Tasmanian Devil Optimization

Dr. Broderick Crawford Labrín

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Tasmanian Devil Optimization (TDO)

- Fue desarrollada por Mohammad Dehghani y Pavel Trojovský et. al. en el año 2015 [a].
- Es una metaheurística basado en población diseñada para resolver problemas de optimización continuos.
- Sus soluciones (individuos) iniciales se generan aleatoreamente y se van alterando bajo un conjunto de reglas de movimiento con criterios estocásticos.

---

[a] *Tasmanian Devil Optimization: A New Bio-Inspired Optimization Algorithm for Solving Optimization Algorithm*, IEEE (2022)

TDO: Ecuaciones de movimiento

- Ecuaciones de movimientos general

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & \dots & x_{1,j} & \dots & x_{1,m} \\ x_{i,1} & \dots & x_{i,j} & \dots & x_{i,m} \\ x_{N,1} & \dots & x_{N,j} & \dots & x_{N,m} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$F = \begin{bmatrix} F_{(X_1)} \\ F_{(X_i)} \\ F_{(X_N)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

- Donde:
  - X es la poblacion de demonios de tasmania con:
    - X_i es i^{th} candidato
  - F un vector con los valores de la función objetivo

TDO: Ecuaciones de movimiento

- Ecuaciones de movimientos general

$$CP_i = X_k, i = 1, 2, ..., N, k\epsilon 1, 2, ..., N | k \neq i \tag{3}$$

$$X_{i,j}^{new,S2} = \begin{Bmatrix} x_{i,j} + r \cdot (CP_{i,j} - I \cdot x_{i,j}), F_{cpi} < F_i \\ x_{i,j} + r \cdot (x_{i,j} - CP_{i,j}), otherwise \end{Bmatrix} \tag{4}$$

$$X_i = \begin{Bmatrix} X_{i,j}^{new,S2}, F_i^{new,S2} < F_i \\ X_i, otherwise \end{Bmatrix} \tag{5}$$

- Donde:
  - CP_i es el proceso de selección de la carroña y presas
  - $X_{i,j}^{new,S2}$ analiza el valor de la presa
    - r es un numero aleatorio de 0 a 1
    - I elige 1 o 2 aleatoriamente
  - X_i calcula la nueva posición

TDO: Ecuaciones de movimiento

- Ecuaciones de movimientos general

$$R = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{iter}{maxIter}\right) \tag{6}$$

$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + (2r - 1) \cdot R \cdot x_{i,j} \tag{7}$$

$$X_i = \begin{Bmatrix} X_{i,j}^{new}, F_i^{new} < F_i \\ X_i, otherwise \end{Bmatrix} \tag{8}$$

- Donde:
  - R indica el rango en el que el demonio de Tasmania sigue a la presa
  - $X_{i,j}^{new,S2}$ calcula una nueva posición basada en el rango R
  - X_i actualiza la posición del demonio de tasmania

TDO: Pseudocódigo

Algorithm 1 Tasmanian Devil Optimization

Input: Population X={$x_1, x_2, \ldots, x_N$}

Output: Updated population X'={$x'_1, x'_2, \ldots, x'_n$} and Best

```
Initialize random population X
for it = 1 to  MaxIt do
        calulate the fitness of each X
        select Best
        for i=0 to N do
                k = Select a random element from the array after removing the element at index 'i'
                CPi = X[k]
                Xnew = X[i]
                for j=0 to dim do
                        if f(Ci) is better than f(X[i])
                                I = randint(1,2)
                                Xnew[j] = X[i,j] + random() * (Ci[j] - I * X[i,j])
                        else
                                Xnew[j] = X[i,j] + random() * (X[i,j] - Ci[j])
                        if f(Xnew) is better than f(X[i]): X[i] = Xnew
                r = random()
                if r ≥ 0.5
                        R = 0.01 * (1 - (it / maxIter))
                        for j=0 to dim do
                                Xnew[j] = X[i,j] + (2 * random() - 1) * R * Xnew[j]
                        if f(Xnew) is better than f(X[i]): X[i] = Xnew
return updated population X' and Best
```

TDO: Ejemplo prático - parámetros iniciales

Considerando

$$\text{Min z} = x_1^2 + x_2^2$$

Sujeto a

$$x_1, x_2 \in [-100, 100]$$

Configuración inicial de TDO:

- Tamaño de la población: 2 individuos
- Número máximo de iteraciones: 100 iteraciones

TDO: Ejemplo prático - soluciones inciales

Soluciones inciales:
ind 1: [-44.0676, -26.1725] / fitness: 2626.9553
ind 2: [-51.3111, 72.8825] / fitness: 7944.6912

Mejor solución:
ind 1: [-44.0676, -26.1725] / fitness: 2626.9553

TDO: Ejemplo práctico - ind 1 - iter 1

Ecuaciones generales:

$arange = arange(N) = arange(2) = [1, 2]$

$arange = delete(arange, i) = delete(arange, 1) = [2]$

$k = randomChoice(arange) = 2$

$CP_i = X_k = X_2 = [-51{,}3111, 72{,}8825]$

$X^{new} = X_i = X_1 : [-44{,}0676, -26{,}1725]$

TDO: Ejemplo prático - ind 1 - dim 1 - iter 1

$f(CP_i) \geq f(x_1) \rightarrow 7944{,}6912 \geq 2626{,}9553$
$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (x_{i,j} - CP_{i,j})$

$X_{1,1}^{new,S2} = -44{,}0676 + 0{,}6615 \cdot (-44{,}0676 + 51{,}3111) = -39{,}2764$

TDO: Ejemplo prático - ind 1 - dim 2 - iter 1

$f(CP_i) \geq f(x_1) \rightarrow 7944{,}6912 \geq 2626{,}9553$
$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (x_{i,j} - CP_{i,j})$

$X_{1,1}^{new,S2} = -26{,}1725 + 0{,}4113 \cdot (-26{,}1725 - 72{,}8825) = -66{,}9113$

TDO: Ejemplo práctico - ind 1 - iter 1

X_1 =[-44.0676, -26.1725]$\rightarrow F_{X_1} = 2626{,}9553$
X^{new} =[-39.2764, -66.9113]$\rightarrow F_{X^{new}} = 6019{,}7616$
$F_{X^{new}} \geq F_{X_1}$
$6019{,}7616 \geq 2626{,}9553 \rightarrow X_1$ se mantiene
$r = random() = 0{,}9863$

Entra al segundo "for"
$r \geq 0{,}5 \rightarrow 0{,}9863 \geq 0{,}5$
$R = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{iter}{maxIter}\right) = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{1}{100}\right) = 0{,}0099$

$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + (2r - 1) \cdot R \cdot x_{i,j}$$

$$X_{1,1}^{new,S2} = -44{,}0676 + (2 \cdot 0{,}9922 - 1) \cdot 0{,}0099 \cdot -39{,}2764 = -44{,}4504$$

TDO: Ejemplo prático - ind 1 - dim 2 - iter 1

$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + (2r - 1) \cdot R \cdot x_{i,j}$$

$$X_{1,2}^{new,S2} = -26{,}1725 + (2 \cdot 0{,}4993 - 1) \cdot 0{,}0099 \cdot -66{,}9113 = -26{,}1716$$

TDO: Ejemplo práctico - ind 1 - iter 1

X_1 =[-44.0676, -26.1725]$\rightarrow F_{X_1} = 2626{,}9553$
X^{new} =[-44.4504, -26.1716]$\rightarrow F_{X^{new}} = 2660{,}7919$
$F_{X^{new}} \geq F_{X_1}$
$2660{,}7919 \geq 2626{,}9553 \rightarrow X_1$ se mantiene

TDO: Ejemplo práctico - ind 2 - iter 1

Ecuaciones generales:

$arange = arange(N) = arange(2) = [12]$

$arange = delete(arange, i) = delete(arange, 1) = [1]$

$k = randomChoice(arange) = 1$

$CP_i = X_k = X_1 =$[-44.0676, -26.1725]

$X^{new} = X_i = X_2$:[-51.3111, 72.8825]

TDO: Ejemplo prático - ind 2 - dim 1 - iter 1

$f(CP_i) < f(x_2) \rightarrow 2626{,}9553 < 7944{,}6912$
$I = randint(1, 2) = 1$
$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (CP_{i,j} - I \cdot x_{i,j})$

$$X_{2,1}^{new,S2} = -51{,}3111 + 0{,}5949 \cdot (-44{,}0676 - 1 \cdot -51{,}3111) = -47{,}0023$$

$$f(CP_i) < f(x_2) \rightarrow 2626{,}9553 < 7944{,}6912$$
$$I = randint(1, 2) = 2$$
$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (CP_{i,j} - I \cdot x_{i,j})$$

$$X_{2,2}^{new,S2} = 72{,}8825 + 0{,}9342 \cdot (-26{,}1725 - 2 \cdot 72{,}8825) = -87{,}7491$$

TDO: Ejemplo práctico - ind 2 - iter 1

X_2 =[-51.3111, 72.8825]$\rightarrow F_{X_2} = 7944{,}6912$
X^{new} =[-47.0023, -87.7491]$\rightarrow F_{X^{new}} = 9909{,}1099$
$F_{X^{new}} \geq F_{X_1}$
$9909{,}1099 \geq 7944{,}6912 \rightarrow X_2$ se mantiene
$r = random() = 0{,}0395$

TDO: Ejemplo prático - validación restricciones

Restricción: $x_1, x_2 \in [-100, 100]$

Soliciones obtenidas en la iteración 1:
ind 1: [-44.0676, -26.1725], infactibles: 0
ind 2: [-51.3111, 72.8825], infactibles: 0

Reparación de soluciones:
ind 1: [-44.0676, -26.1725] / fitness: 2626.9553
ind 2: [-51.3111, 72.8825] / fitness: 7944.6912

Mejor solución:
ind 1: [-44.0676, -26.1725] / fitness: 2626.9553

TDO: Ejemplo práctico - ind 1 - iter 2

Ecuaciones generales:

$arange = arange(N) = arange(2) = [1, 2]$

$arange = delete(arange, i) = delete(arange, 1) = [2]$

$k = randomChoice(arange) = 2$

$CP_i = X_k = X_2 =$[-51.3111, 72.8825]

$X^{new} = X_i = X_1$:[-44.0676, -26.1725]

TDO: Ejemplo prático - ind 1 - dim 1 - iter 2

$$f(CP_i) \geq f(x_1) \rightarrow 7944{,}6912 \geq 2626{,}9553$$
$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (x_{i,j} - CP_{i,j})$$

$$X_{1,1}^{new,S2} = -44{,}0676 + 0{,}9411 \cdot (-44{,}0676 + 51{,}3111) = -37{,}2511$$

TDO: Ejemplo prático - ind 1 - dim 2 - iter 2

$$f(CP_i) \geq f(x_1) \rightarrow 7944{,}6912 \geq 2626{,}9553$$
$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (x_{i,j} - CP_{i,j})$$

$$X_{1,2}^{new,S2} = -26{,}1725 + 0{,}1789 \cdot (-26{,}1725 - 72{,}8825) = -43{,}8913$$

TDO: Ejemplo práctico - ind 1 - iter 2

X_1 =[-44.0676, -26.1725]$\rightarrow F_{X_1} = 2626{,}9553$
X^{new} =[-37.2511, -43.8913]$\rightarrow F_{X^{new}} = 3314{,}0885$
$F_{X^{new}} \geq F_{X_1}$
$3314{,}0885 \geq 2626{,}9553 \rightarrow X_1$ se mantiene
$r = random() = 0{,}3724$

TDO: Ejemplo práctico - ind 2 - iter 2

Ecuaciones generales:
$arange = arange(N) = arange(2) = [1, 2]$
$arange = delete(arange, i) = delete(arange, 1) = [1]$
$k = randomChoice(arange) = 1$
$CP_2 = X_k = X_1 =$[-44.0676, -26.1725]
$X^{new} = X_2 = X_2$:[-51.3111, 72.8825]

Entra al segundo "for"
$r \geq 0{,}5 \rightarrow 0{,}7013 \geq 0{,}5$
$R = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{iter}{maxIter}\right) = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 0{,}0098$

TDO: Ejemplo prático - ind 2 - dim 1 - iter 2

$f(CP_i) < f(x_2) \rightarrow 2626{,}9553 < 7944{,}6912$
$I = randint(1,2) = 1$
$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (CP_{i,j} - I \cdot x_{i,j})$

$X_{2,2}^{new,S2} = -51{,}3111 + 0{,}0811 \cdot (-44{,}0676 - 1 \cdot -51{,}3111) = -50{,}7240$

TDO: Ejemplo prático - ind 2 - dim 2 - iter 2

$f(CP_i) < f(x_2) \rightarrow 2626{,}9553 < 7944{,}6912$
$I = randint(1,2) = 1$
$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (CP_{i,j} - I \cdot x_{i,j})$

$X_{2,2}^{new,S2} = 72{,}8825 + 0{,}6265 \cdot (-26{,}1725 - 1 \cdot 72{,}8825) = 10{,}8277$

TDO: Ejemplo práctico - ind 2 - iter 2

X_2 =[-51.3111, 72.8825]$\rightarrow F_{X_2} = 7944{,}6912$
X^{new} =[-50.724, 10.8277]$\rightarrow F_{X^{new}} = 2690{,}1593$
$F_{X^{new}} \geq F_{X_1}$
$2690{,}1593 \geq 7944{,}6912 \rightarrow X_2 = X^{new}$
$r = random() = 0{,}7012$

Entra al segundo "for"
$r \geq 0{,}5 \rightarrow 0{,}7013 \geq 0{,}5$
$R = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{iter}{maxIter}\right) = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 0{,}0098$

TDO: Ejemplo prático - ind 2 - dim 1 - iter 2

$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + (2r - 1) \cdot R \cdot x_{i,j}$$

$$X_{2,1}^{new,S2} = -50{,}7240 + (2 \cdot 0{,}1083 - 1) \cdot 0{,}0098 \cdot -50{,}7240 = -50{,}3345$$

TDO: Ejemplo prático - ind 2 - dim 2 - iter 2

$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + (2r - 1) \cdot R \cdot x_{i,j}$$

$$X_{2,2}^{new,S2} = 10{,}8277 + (2 \cdot 0{,}3406 - 1) \cdot 0{,}0098 \cdot 10{,}8277 = 10{,}7939$$

TDO: Ejemplo práctico - ind 2 - iter 2

X_2 =[-50.724, 10.8277]$\rightarrow F_{X_2} = 7944{,}6912$
X^{new} =[-50.3345, 10.7939]$\rightarrow F_{X^{new}} = 2650{,}0722$
$F_{X^{new}} \geq F_{X_2}$
$2650{,}0722 < 7944{,}6912 \rightarrow X_2 = X^{new}$

TDO: Ejemplo prático - validación restricciones

Restricción: $x_1, x_2 \in [-100, 100]$

Soliciones obtenidas en la iteración 2:
ind 1: [-44.0676, -26.1725], infactibles: 0
ind 2: [-50.3345, 10.7939], infactibles: 0

Reparación de soluciones:
ind 1: [-44.0676, -26.1725] / fitness: 2626.9553
ind 2: [-50.3345, 10.7939] / fitness: 2650.0722

Mejor solución:
ind 1: [-44.0676, -26.1725] / fitness: 2626.9553

TDO: Ejemplo práctico - ind 1 - iter 100

Ecuaciones generales:
$arange = arange(N) = arange(2) = [12]$
$arange = delete(arange, i) = delete(arange, 1) = [2]$
$k = randomChoice(arange) = 2$
$CP_i = X_k = X_2 =$[-9.8719e-16, -2.7150e-15]
$X^{new} = X_i = X_1$:[-9.7995e-16, -4.6953e-15]

TDO: Ejemplo prático - ind - 1 dim 1 - iter 100

$$f(CP_i) < f(x_1) \rightarrow 0{,}0000 < 0{,}0000$$
$$I = randint(1, 2) = 2$$
$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (CP_{i,j} - I \cdot x_{i,j})$$

$$X_{1,1}^{new,S2} = 0{,}0000 + 0{,}2782 \cdot (-0{,}0000 - 2 \cdot -0{,}0000) = 0{,}0000$$

TDO: Ejemplo prático - ind 1 - dim 2 - iter 100

$f(CP_i) < f(x_1) \rightarrow 0{,}0000 < 0{,}0000$
$I = randint(1, 2) = 1$
$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (CP_{i,j} - I \cdot x_{i,j})$

$$X_{1,1}^{new,S2} = 0{,}0000 + 0{,}7843 \cdot (0{,}0000 - 1 \cdot -0{,}0000) = 0{,}0000$$

TDO: Ejemplo prático - ind 1 - iter 100

Aclaración: En la comparación de $F_{X^{new}}$ y F_{X_1} fueron cortados decimales
$X_1 = [-9{,}7995e - 16, -4{,}6953e - 15] \rightarrow F_{X_1} = 0{,}0000$
$X^{new} = [-7{,}0932e - 16, -3{,}1420e - 15] \rightarrow F_{X^{new}} = 0{,}0000$
$F_{X^{new}} \geq F_{X_1}$
$0{,}0000 < 0{,}0000 \rightarrow X_1 = X^{new}$
$r = random() = 0{,}1740$

TDO: Ejemplo práctico - ind 2 - iter 100

Ecuaciones generales:

$arange = arange(N) = arange(2) = [12]$

$arange = delete(arange, i) = delete(arange, 1) = [1]$

$k = randomChoice(arange) = 1$

$CP_i = X_k = X_1 =$[-7.0932e-16, -3.1420e-15]

$X^{new} = X_i = X_2$:[-9.8719e-16, -2.7150e-15]

TDO: Ejemplo prático - ind 2 - dim 1 - iter 100

$$f(CP_i) \geq f(x_1) \rightarrow 0{,}0000 \geq 0{,}0000$$
$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (x_{i,j} - CP_{i,j})$$

$$X_{2,1}^{new,S2} = -0{,}0000 + 0{,}2460 \cdot (-0{,}0000 + 0{,}0000) = -0{,}0000$$

TDO: Ejemplo prático - ind 2 - dim 2 - iter 100

$$f(CP_i) \geq f(x_1) \rightarrow 0{,}0000 \geq 0{,}0000$$
$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + r \cdot (x_{i,j} - CP_{i,j})$$

$$X_{2,1}^{new,S2} = -0{,}0000 + 0{,}9970 \cdot (-0{,}0000 + 0{,}0000) = -0{,}0000$$

TDO: Ejemplo práctico - ind 2 - iter 100

X_2 =[-9.8719e-16, -2.7150e-15]$\rightarrow F_{X_2} = 0{,}0000$
X^{new} =[-39.2764, -66.9113] $\rightarrow F_{X^{new}} = 0{,}0000$
$F_{X^{new}} \geq F_{X_1}$
$0{,}0000 < 0{,}0000 \rightarrow X_2 = X^{new}$
$r = random() = 0{,}5106$

Entra al segundo "for"
$r \geq 0{,}5 \rightarrow 0{,}5107 \geq 0{,}5$
$R = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{iter}{maxIter}\right) = 0,01 \cdot \left(1 - \frac{100}{100}\right) = 0{,}0000$

TDO: Ejemplo prático - ind 2 - dim 1 - iter 100

$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + (2r - 1) \cdot R \cdot x_{i,j}$$

$$X_{2,1}^{new,S2} = -0{,}0000 + (2 \cdot 0{,}1554 - 1) \cdot 0{,}0000 \cdot -0{,}0000 = -0{,}0000$$

$$X_{i,j}^{new,S2} = x_{i,j} + (2r - 1) \cdot R \cdot x_{i,j}$$

$$X_{2,2}^{new,S2} = -0{,}0000 + (2 \cdot 0{,}1674 - 1) \cdot 0{,}0000 \cdot -0{,}0000 = -0{,}0000$$

X_2 =[-1.0555e-15, -2.2892e-15]$\rightarrow F_{X_2} = 0{,}0000$
X^{new} =[-1.0555e-15, -2.2892e-15]$\rightarrow F_{X^{new}} = 0{,}0000$
$F_{X^{new}} < F_{X_1}$
$2660{,}7919 < 2626{,}9553 \rightarrow X_2 = X^{new}$

TDO: Ejemplo prático - validación restricciones

Restricción: $x_1, x_2 \in [-100, 100]$

Soliciones obtenidas en la iteración 100:
ind 1: [-7.0932e-16, -3.1420e-15], infactibles: 0
ind 2: [-1.0555e-15, -2.2892e-15], infactibles: 0

Reparación de soluciones:
ind 1: [-7.0932e-16, -3.1420e-15] / fitness: 0.0000
ind 2: [-1.0555e-15, -2.2892e-15] / fitness: 0.0000

Mejor solución:
ind 2: [-1.0555e-15, -2.2892e-15] / fitness: 0.0000