

INTELIGENCIA COMPUTACIONAL:

COMPUTACIÓN EVOLUTIVA: ESTRATEGIAS EVOLUTIVAS

Dr. Gregorio Toscano
email: gtoscano@cinvestav.com



ESTRATEGIAS EVOLUTIVAS



Hans Paul Schwefel



Ingo Rechenberg

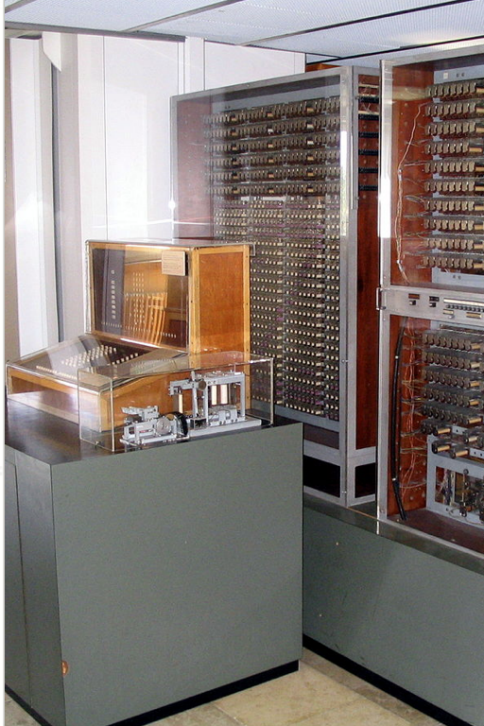


Hans-Paul Schwefel: Numerische Optimierung von Computer-Modellen mittels der Evolutionsstrategie

Mit einer vergleichenden Einführung in die
Hill-Climbing- und Zufallsstrategien

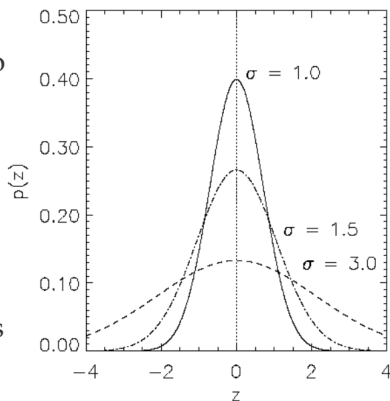


Springer Basel AG



- Su operador principal es la mutación.
- La selección es determinista global.
- Una solución o poblacional.
- Autoadaptación.

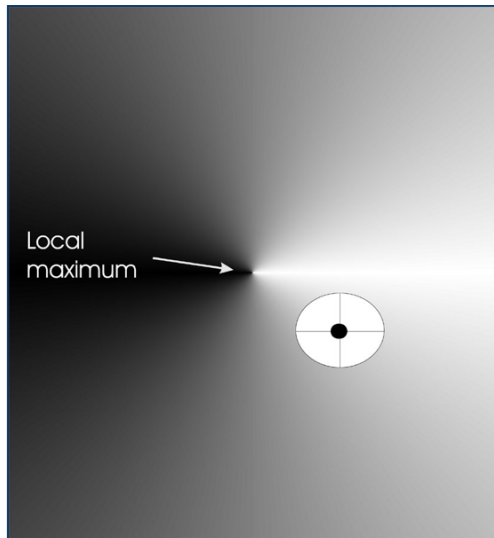
- La mutación se lleva a cabo agregando ruido aleatorio obtenido de una distribución normal.
- $x'_i = x_i + N(0, \sigma)$
- σ es parte del cromosoma $\langle x_1, \dots, x_n, \sigma \rangle$. σ también es mutada (coevolución).



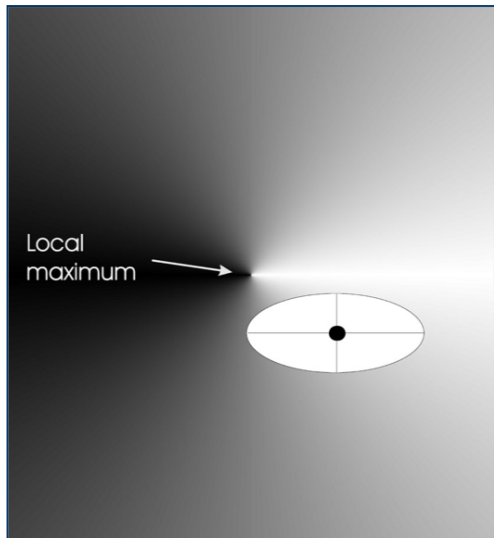
El orden de la mutación es importante.

1. Primero mutar σ . $\sigma \rightarrow \sigma'$.
2. Posteriormente x . $x' = x + N(0, \sigma')$

- Cromosoma: $\langle x_1, \dots, x_n, \sigma \rangle$
- $\sigma' = \sigma \times \exp(\mathcal{N}(0, \tau))$
- $x' = x + \mathcal{N}(0, \sigma')$
- Típicamente la tasa de aprendizaje τ es $\frac{1}{\sqrt{n}}$.

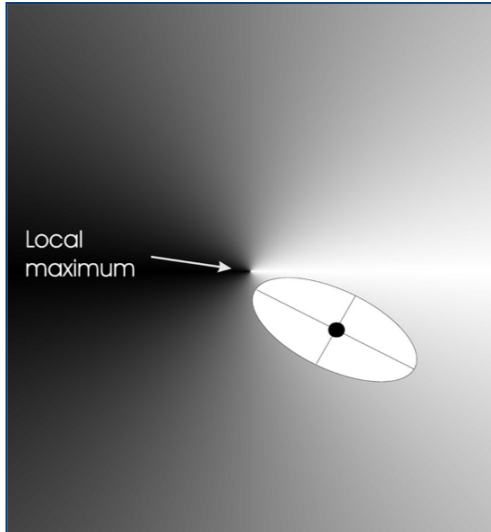


- Cromosoma: $\langle x_1, \dots, x_n, \sigma_1, \dots, \sigma_n \rangle$
- $\sigma'_i = \sigma_i \exp(\tau' N(0, 1) + \tau N(0, 1))$
- $x'_i = x_i + N(0, \sigma'_i)$
- Dos parámetros para tasa de aprendizaje. τ' tasa de aprendizaje global. τ tasa de aprendizaje coordinada.
- Típicamente la tasa de aprendizaje τ' es $\frac{1}{\sqrt{2n}}$, mientras que τ es $\frac{1}{\sqrt{2\sqrt{n}}}$.



- Cromosoma: $\langle x_1, \dots, x_n, \sigma_1, \dots, \sigma_n, \alpha_1, \dots, \alpha_k \rangle$, donde $k = n(n-1)/2$
- La matriz de covarianza C es definida como:
 - $C_{ij} = \sigma_i^2$
 - $C_{ij} = 0$ si i y j no están correlacionadas.
 - $C_{ij} = \frac{1}{2}(\sigma_i^2 - \sigma_j^2) \tan(2\alpha_{ij})$ si i y j están correlacionadas.

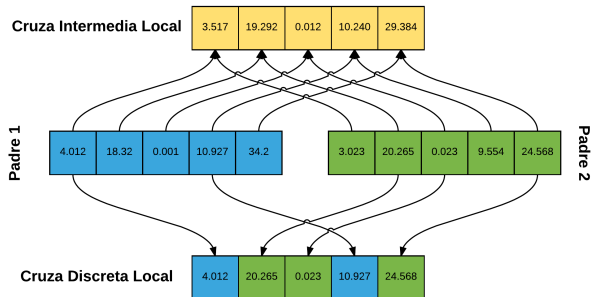
- Cromosoma: $\langle x_1, \dots, x_n, \sigma_1, \dots, \sigma_n, \alpha_1, \dots, \alpha_k \rangle$, donde $k = n(n-1)/2$
- $\sigma'_i = \sigma_i \exp(\tau'N(0, 1) + \tau N(0, 1))$
- $\alpha'_j = \alpha_j + \beta N(0, 1)$
- $x'_i = x_i + N(0, C')$
- Típicamente la tasa de aprendizaje τ' es $\frac{1}{\sqrt{2n}}$, τ es $\frac{1}{\sqrt{2\sqrt{n}}}$, y $\beta \approx 5^\circ$



“La razón entre mutaciones exitosas y el total de mutaciones debe ser $1/5$. Si es mayor, entonces debe incrementarse la desviación estándar. Si es menor, entonces debe decrementarse”.

$$\sigma = \begin{cases} \sigma / c & \text{si } p_s > 1/5 \\ \sigma * c & \text{si } p_s < 1/5 \\ \sigma & \text{si } p_s = 1/5 \end{cases}$$

donde n es el número de dimensiones, t es la generación, p_s es la frecuencia relativa de mutaciones exitosas medida sobre intervalos de individuos, y $c = 0.817$.



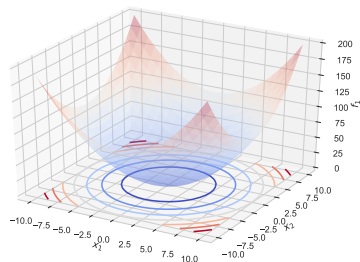
- El operador de selección está determinado por el tipo de estrategia: “,” o “+”
- $(1 + 1)$ -EE
- $(\mu + 1)$ -EE
- $(\mu + \lambda)$ -EE
- (μ, λ) -EE
- Selección determinista

```
1 Inicializar parámetros;
2  $t \leftarrow 0$ ;
3 Crear población inicial  $\mathcal{P}(0)$  con  $\mu$  individuos;
4 for each  $x_i \in \mathcal{P}(0)$  do
5   | Evaluar individuo  $x_i$ ;
6 repeat
7   | for  $i \leftarrow 1, \dots, \lambda$  do
8     | if  $\mu \geq 2$  then
9       |   Elegir  $\rho \geq 2$  padres aleatoriamente;
10      |   Crear un hijo  $x'_i$  mediante la recombinación de los padres;
11      |   Aplicar mutación a  $x'_i$ ;
12      |   Evaluar individuo  $x'_i$ ;
13      |    $\mathcal{P}'(t) \leftarrow \mathcal{P}'(t) \cup x'_i$ ;
14   | if estrategia ( $\mu, \lambda$ ) then
15     |   Seleccionar  $P(t + 1)$  de  $\mathcal{P}'(t)$ ;
16   | else
17     |   Seleccionar  $P(t + 1)$  de  $\mathcal{P}(t) \cup \mathcal{P}'(t)$ ;
18   |  $t \leftarrow t + 1$ ;
19 until se cumpla criterio de terminación;
```

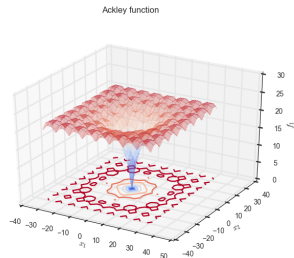
```
1 Inicializar parámetros;
2  $t \leftarrow 0$ ;
3 Crear el individuo  $\mathbf{x}^0$ ;
4 Evaluar  $\mathbf{x}^0$ ;
5 repeat
6      $\mathbf{x}' \leftarrow \mathbf{x}^t + N(0, \sigma)$ ;
7     Evaluar individuo  $\mathbf{x}'$ ;
8     if  $f(\mathbf{x}') < f(\mathbf{x}^t)$  then
9          $\mathbf{x}^{t+1} \leftarrow \mathbf{x}'$ ;
10    else
11         $\mathbf{x}^{t+1} \leftarrow \mathbf{x}^t$ ;
12     $t \leftarrow t + 1$ ;
13 until se cumpla criterio de terminación;
```

$$f(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$$

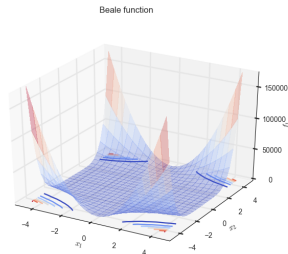
Sphere function



$$f(x, y) = -20 \exp \left(-0.2 \sqrt{0.5 (x^2 + y^2)} \right) \\ - \exp (0.5 (\cos (2\pi x) + \cos (2\pi y))) \\ + e + 20 \\ x, y \in [-32.768, 32.768]$$



$$f(x, y) = (1.5 - x + xy)^2 + (2.25 - x + xy^2)^2 + (2.625 - x + xy^3)^2$$
$$x, y \in [-4.5, 4.5]$$
$$f(x^* = 3, y^* = 0.5) = 0$$



https://en.wikipedia.org/wiki/Test_functions_for_optimization

- A Survey of Evolution Strategies (1991) by Thomas Bäck , Frank Hoffmeister, Hans-Paul Schwefel.
- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.42.3375>

- Evolution strategies – A comprehensive introduction (2002) by Hans-Georg BeyerHans-Paul Schwefel.
- <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1015059928466>

`gtoscano@cinvestav.mx`