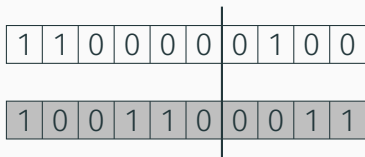
- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Se elige aleatoriamente un punto intermedio.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos a partir de ese punto.

1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

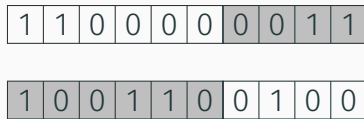
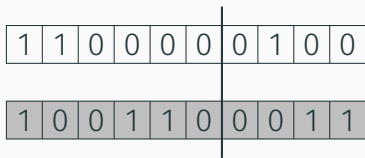
Operadores de cruzamiento: recombinación en un punto

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Se elige aleatoriamente un punto intermedio.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos a partir de ese punto.



Operadores de cruzamiento: recombinación en un punto

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Se elige aleatoriamente un punto intermedio.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos a partir de ese punto.



Operadores de cruzamiento: recombinación en dos puntos

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.

Operadores de cruzamiento: recombinación en dos puntos

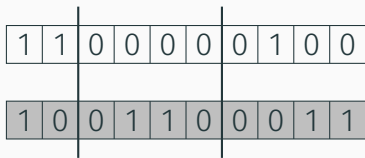
- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.

1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

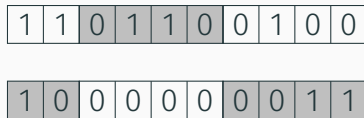
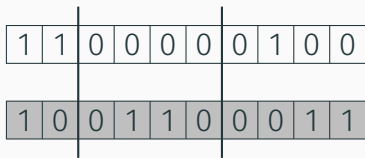
Operadores de cruzamiento: recombinación en dos puntos

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.



Operadores de cruzamiento: recombinación en dos puntos

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.



Operadores de cruzamiento: recombinación uniforme

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Cada par de genes se intercambia aleatoriamente.
- La probabilidad de intercambio es la misma para cada par.

Operadores de cruzamiento: recombinación uniforme

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Cada par de genes se intercambia aleatoriamente.
- La probabilidad de intercambio es la misma para cada par.

1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Operadores de cruzamiento: recombinación uniforme

- Se parte de dos genotipos de longitud l .
- Cada par de genes se intercambia aleatoriamente.
- La probabilidad de intercambio es la misma para cada par.

1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	0	0	1	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Operadores de cruzamiento: emparejado parcial

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Para eliminar duplicados, se realiza el intercambio inverso fuera de esos puntos.

Operadores de cruzamiento: emparejado parcial

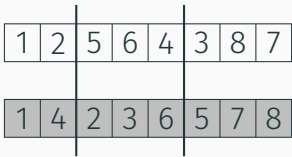
- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Para eliminar duplicados, se realiza el intercambio inverso fuera de esos puntos.

1	2	5	6	4	3	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---

1	4	2	3	6	5	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

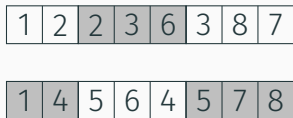
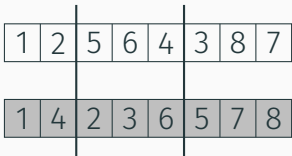
Operadores de cruzamiento: emparejado parcial

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Para eliminar duplicados, se realiza el intercambio inverso fuera de esos puntos.



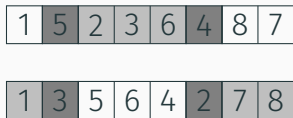
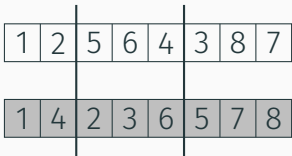
Operadores de cruzamiento: emparejado parcial

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Para eliminar duplicados, se realiza el intercambio inverso fuera de esos puntos.



Operadores de cruzamiento: emparejado parcial

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Para eliminar duplicados, se realiza el intercambio inverso fuera de esos puntos.



Operadores de cruzamiento: basado en orden

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Se recolocan los genes a partir del segundo punto, en el mismo orden.

Operadores de cruzamiento: basado en orden

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Se recolocan los genes a partir del segundo punto, en el mismo orden.

1	2	5	6	4	3	8	7
---	---	---	---	---	---	---	---

1	4	2	3	6	5	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

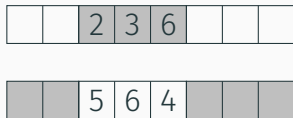
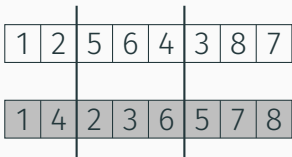
Operadores de cruzamiento: basado en orden

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Se recolocan los genes a partir del segundo punto, en el mismo orden.

1	2	5	6	4	3	8	7
1	4	2	3	6	5	7	8

Operadores de cruzamiento: basado en orden

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Se recolocan los genes a partir del segundo punto, en el mismo orden.



Operadores de cruzamiento: basado en orden

- Se parte de dos *permutaciones* de longitud l .
- Se eligen aleatoriamente dos puntos intermedios.
- Se intercambian los genes de ambos genotipos entre esos puntos.
- Se recolocan los genes a partir del segundo punto, en el mismo orden.

1	2	5	6	4	3	8	7
1	4	2	3	6	5	7	8

5	4	2	3	6	8	7	1
2	3	5	6	4	7	8	1

Operadores de mutación: volteo de genes

- Utilizable con los genotipos binarios.
- Cambiar aleatoriamente cada gen por su complementario.
- La probabilidad de mutación es la misma para cada gen.

Operadores de mutación: volteo de genes

- Utilizable con los genotipos binarios.
- Cambiar aleatoriamente cada gen por su complementario.
- La probabilidad de mutación es la misma para cada gen.

1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Operadores de mutación: volteo de genes

- Utilizable con los genotipos binarios.
- Cambiar aleatoriamente cada gen por su complementario.
- La probabilidad de mutación es la misma para cada gen.

1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Operadores de mutación: mutación uniforme

- Utilizable con genotipos binarios y enteros.
- Cambiar aleatoriamente cada gen por un valor aleatorio en el intervalo especificado.
- La probabilidad de mutación es la misma para cada gen.
- La probabilidad de elección de valores es uniforme.

Operadores de mutación: mutación uniforme

- Utilizable con genotipos binarios y enteros.
- Cambiar aleatoriamente cada gen por un valor aleatorio en el intervalo especificado.
- La probabilidad de mutación es la misma para cada gen.
- La probabilidad de elección de valores es uniforme.

2	3	4	3	4	4	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Operadores de mutación: mutación uniforme

- Utilizable con genotipos binarios y enteros.
- Cambiar aleatoriamente cada gen por un valor aleatorio en el intervalo especificado.
- La probabilidad de mutación es la misma para cada gen.
- La probabilidad de elección de valores es uniforme.

2	3	4	3	4	4	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

4	3	4	3	4	2	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---

Operadores de mutación: intercambio aleatorio

- Mantiene las permutaciones.
- Intercambiar aleatoriamente cada gen por otro gen aleatorio.
- La probabilidad de intercambio es la misma para cada gen.
- El gen a intercambiar se elige con probabilidad uniforme.

Operadores de mutación: intercambio aleatorio

- Mantiene las permutaciones.
- Intercambiar aleatoriamente cada gen por otro gen aleatorio.
- La probabilidad de intercambio es la misma para cada gen.
- El gen a intercambiar se elige con probabilidad uniforme.

1	4	2	3	6	5	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Operadores de mutación: intercambio aleatorio

- Mantiene las permutaciones.
- Intercambiar aleatoriamente cada gen por otro gen aleatorio.
- La probabilidad de intercambio es la misma para cada gen.
- El gen a intercambiar se elige con probabilidad uniforme.

1	4	2	3	6	5	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

5	4	2	3	6	1	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Operadores de mutación: intercambio aleatorio

- Mantiene las permutaciones.
- Intercambiar aleatoriamente cada gen por otro gen aleatorio.
- La probabilidad de intercambio es la misma para cada gen.
- El gen a intercambiar se elige con probabilidad uniforme.

1	4	2	3	6	5	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

5	4	8	3	6	1	7	2
---	---	---	---	---	---	---	---

Estrategias de selección:

Selección elitista:

- Se seleccionan los mejores individuos.
- Con el algoritmo genético simple parte de la selección debería ser aleatoria.

Estrategias de selección:

Selección por ruleta aleatoria:

- Se seleccionan aleatoriamente los individuos.
- La probabilidad de selección de un individuo es proporcional a su «calidad»:

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^{tam_pob} f_j}$$

- Solo para problemas de maximización y funciones de aptitud no negativas.

Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

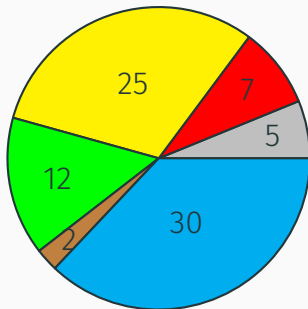
■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$



Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

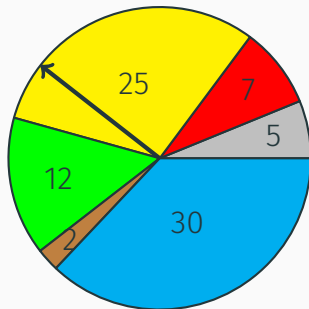
■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$



Valor aleatorio: 32

seleccionado g_3

Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

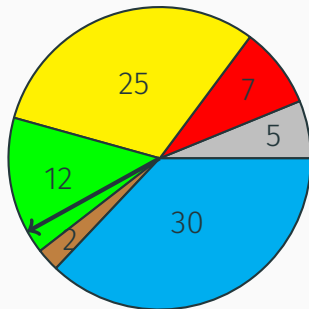
■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$



Valor aleatorio: 32

Valor aleatorio: 47

seleccionado g_3

seleccionado g_4

Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

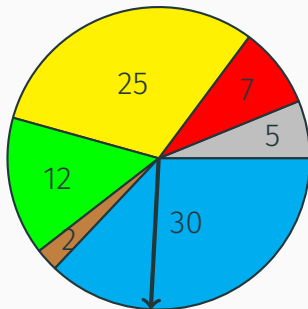
■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$



Valor aleatorio: 32

Valor aleatorio: 47

Valor aleatorio: 60

seleccionado g_3

seleccionado g_4

seleccionado g_6

Estrategias de selección:

Selección por torneo:

- Torneo: seleccionar individuo como el mejor de k individuos elegidos aleatoriamente con reemplazamiento.
- Tantos torneos como individuos a seleccionar.
- $k = 1$: selección aleatoria.
- $k = tam_pob$: siempre se elige el mejor.
- Valor habitual $k = 2$: torneo binario.

Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$

Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$

Torneo con $k = 3$

Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$

Torneo con $k = 3$

Elegidos aleatoriamente: g_1, g_4 y g_5

seleccionado g_4

Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$

Torneo con $k = 3$

Elegidos aleatoriamente: g_1, g_4 y g_5

seleccionado g_4

Elegidos aleatoriamente: g_4, g_5 y g_6

seleccionado g_6

Estrategias de selección:

■ $g_1, f_1 = 5$

■ $g_2, f_2 = 7$

■ $g_3, f_3 = 25$

■ $g_4, f_4 = 12$

■ $g_5, f_5 = 2$

■ $g_6, f_6 = 30$

Torneo con $k = 3$

Elegidos aleatoriamente: g_1, g_4 y g_5

Elegidos aleatoriamente: g_4, g_5 y g_6

Elegidos aleatoriamente: g_1, g_2 y g_2

seleccionado g_4

seleccionado g_6

seleccionado g_2

Estrategias de reemplazo:

Reemplazo aleatorio

Basada en la función de aptitud:

- Individuos peores tienen mayor probabilidad de ser reemplazados.

Basada en la edad:

- Individuos de generaciones más antiguas tienen mayor probabilidad de ser reemplazados.

Estrategias de parada:

Basadas en el valor de la función de aptitud:

- Mejor individuo con aptitud cercana a la óptima.
- Varianza de las aptitudes de todos los individuos cercana a 0.
- Razón entre la aptitud del mejor individuo y la del peor cercana a 1.
- Se entiende cercanía el traspasar un umbral prefijado.

Estrategias de parada:

Basadas en el cambio de la función de aptitud:

- Cambio pequeño en la aptitud del mejor individuo.
- Cambio pequeño en la aptitud promedio de todos los individuos.
- El cambio se mide de una generación a la siguiente.

Estrategias de parada:

Basadas en el tiempo:

- Tras alcanzar una cierta generación prefijada.
- Tras calcular la aptitud de un cierto número prefijado de individuos (útil si función de aptitud costosa de calcular).

Escapar de óptimos locales: equilibrio entre diversificación e intensificación.

Diversificación:

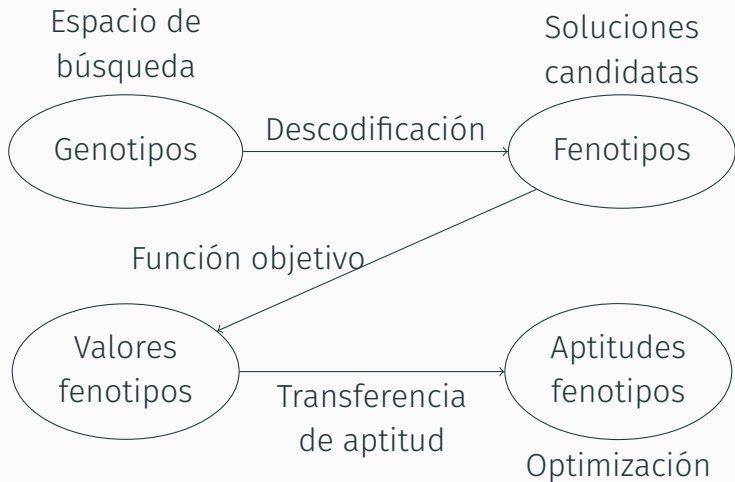
- Individuos «esencialmente distintos» en la población.
- Exploración de todo el espacio de búsqueda.
- Operadores de cruzamiento y mutación.

Intensificación:

- Individuos cada vez mejores.
- Exploración dirigida hacia un óptimo cercano.
- Estrategias de selección y reemplazo.

Transferencia de aptitud: transformación de la función de aptitud.

Transferencia de aptitud: transformación de la función de aptitud.



Transferencia de aptitud: transformación de la función de aptitud.

Ejemplo:

- Minimización incompatible con ruleta aleatoria.
- Transformación a problema de maximización: función de aptitud $-f$.
- Garantía de valores no negativos: función de aptitud $c - f$, con c una constante.
 - Si c demasiado pequeña, puede ser $c - f < 0$.
 - Si c demasiado grande, domina a f y selección aleatoria.
 - Mejor valor $c = \text{máx}(f)$ (quizás difícil de calcular).

Transferencia de aptitud: transformación de la función de aptitud.

Ejemplo:

- Soluciones **no factibles**: no satisfacen las restricciones del problema.
- Operadores de variación pueden dar lugar a genotipos con fenotipos no factibles.
- Función de aptitud: objetivo más penalización que depende de cuánto se violen las restricciones:

$$f(\mathbf{x}) + \alpha \times \text{penalización}(\mathbf{x}) \quad (\text{minimización})$$

$$f(\mathbf{x}) - \alpha \times \text{penalización}(\mathbf{x}) \quad (\text{maximización})$$

- **Pena de muerte**: rechazar soluciones no factibles.

- En lugar de penalizar: generar genotipos con fenotipos siempre factibles.
- Puede requerir representaciones y operadores de variación específicos.

Ejemplo: problema del viajante por Andalucía.

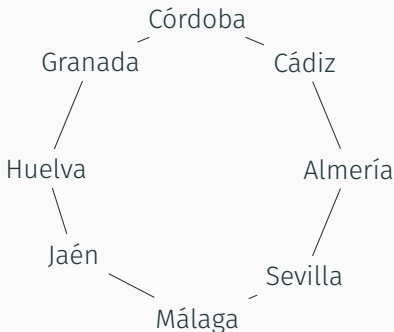
- Representación: permutaciones.
- Operadores de variación: específicos para permutaciones.
- Existen operadores de variación específicos para el problema.

Ejemplo de mutación específica: 2-opt

- Seleccionar aleatoriamente dos ciudades de la ruta.
- Invertir la ruta entre ellas.

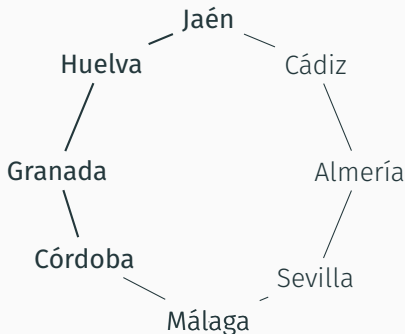
Ejemplo de mutación específica: 2-opt

- Seleccionar aleatoriamente dos ciudades de la ruta.
- Invertir la ruta entre ellas.



Ejemplo de mutación específica: 2-opt

- Seleccionar aleatoriamente dos ciudades de la ruta.
- Invertir la ruta entre ellas.



Optimización multiobjetivo:

$$\begin{array}{ll} \text{minimizar/maximizar} & (f_1(\mathbf{x}), \dots, f_l(\mathbf{x})) \\ \text{sujeto a} & g_i(\mathbf{x}) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \\ & h_j(\mathbf{x}) = 0, \quad j = 1, \dots, n \end{array}$$

Optimización multiobjetivo:

$$\begin{array}{ll}\text{minimizar/maximizar} & (f_1(\mathbf{x}), \dots, f_l(\mathbf{x})) \\ \text{sujeto a} & g_i(\mathbf{x}) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \\ & h_j(\mathbf{x}) = 0, \quad j = 1, \dots, n\end{array}$$

Transformación a optimización uniobjetivo:

$$\begin{array}{ll}\text{minimizar/maximizar} & \sum_{r=1}^l w_r f_r(\mathbf{x}) \\ \text{sujeto a} & g_i(\mathbf{x}) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \\ & h_j(\mathbf{x}) = 0, \quad j = 1, \dots, n\end{array}$$