

Unidad 3



Inteligencia artificial: *Differential Evolution*

Dra. Soledad Espezua
sespezua@pucp.edu.pe



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ



Differential Evolution (DE)

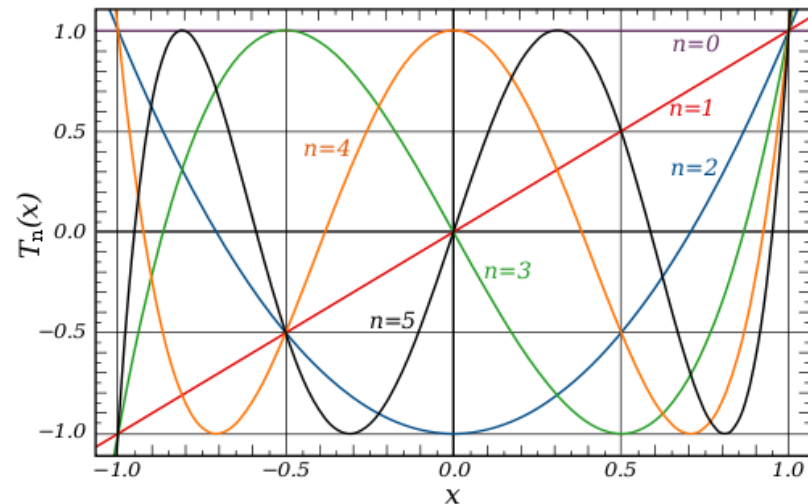
- Fue creado por R. Storn y K. Price en 1995¹, para optimización sobre espacios continuos, en un intento por resolver el problema de ajuste de polinomios de Chebychev.



Rainer Storn ²



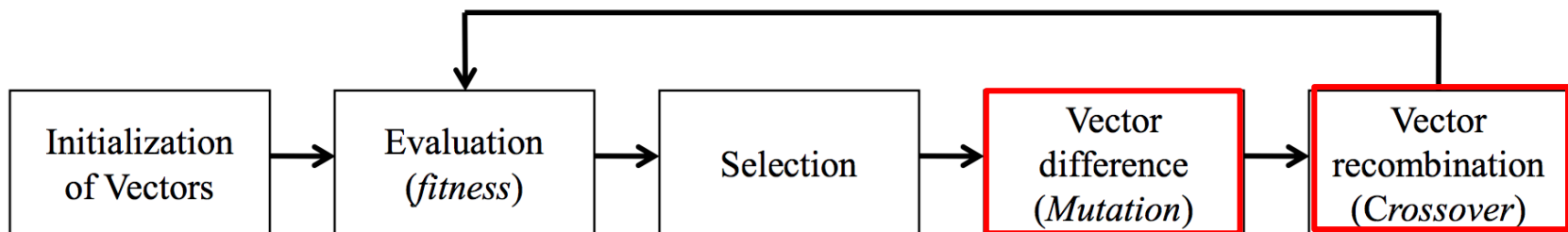
Kenneth Price



1. R. Storn and K. V. Price, "Differential evolution: A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces," ICSI, USA, Technical Report TR-95-012, 1995.
2. R. Storn and K. V. Price. Differential Evolution, A simple and eficiente heuristic of strategy for global optimization over continuous spaces. *Journal of Global Optimization*, 11 (1997) 341-359.

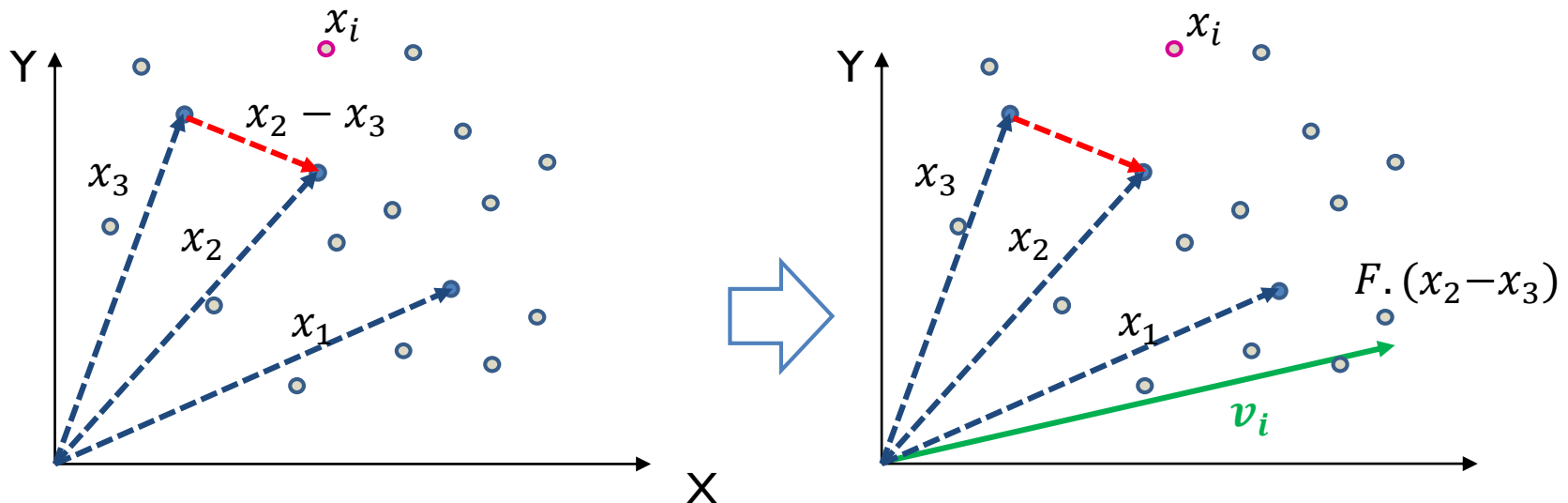
DE - Características

- ▶ Es un modelo evolutivo para resolver problemas de optimización continua.
- ▶ La población es un **conjunto de vectores** de valores reales.
- ▶ Comparte varias similitudes con el ciclo básico de un AG.
 - Después de selección, DE **realiza mutación** y luego **cruzamiento** sobre el vector mutado.



DE - Procedimiento

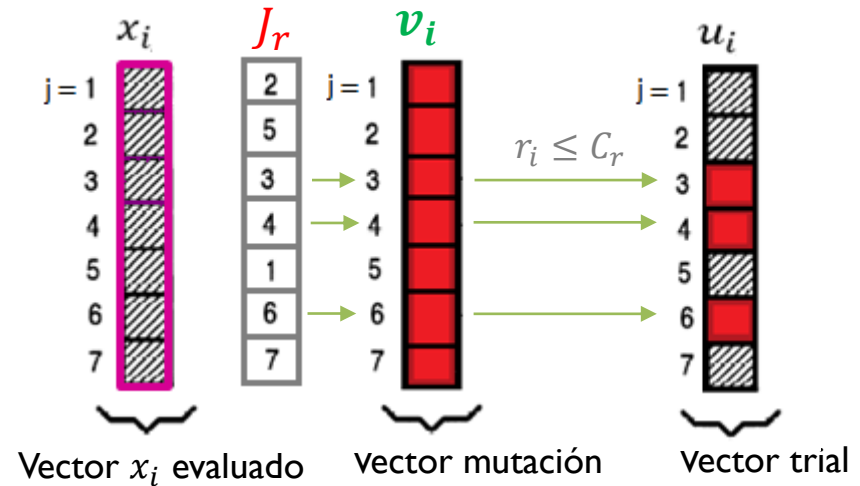
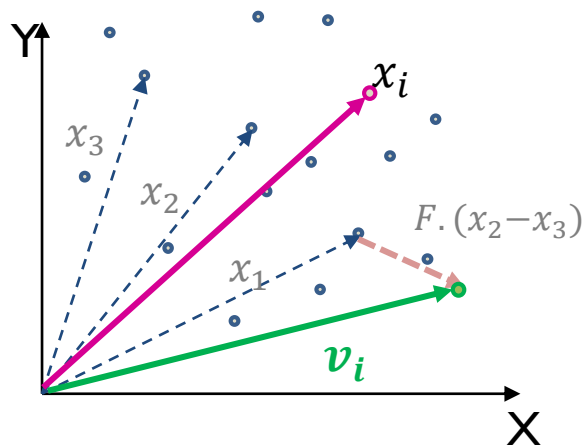
- ▶ **Iniciar una población:** $X_{n \times d} \leftarrow \cup (inf, sup)$
donde cada individuo es un vector $x_i = inf + rand(0,1) \cdot (sup - inf)$,
 $i = [1, \dots, d]$, inf y sup son límites de acotamiento
- ▶ **Evaluar** la población. Por cada x_i , seleccionar aleatoriamente 3 vectores (x_1, x_2, x_3) .
- ▶ **Mutación:** crear un vector v_i (vector mutación): $v_i = x_1 + F \cdot (x_2 - x_3)$ (1)



donde: $F \in [0,2]$ es un factor de amplificación de valor real.

DE - Procedimiento

- **Cruzamiento:** crear un vector u_i (vector trial) para incrementar la diversidad



donde

- $j = [1, \dots, d]$
- d = tamaño del vector
- $J_r \in [1, d]$ (entero) es un índice aleatorio de un vector permutado
- $C_r \in [0.5, 1]$ (real) tasa de cruzamiento
- $r_i \in [0, 1]$ (real) es un número aleatorio

Cruzamiento uniforme

$$u_{ji} = \begin{cases} v_{ji}, & \text{if } r_i \leq C_r \text{ or } j = J_r \\ x_{ji}, & \text{if } r_i > C_r \text{ and } j \neq J_r \end{cases} \quad (2)$$

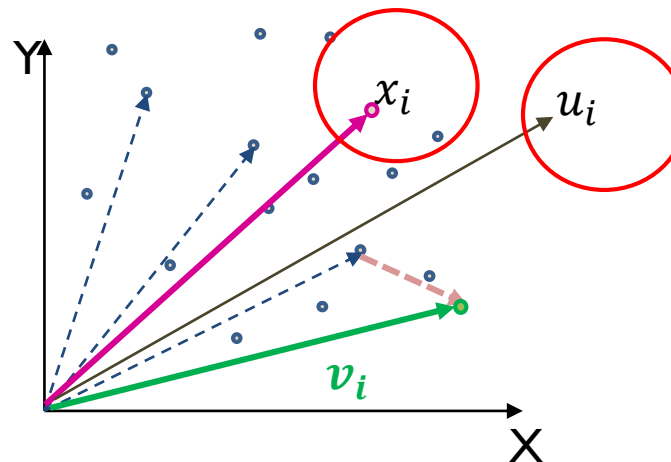
DE - Procedimiento

► Selección

Para decidir si el nuevo vector u_i (vector trial) debe o no convertirse en un miembro de la siguiente generación ($G + 1$), comparar el *fitness* del vector trial (u_i) con el *fitness* del vector evaluado x_i .

If ($u_i.$ fitness $>$ $x_i.$ fitness) (3)

$$x_i \leftarrow u_i$$



DE - Pseudocódigo

Differential Evolution

Initialize the population \mathbf{x} with randomly generated solutions

Set the weight $F \in [0, 2]$ and crossover probability $C_r \in [0, 1]$

while (stopping criterion)

for $i = 1$ to n ,

 For each \mathbf{x}_i , randomly choose 3 distinct vectors \mathbf{x}_1 , \mathbf{x}_2 and \mathbf{x}_3

 Generate a new vector \mathbf{v} by DE scheme (1)

 Generate a random index $J_r \in \{1, 2, \dots, d\}$ by permutation

 Generate a randomly distributed number $r_i \in [0, 1]$

for $j = 1$ to d ,

 For each parameter $\mathbf{v}_{j,i}$ (j th component of \mathbf{v}_i), update

$$\mathbf{u}_{j,i}^{t+1} = \begin{cases} \mathbf{v}_{j,i}^{t+1} & \text{if } r_i \leq C_r \text{ or } j = J_r \\ \mathbf{x}_{j,i}^t & \text{if } r_i > C_r \text{ and } j \neq J_r, \end{cases} \quad (2)$$

end

 Select and update the solution by (3)

end

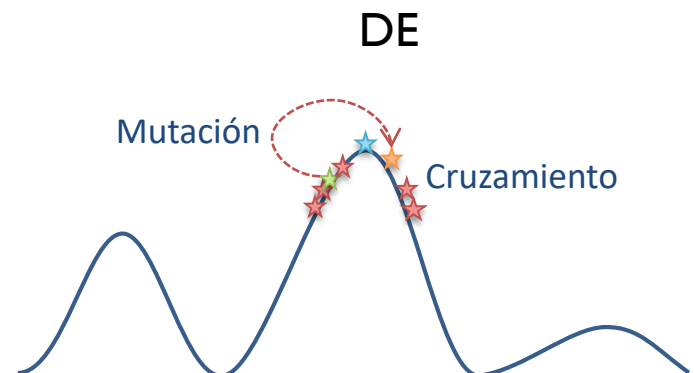
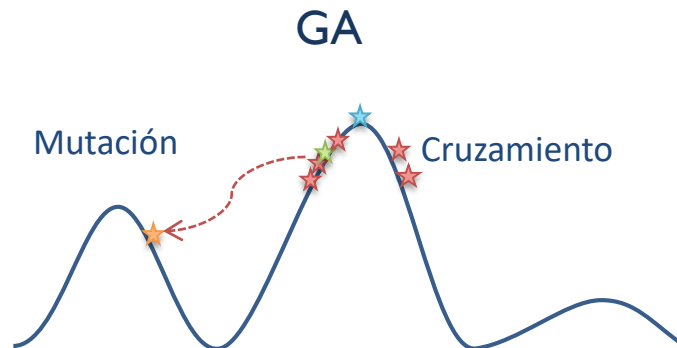
end

Post-process and output the best solution found

DE - Ventajas

- ▶ Usa pocos parámetros de control: F (factor de escalamiento), Cr (Tasa de cruzamiento).
- ▶ Convergencia rápida.
- ▶ DE mantiene la dirección de búsqueda objetivo, sin perder diversidad.

En Alg. Genéticos, para promover la exploración se acostumbra a incrementar el tamaño de la población o la tasa de mutación, lo cual también incrementa la diversidad. Sin embargo, la probabilidad de encontrar la dirección de búsqueda correcta decrece considerablemente.



DE - Aplicaciones

- ▶ DE es uno de los campos más activos en el desarrollo de algoritmos evolutivos para optimización continua.

Control Systems and Robotics	Bioinformatics
<i>System identification</i>	<i>Gene regulatory networks</i>
<i>Optimal control problems</i>	<i>Micro-array data analysis</i>
<i>Controller design and tuning</i>	<i>Protein folding</i>
<i>Aircraft control</i>	<i>Bioprocess optimization</i>
<i>Nonlinear system control</i>	Artificial Neural Networks
<i>Simultaneous localization and modeling problem</i>	<i>Training of feed-forward ANNs</i>
<i>Robot motion planning and navigation</i>	<i>Training of wavelet neural networks</i>
<i>Cartesian robot control</i>	<i>Training of B-Spline neural networks</i>
<i>Multi-sensor data fusion</i>	Chemical Engineering
Pattern Recognition and Image Processing	<i>Chemical process synthesis and design</i>
<i>Data clustering</i>	<i>Phase equilibrium and phase study</i>
<i>Pixel clustering and region based image segmentation</i>	<i>Parameter estimation of chemical process</i>
<i>Feature extraction</i>	
<i>Image registration and</i>	
<i>enhancement</i>	
<i>Image Watermarking</i>	

Bibliografía DE

- ▶ R. Storn, 1997. Differential Evolution, A simple and efficient heuristic of strategy for global optimization over continuous spaces. Journal of Global Optimization, 11 (1997) 341-359.
- ▶ R. Storn and K. V. Price, “Differential evolution: A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces,” ICSI, USA, Technical Report TR-95-012, 1995

Review DE:

- Swagatam Das, Sankha Subhra Mullick, P.N. Suganthan. [Recent advances in differential evolution – An updated survey](#). Swarm and Evolutionary Computation, Volume 27, 2016, Pages 1-30.
- Guohua Wu, Rammohan Mallipeddi, P.N. Suganthan, Rui Wang, Huangke Chen. [Differential evolution with multi-population based ensemble of mutation strategies](#). Information Sciences, Volume 329, 2016, Pages 329-345.