

Inteligencia Artificial

Técnicas Incompletas de Búsqueda de Soluciones:

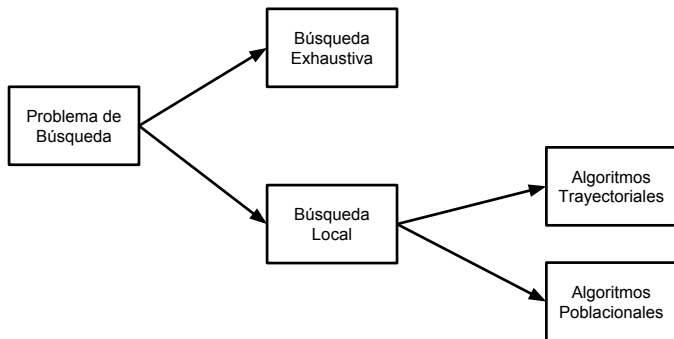
Algoritmos Genéticos

Nicolás Rojas Morales

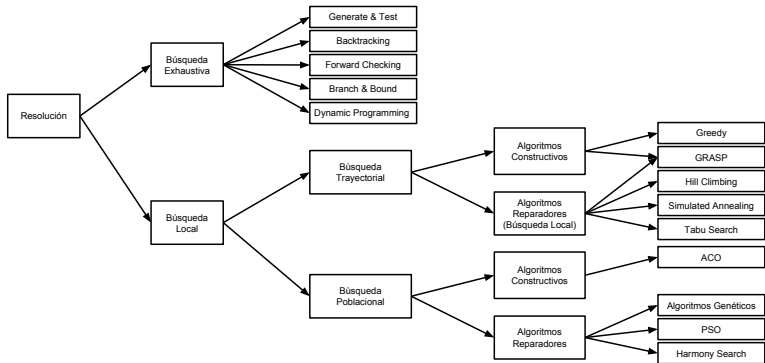
Departamento de Informática
Universidad Técnica Federico Santa María

Introducción

Clasificación de Técnicas de Resolución



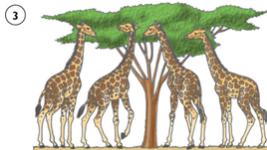
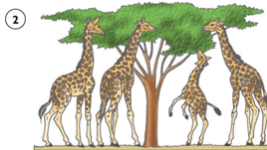
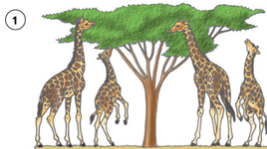
Clasificación de Técnicas de Resolución



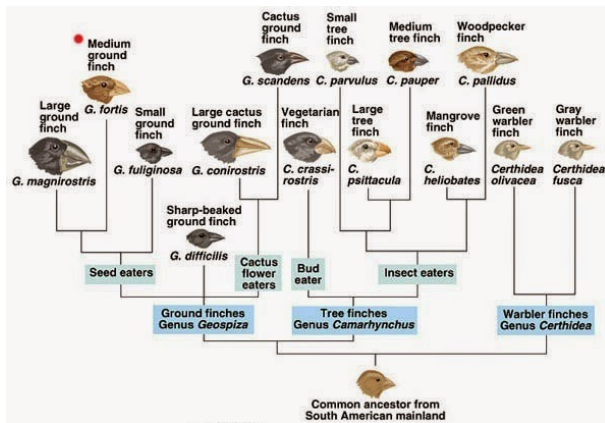
Algoritmos Evolutivos



Teoría de evolución



Teoría de evolución



Introducción

- Son algoritmos inspirados en la teoría de evolución de Darwin (bio-inspired, nature-inspired)

La evolución natural se basa principalmente en el principio de la sobrevivencia del más fuerte, así:

- Si por medio de un procedimiento genético se crea un individuo de mejor calidad que la media de su entorno, entonces su **período de vida será mayor al de la media** de los individuos y, por tanto, tendrá **mayores posibilidades de producir descendencia** que cuente con algunos de sus rasgos destacados.
- Si al contrario, nace un individuo cuyo ajuste al medio es inferior a la media, su probabilidad de supervivencia es menor a la media por lo que acabará siendo eliminado de la población.

Metáfora

| Evolución | | Resolución de Problemas |
|-----------|-----------------------|-------------------------|
| Ambiente | \longleftrightarrow | Problema |
| Individuo | \longleftrightarrow | Solución candidata |
| Aptitud | \longleftrightarrow | Calidad |

- Aptitud \rightarrow oportunidades de supervivencia y reproducción
- Calidad \rightarrow oportunidades de generar nuevas soluciones

Características

- Requieren una representación y una función de evaluación (aptitud) apropiadas al problema que resuelven.
- Trabajan con una población de soluciones candidatas (individuos).
- Utilizan un método de selección sesgado respecto a la calidad de los individuos.
- Generan nuevos individuos por medio de un mecanismo de herencia. Los descendientes son generados a partir de la aplicación de operadores unarios (mutación) y n-arios (cruzamiento).

Estructura

Procedimiento algoritmo evolutivo

Inicio

$t \leftarrow 0$

inicializar población $P(t)$

evaluar $P(t)$

Mientras no se cumpla condición de término **Hacer**

Inicio

$t \leftarrow t + 1$

seleccionar individuos para tener descendencia

aplicar operadores genéticos a individuos seleccionados

evaluar descendencia

actualizar $P(t) \leftarrow$ seleccionar individuos

Fin

Fin

Representación

- Estructura de datos que permite un adecuado procesamiento computacional
- No necesariamente debe ser fácilmente interpretable o directamente utilizable

Representación

- Estructura de datos que permite un adecuado procesamiento computacional
- No necesariamente debe ser fácilmente interpretable o directamente utilizable
 - Apariencia del organismo versus constitución genética
 - **Genotipo (genoma)** se refiere al ADN de un organismo
 - Los genes se codifican en hebras de ADN llamadas **cromosomas**
 - **Fenotipo (fenoma)** se refiere al conjunto de propiedades observables de un organismo.

Representación

- Estructura de datos que permite un adecuado procesamiento computacional
- No necesariamente debe ser fácilmente interpretable o directamente utilizable
 - Apariencia del organismo versus constitución genética
 - **Genotipo (genoma)** se refiere al ADN de un organismo
 - Los genes se codifican en hebras de ADN llamadas **cromosomas**
 - **Fenotipo (fenoma)** se refiere al conjunto de propiedades observables de un organismo.
 - En AE el genotipo es la codificación de una solución
 - En AE el fenotipo es una solución manejable directamente por el usuario

Representación

- Estructura de datos que permite un adecuado procesamiento computacional
- No necesariamente debe ser fácilmente interpretable o directamente utilizable
 - Apariencia del organismo versus constitución genética
 - **Genotipo (genoma)** se refiere al ADN de un organismo
 - Los genes se codifican en hebras de ADN llamadas **cromosomas**
 - **Fenotipo (fenoma)** se refiere al conjunto de propiedades observables de un organismo.
 - En AE el genotipo es la codificación de una solución
 - En AE el fenotipo es una solución manejable directamente por el usuario
 - Los operadores evolutivos se aplican a nivel de genotipo
 - El cálculo de la calidad del individuo se realiza en base a su fenotipo.

Representación

- Estructura de datos que permite un adecuado procesamiento computacional
- No necesariamente debe ser fácilmente interpretable o directamente utilizable
 - Apariencia del organismo versus constitución genética
 - **Genotipo (genoma)** se refiere al ADN de un organismo
 - Los genes se codifican en hebras de ADN llamadas **cromosomas**
 - **Fenotipo (fenoma)** se refiere al conjunto de propiedades observables de un organismo.
 - En AE el genotipo es la codificación de una solución
 - En AE el fenotipo es una solución manejable directamente por el usuario
 - Los operadores evolutivos se aplican a nivel de genotipo
 - El cálculo de la calidad del individuo se realiza en base a su fenotipo.
 - **Es posible que el espacio genotípico y fenotípico coincidan, es decir, no siempre es necesario codificar las soluciones en los AE**

Población

- Mantiene el conjunto de soluciones
- Generalmente de tamaño fijo
- AE's sofisticados pueden incorporar estructuras más complejas, p.ej. grillas.
- Los operadores de selección trabajan sobre el conjunto población
 - Las probabilidades de selección son relativas a la población actual
- Diversidad referida al número de aptitudes, fenotipos, genotipos diferentes.

Proceso de selección: Selección de padres

- La selección permite elegir aquellos individuos que tendrán descendencia
- Sesgados hacia aquellos de mejor calidad, uniformemente seleccionados, determinista
- Existen diversos métodos de selección
 - Algunos permiten seleccionar cada individuo más de una vez
 - Algunos no permiten seleccionar algunos individuos de mala calidad (extintivos)
- Ejemplos: roulette wheel, k-tournament, ranking.

Aplicación de operadores genéticos

- La elección de aplicar cierto operador es, en general, estocástica (cada operador se aplica con una cierta probabilidad).
- Los operadores más habituales son la mutación y el cruzamiento.
 - La mutación consiste en generar un nuevo individuo mutando **aleatoriamente** una pequeña parte del individuo padre.
 - El cruzamiento consiste en generar un conjunto de nuevos individuos combinando **aleatoriamente** partes provenientes de un conjunto de individuos padres.

Selección de sobrevivientes: Reemplazo

- Consiste en la selección de los individuos que formarán parte de la población de la siguiente generación.
- La elección puede considerar sólo el conjunto de descendientes generados o bien el conjunto de individuos formado por descendientes y padres.
- Este proceso de selección usualmente es determinista
 - Basado en aptitud
 - Basado en edad
- Elitismo.

Inicialización / Término

Inicialización

- Asegurar variedad genotípica
- Puede incluir soluciones existentes o utilizar heurísticas específicas

Término

- Cantidad de iteraciones/evaluaciones de la calidad de los individuos
- Aptitud esperada
- Nivel mínimo de diversidad (convergencia)
- Cantidad de iteraciones/evaluaciones sin mejoras (estancamiento)
- Combinación de los criterios expuestos

Historia de los Algoritmos Evolutivos

- Cuatro tendencias principales
 - **Evolutionary Programming** - EP (programación evolutiva) (Fogel, 1962)
 - **Evolutionary Strategies** - ES (estrategias evolutivas) (Rechemberg, 1965)
 - **Genetic Algorithm** - GA (algoritmos genéticos) (Holland, 1962)
 - **Genetic Programming** - GP (programación genética) (Koza, 1989).

Historia de los Algoritmos Evolutivos

- Cuatro tendencias principales
 - **Evolutionary Programming** - EP (programación evolutiva) (Fogel, 1962)
 - **Evolutionary Strategies** - ES (estrategias evolutivas) (Rechemberg, 1965)
 - **Genetic Algorithm** - GA (algoritmos genéticos) (Holland, 1962)
 - **Genetic Programming** - GP (programación genética) (Koza, 1989).
- Para cada una de ellas existen numerosas variantes.
- Tendencia a la unificación entre los AE, siendo cada vez más borrosa la frontera entre los enfoques.

Inteligencia Artificial

Técnicas Incompletas de Búsqueda de Soluciones:

Algoritmos Genéticos

Nicolás Rojas Morales

Departamento de Informática
Universidad Técnica Federico Santa María

Algoritmos Genéticos

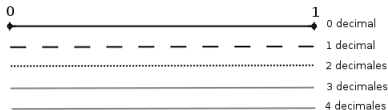
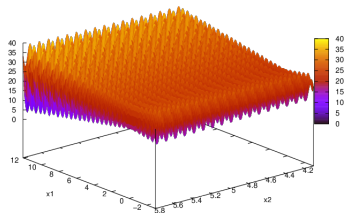
Algoritmos Genéticos

- Holland, 1975, USA
- Paradigma más desarrollado y popular en el campo de los AE.
- Inicialmente, los GA se caracterizaron por una representación de los individuos independiente del dominio basada en cadenas de bits. Aunque hoy en día contemplan el uso de diferentes representaciones según el problema a tratar, la influencia de la codificación binaria sigue siendo significativa.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

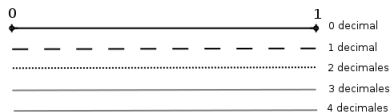
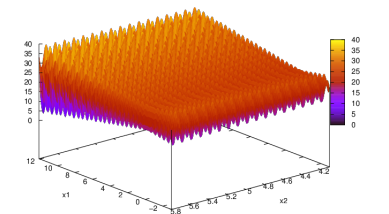
Algoritmos Genéticos

$$f(x_1, x_2) = 21.5 + x_1 * \sin(4\pi x_1) + x_2 * \sin(20\pi x_2)$$



Algoritmos Genéticos

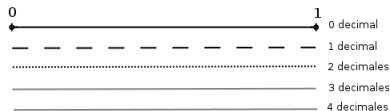
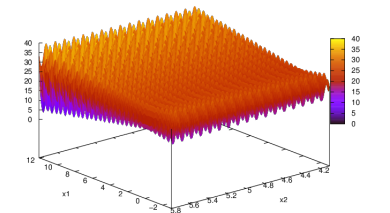
$$f(x_1, x_2) = 21.5 + x_1 * \sin(4\pi x_1) + x_2 * \sin(20\pi x_2)$$



- Los dominios son: $-3.0 \leq x_1 \leq 12.1$ y $4.1 \leq x_2 \leq 5.8$
- Para x_1 , el tamaño de su dominio es 15.1
- Para x_2 , el tamaño de su dominio es 1.7

Algoritmos Genéticos

$$f(x_1, x_2) = 21.5 + x_1 * \sin(4\pi x_1) + x_2 * \sin(20\pi x_2)$$



- Los dominios son: $-3.0 \leq x_1 \leq 12.1$ y $4.1 \leq x_2 \leq 5.8$
- Para x_1 , el tamaño de su dominio es 15.1
- Para x_2 , el tamaño de su dominio es 1.7
- Para representar 2 valores en el rango se necesita 1 bit.
- Para representar 4 valores en el rango se necesitan 2 bits.
- Para representar 8 valores en el rango se necesitan 3 bits.
- ...

Algoritmos Genéticos

Conversión

- Si $x_i \in [a, b]$
- Si el string binario de largo k que representa la variable x_i es $(i_1 i_2 i_3 \dots i_k)$
- El valor de x_i corresponde a:

$$x_i = a + \text{decimal}(i_1 i_2 i_3 \dots i_k) \cdot \frac{(b - a)}{(2^k - 1)}$$

Algoritmos Genéticos

Ejemplo:

- Para convertir $x_1 \in [-3, 0; 12, 1]$
- Si el string de largo 18 que representa la variable x_1 es (010001001011010000)
- El valor de x_1 corresponde a:

$$x_1 = -3, 0 + \text{decimal}(010001001011010000) \cdot \frac{(12, 1 + 3, 0)}{(2^{18} - 1)}$$

Algoritmos Genéticos

Ejemplo:

- Para convertir $x_1 \in [-3, 0; 12, 1]$
- Si el string de largo 18 que representa la variable x_1 es (010001001011010000)
- El valor de x_1 corresponde a:

$$x_1 = -3,0 + \text{decimal}(010001001011010000) \cdot \frac{(12,1 + 3,0)}{(2^{18} - 1)}$$

$$x_1 = -3.0 + 70352 \cdot \frac{(15,1)}{262143} = 1,0524$$

Algoritmos Genéticos

Procedimiento algoritmo genético

Inicio

$t \leftarrow 0$

inicializar población $P(t)$

evaluar $P(t)$

Mientras no se cumpla condición de término **Hacer**

Inicio

$t \leftarrow t + 1$

seleccionar individuos para tener descendencia

cruzar

mutar

evaluar descendencia

actualizar $P(t)$

Fin

Fin

Algoritmos Genéticos

- Incorpora elitismo



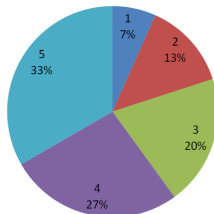
Algoritmos Genéticos

- Incorpora elitismo



- La selección es probabilística y basada en la calidad de los individuos.

| Individuo | Aptitud |
|-----------|---------|
| I1 | 1.0 |
| I2 | 2.0 |
| I3 | 3.0 |
| I4 | 4.0 |
| I5 | 5.0 |



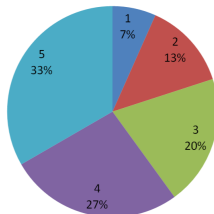
Algoritmos Genéticos

- Incorpora elitismo



- La selección es probabilística y basada en la calidad de los individuos.

| Individuo | Aptitud |
|-----------|---------|
| I1 | 1.0 |
| I2 | 2.0 |
| I3 | 3.0 |
| I4 | 4.0 |
| I5 | 5.0 |



- A partir de n padres se producen n hijos → Generacional.
 - Estado Estacionario.

Algoritmos Genéticos

- Se utilizan el cruzamiento y la mutación.
- A los operadores de cruzamiento y mutación se les asocian probabilidades de uso (probabilidad de cruzamiento y probabilidad de mutación)
 - Dos padres pueden cruzarse para dar lugar a dos hijos.

Algoritmos Genéticos

- Se utilizan el cruzamiento y la mutación.
- A los operadores de cruzamiento y mutación se les asocian probabilidades de uso (probabilidad de cruzamiento y probabilidad de mutación)
 - Dos padres pueden cruzarse para dar lugar a dos hijos.

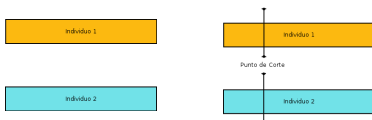


Individuo 1

Individuo 2

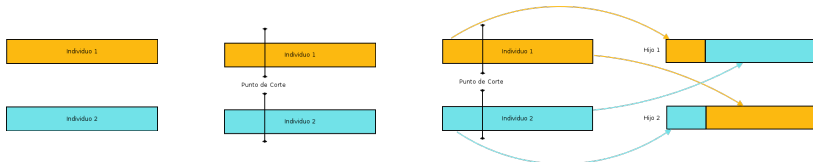
Algoritmos Genéticos

- Se utilizan el cruzamiento y la mutación.
- A los operadores de cruzamiento y mutación se les asocian probabilidades de uso (probabilidad de cruzamiento y probabilidad de mutación)
 - Dos padres pueden cruzarse para dar lugar a dos hijos.



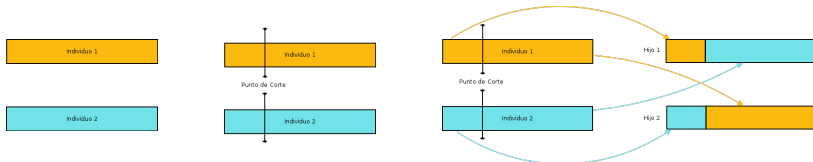
Algoritmos Genéticos

- Se utilizan el cruzamiento y la mutación.
- A los operadores de cruzamiento y mutación se les asocian probabilidades de uso (probabilidad de cruzamiento y probabilidad de mutación)
 - Dos padres pueden cruzarse para dar lugar a dos hijos.



Algoritmos Genéticos

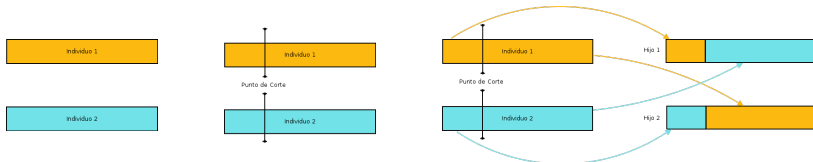
- Se utilizan el cruzamiento y la mutación.
- A los operadores de cruzamiento y mutación se les asocian probabilidades de uso (probabilidad de cruzamiento y probabilidad de mutación)
 - Dos padres pueden cruzarse para dar lugar a dos hijos.



- Cada uno de los hijos puede ser posteriormente mutado.

Algoritmos Genéticos

- Se utilizan el cruzamiento y la mutación.
- A los operadores de cruzamiento y mutación se les asocian probabilidades de uso (probabilidad de cruzamiento y probabilidad de mutación)
 - Dos padres pueden cruzarse para dar lugar a dos hijos.



- Cada uno de los hijos puede ser posteriormente mutado.

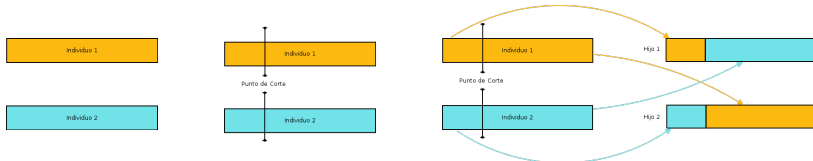
Probabilidad de Mutación = 0.11

0.10 0.40 0.33 0.59 0.93 0.73

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|

Algoritmos Genéticos

- Se utilizan el cruzamiento y la mutación.
- A los operadores de cruzamiento y mutación se les asocian probabilidades de uso (probabilidad de cruzamiento y probabilidad de mutación)
 - Dos padres pueden cruzarse para dar lugar a dos hijos.

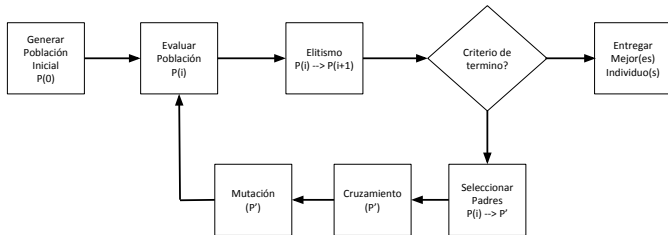


- Cada uno de los hijos puede ser posteriormente mutado.



- La mutación suele considerarse un operador secundario, con una probabilidad de aplicación muy inferior a la del cruce.

Diagrama de flujo Algoritmo Genético



Intensificación y Diversificación

| Componente | Diversificación | Intensificación |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Selección | Presión de selección baja | Presión de selección alta |
| Elitismo | - | Fomenta |
| Transformaciones | Mutación | Cruzamiento |
| Tamaño Población | Grande | Pequeño |

Inteligencia Artificial

Técnicas Incompletas de Búsqueda de Soluciones:

Algoritmos Genéticos

Nicolás Rojas Morales

Departamento de Informática
Universidad Técnica Federico Santa María

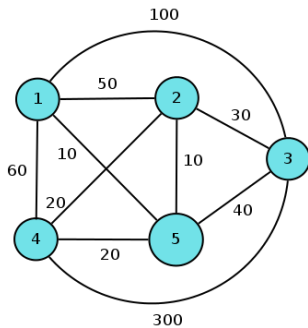
Variaciones de Algoritmos Genéticos

Variaciones de Algoritmos Genéticos

Variaciones de Algoritmos Genéticos

- 1 **Representación**
- 2 Proceso de Selección
- 3 Proceso de Transformación

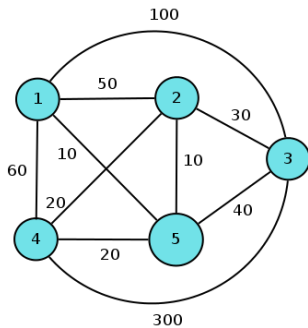
Representación



Tour: [1 - 5 - 2 - 3 - 4]

❶ Camino - [1 - 5 - 2 - 3 - 4]

Representación



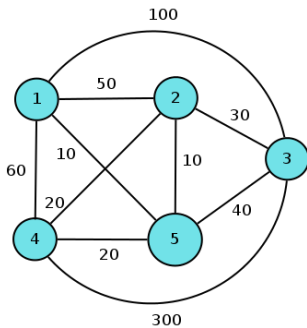
Tour: [1 - 5 - 2 - 3 - 4]

❶ Camino - [1 - 5 - 2 - 3 - 4]

❷ Matriz Binaria

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Representación



Tour: [1 - 5 - 2 - 3 - 4]

❶ Camino - [1 - 5 - 2 - 3 - 4]

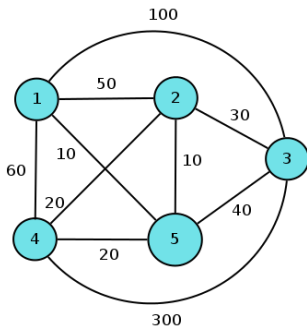
❷ Matriz Binaria

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

❸ Lista de Adyacencia

| Casilla | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|---|---|---|---|---|
| Tour | 5 | 3 | 4 | 1 | 2 |

Representación



Tour: [1 - 5 - 2 - 3 - 4]

❶ Camino - [1 - 5 - 2 - 3 - 4]

❷ Matriz Binaria

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

❸ Lista de Adyacencia

| Casilla | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|---|---|---|---|---|
| Tour | 5 | 3 | 4 | 1 | 2 |

❹ Lista de Referencia

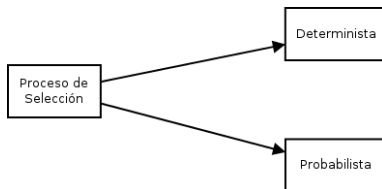
| Ciudades | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|
| Tour | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 |

Variaciones de Algoritmos Genéticos

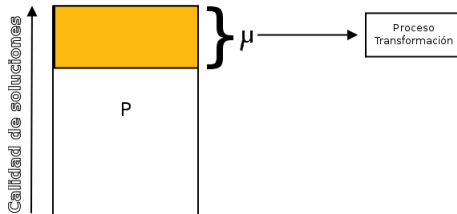
Variaciones de Algoritmos Genéticos

- ➊ Representación
- ➋ **Proceso de Selección**
- ➌ Proceso de Transformación

Proceso de Selección



Proceso de Selección



Selección Determinista

- Considera los μ mejores individuos de la población actual para ser padres
- Estos procesos convergen más rápidamente \rightarrow se estancan en óptimos locales

Proceso de Selección

Selección Probabilista

- Selección por Torneo:
 - Se considera una cantidad k de individuos, tomados de manera aleatoria
 - Se selecciona el mejor entre los k individuos
 - La presión de selección es determinada por el tamaño de k
 - Si $k \rightarrow \mu$, presión de selección alta
 - Si $k \rightarrow 2$, presión de selección baja

Proceso de Transformación

1 Intercambio (o Swap)

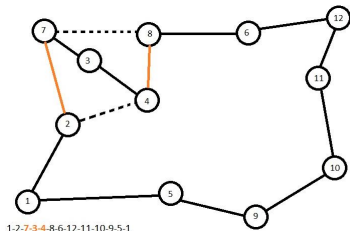
- 1-2-7-3-4-8-6-12-11-10-9-5-1
- 1-8-7-3-4-2-6-12-11-10-9-5-1

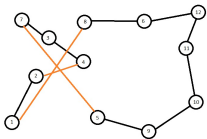
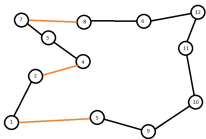
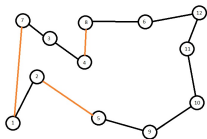
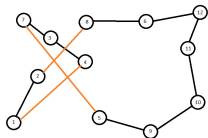
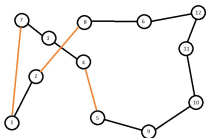
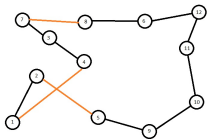
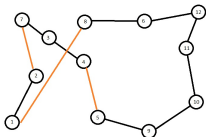
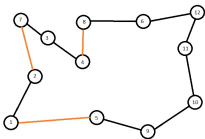
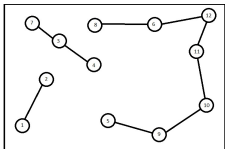
2 K-opt (K-exchange): Es un procedimiento que reemplaza K arcos de un tour de TSP por K nuevos arcos, tal que el tour resultante es un tour factible del TSP.

- 2-opt:

1-2-4-3-7-8-6-12-11-10-9-5-1 //reemplazar 2-4 y 7-8 por 2-7 y 4-8

1-2-7-3-4-8-6-12-11-10-9-5-1





Proceso de Transformación

Operador de Cruzamiento

❶ Cruzamiento Uniforme (Ejemplo - Problema de la Mochila)

P1 [0 - 1 - 0 - 1 - 1]

P2 [1 - 0 - 1 - 0 - 0]

Proceso de Transformación

Operador de Cruzamiento

❶ Cruzamiento Uniforme (Ejemplo - Problema de la Mochila)

| | |
|-------|---|
| P1 | [0 - 1 - 0 - 1 - 1] |
| P2 | [1 - 0 - 1 - 0 - 0] |
| <hr/> | |
| Hijo | [1 - 1 - 1 - 0 - 1] |

Proceso de Transformación

Operador de Cruzamiento

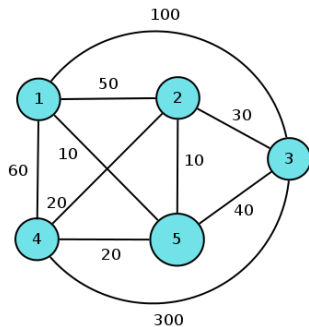
❶ Cruzamiento Uniforme (Ejemplo - Problema de la Mochila)

| | |
|-------|---------------------|
| P1 | [0 - 1 - 0 - 1 - 1] |
| P2 | [1 - 0 - 1 - 0 - 0] |
| <hr/> | |
| Hijo | [1 - 1 - 1 - 0 - 1] |

❷ Cruzamiento en un punto (Ejemplo - Problema de la Mochila)

| | |
|--------|---------------------|
| P1 | [1 - 1 1 - 1 - 1] |
| P2 | [0 - 0 0 - 0 - 0] |
| <hr/> | |
| Hijo 1 | [1 - 1 0 - 0 - 0] |
| Hijo 2 | [0 - 0 1 - 1 - 1] |

Proceso de Transformación



Cruzamiento en un punto

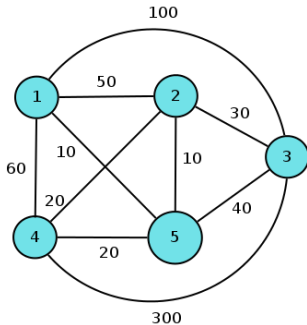
Tour 1 [1 - 4 | 3 - 2 - 5]

Tour 2 [5 - 1 | 4 - 3 - 2]

Hijo 1 [1 - **4** | **4** - 3 - 2]

Hijo 2 [**5** - 1 | 3 - 2 - **5**]

Proceso de Transformación



Cruzamiento en un punto - Lista de Referencia

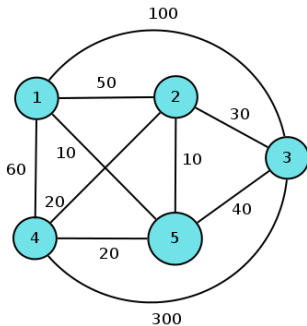
Lista

[1 - 2 - 3 - 4 - 5]

Padre 1

[1 - 4 - 3 - 2 - 5]

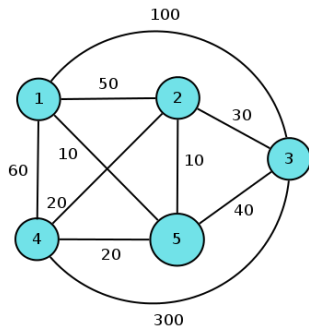
Proceso de Transformación



Cruzamiento en un punto - Lista de Referencia

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Lista | [1 - 2 - 3 - 4 - 5] |
| Padre 1 | [1 - 4 - 3 - 2 - 5] |
| Padre 1 (c) | [1 - 3 2 - 1 - 1] |

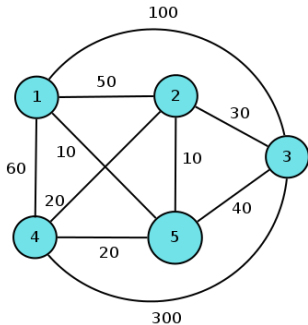
Proceso de Transformación



Cruzamiento en un punto - Lista de Referencia

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Lista | [1 - 2 - 3 - 4 - 5] |
| Padre 1 | [1 - 4 - 3 - 2 - 5] |
| Padre 1 (c) | [1 - 3 2 - 1 - 1] |
| Padre 2 | [5 - 1 - 4 - 3 - 2] |

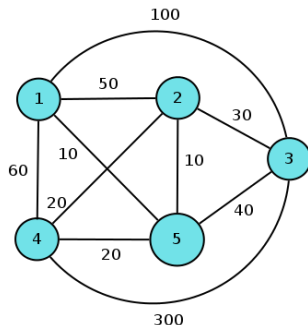
Proceso de Transformación



Cruzamiento en un punto - Lista de Referencia

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Lista | [1 - 2 - 3 - 4 - 5] |
| Padre 1 | [1 - 4 - 3 - 2 - 5] |
| Padre 1 (c) | [1 - 3 2 - 1 - 1] |
| Padre 2 | [5 - 1 - 4 - 3 - 2] |
| Padre 2 (c) | [5 - 1 3 - 2 - 1] |

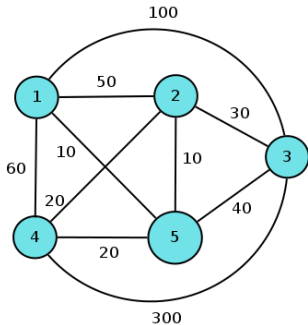
Proceso de Transformación



Cruzamiento en un punto - Lista de Referencia

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Lista | [1 - 2 - 3 - 4 - 5] |
| Padre 1 | [1 - 4 - 3 - 2 - 5] |
| Padre 1 (c) | [1 - 3 2 - 1 - 1] |
| Padre 2 | [5 - 1 - 4 - 3 - 2] |
| Padre 2 (c) | [5 - 1 3 - 2 - 1] |
| Hijo 1 (c) | [1 - 3 3 - 2 - 1] |
| Hijo 2 (c) | [5 - 1 2 - 1 - 1] |

Proceso de Transformación



Cruzamiento en un punto - Lista de Referencia

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Lista | [1 - 2 - 3 - 4 - 5] |
| Padre 1 | [1 - 4 - 3 - 2 - 5] |
| Padre 1 (c) | [1 - 3 2 - 1 - 1] |
| Padre 2 | [5 - 1 - 4 - 3 - 2] |
| Padre 2 (c) | [5 - 1 3 - 2 - 1] |
| Hijo 1 (c) | [1 - 3 3 - 2 - 1] |
| Hijo 2 (c) | [5 - 1 2 - 1 - 1] |
| Hijo 1 | [1 - 4 5 - 3 - 2] |
| Hijo 2 | [5 - 1 3 - 2 - 4] |

Epistasis

- El fenómeno de la epistasis consiste en la existencia de fuertes vinculaciones/interacciones entre los genes, de forma que el efecto de unos genes inhibe o potencia otros. En algunos casos, el resultado es tan complejo que no tiene sentido considerar los efectos de los genes de forma individual sino conjuntamente.

Inteligencia Artificial

Técnicas Incompletas de Búsqueda de Soluciones:

Algoritmos Genéticos

Nicolás Rojas Morales

Departamento de Informática
Universidad Técnica Federico Santa María

Otros Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos

Algoritmos Genéticos

| | |
|--|---------------------------|
| Representación | Strings binarios |
| Cruzamiento | Un punto |
| Mutación | Bit-flip |
| Selección de padres | Proporcional a su aptitud |
| Reemplazo (Selección de Sobrevivientes) | Hijos reemplazan a padres |
| Especialidad | Énfasis en cruzamiento |

Programación Evolutiva

- Fogel 1965, Fogel *et al*, 1966, USA
- Problemas de secuencia y evolución de máquinas de estado finito.
- Enfatiza nexos de comportamiento entre padres e hijos
 - evolución a nivel de especies

Programación Evolutiva

- Fogel 1965, Fogel *et al*, 1966, USA
- Problemas de secuencia y evolución de máquinas de estado finito.
- Enfatiza nexos de comportamiento entre padres e hijos
 - evolución a nivel de especies

Procedimiento programación evolutiva

Inicio

$t \leftarrow 0$

inicializar población $P(t)$

evaluar $P(t)$

Mientras no se cumpla condición de término **Hacer**

Inicio

$t \leftarrow t + 1$

mutar

evaluar descendencia

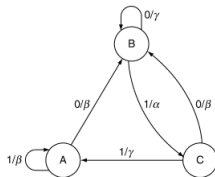
actualizar $P(t) \leftarrow$ seleccionar individuos

Fin

Fin

Programación Evolutiva

- Todos los individuos generan descendencia
- Los individuos son sólo mutados
 - El operador de mutación depende de la representación utilizada



- La probabilidad de mutación varía acorde al estado del proceso de búsqueda
- Se generan μ nuevos individuos
- La nueva población se genera a partir del conjunto de padres e hijos ($\mu + \mu$).
 - Estocásticamente sesgada por la calidad de los individuos.

Programación Evolutiva

Programación Evolutiva

| | |
|--|--|
| Representación | Máquinas de estado finito |
| Cruzamiento | No |
| Mutación | Agregar/Borrar estado Cambiar output/transition |
| Selección de padres | Determinista |
| Reemplazo (Selección de Sobrevivientes) | Probabilista ($\mu + \mu$) |

Estrategias Evolutivas

- Rechenberg, 1973, Alemania
 - Selección, mutación y un único individuo
 - Representación: vectores de valores reales
 - Mutación: Suma de un valor numérico que viene dado por una distribución de media cero y una varianza v .
 - Se selecciona entre el padre y el hijo aquel de mayor calidad para formar la siguiente generación.
- Schwefel, 1981
 - Introdujo el cruzamiento y poblaciones de más de un individuo.

Estrategias Evolutivas

Procedimiento estrategia evolutiva

Inicio

$t \leftarrow 0$

inicializar población $P(t)$

evaluar $P(t)$

Mientras no se cumpla condición de término **Hacer**

Inicio

$t \leftarrow t + 1$

cruzar

mutar

evaluar descendencia

actualizar $P(t) \leftarrow$ seleccionar individuos

Fin

Fin

Estrategias Evolutivas

- Se selecciona un conjunto de individuos (aleatoriamente uniforme) para ser padres.
- Dos padres generan mediante cruzamiento un hijo que puede posteriormente ser modificado por la mutación.
 - También se incorpora adaptación, permitiendo un proceso evolutivo a nivel de los parámetros estratégicos (varianza de la mutación o el tipo de cruce) simultáneo a la evolución de las propias soluciones.
 - La mutación es considerada como el operador más importante en las ES.
- La actualización de la población es determinística y puede hacerse de dos maneras distintas
 - Se eligen los mejores individuos desde el conjunto conformado por padres e hijos (ES elitista) ($(\mu + \lambda)$ -ES)
 - Se eligen los mejores individuos desde el conjunto de hijos (ES no elitista) ((μ, λ) -ES)

Estrategias Evolutivas

Estrategias Evolutivas

| | |
|--|--------------------------------------|
| Representación | Vectores de valores reales |
| Cruzamiento | Discreto/Intermedio |
| Mutación | Perturbación gaussiana |
| Selección de padres | Aleatoriamente uniforme |
| Reemplazo (Selección de Sobrevivientes) | (μ, λ) o $(\mu + \lambda)$ |
| Especialidad | Auto-adaptación de pasos de mutación |

Programación Genética

- Koza 1992, USA
- Variante de los GA caracterizada por el uso de árboles para representar a los individuos.
- Particularidades
 - Operadores de cruce y mutación característicos de la GP
 - Los individuos representan programas de computador (consideran operadores y funciones).
 - En un individuo árbol, las hojas corresponden a símbolos terminales (variables y constantes), mientras que los nodos internos corresponden a operaciones.
- En la GP los individuos son de tamaño variable (varía a medida que sufren cruces y mutaciones). Tamaño o profundidad máxima.
- Cruzamiento es **mucho** más importante que la mutación.
- Otras representaciones: representación lineal y basada en grafos.

Programación Genética

Procedimiento programación genética

Inicio

$t \leftarrow 0$

inicializar población $P(t)$

evaluar $P(t)$

Mientras no se cumpla condición de término **Hacer**

Inicio

$t \leftarrow t + 1$

seleccionar individuos para tener descendencia

cruzar ó mutar

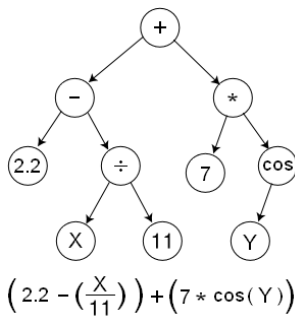
evaluar descendencia

actualizar $P(t)$

Fin

Fin

Programación Genética



Programación Genética

Programación Genética

| | |
|--|------------------------------|
| Representación | Árboles |
| Cruzamiento | Recombinación de sub-árboles |
| Mutación | Cambio aleatorio en árboles |
| Selección de padres | Proporcional a su aptitud |
| Reemplazo (Selección de Sobrevivientes) | Reemplazo generacional |

Diseño de Algoritmos Evolutivos

- Representación
- Codificación entre genotipos y fenotipos
- Función de evaluación
- Operador(es) de mutación adecuado(s)
- Operador(es) de cruzamiento adecuado(s)
- Decidir cómo seleccionar individuos para ser padres
- Decidir cómo seleccionar individuos para la siguiente generación
- Método de inicialización
- Criterio de termino