Honey Badger Algorithm

Dr. Broderick Crawford Labrín

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Honey Badger Algorithm (HBA)

- Fue desarrollada por Kashif Hussain 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] *Honey Badger Algorithm: New metaheuristic algorithm for solving optimization problems*, Elsevier (2021)

HBA: Ecuaciones de movimiento

- Ecuaciones de movimientos general

$$X = \begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & x_{1,3} & \dots & x_{1,D} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & x_{2,3} & \dots & x_{2,D} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & x_{n,3} & \dots & x_{n,D} \end{bmatrix} \tag{1}$$

- Donde:
  - X es la población de soluciones candidatas

HBA: Ecuaciones de movimiento

- Ecuaciones de movimientos general

$$X_i = lb_i + r_1 \cdot (ub_i - lb_i) \tag{2}$$

$$S = (X_{i,j} - X_{i+1,j})^2 \tag{3}$$

$$d_i = Best_j - X_{i,j} \tag{4}$$

$$I_i = r_2 \cdot \frac{S}{4\pi d_i^2} \tag{5}$$

- Donde:
  - r_1 es un número aleatorio entre $0, 1$
    - S representa la locación de la presa
    - d_i representa la distancia desde el badger y la presa
    - r_2 es un número aleatorio entre $0, 1$

HBA: Ecuaciones de movimiento

- Ecuaciones de movimientos general

$$\alpha = C \cdot exp^{\frac{-t}{maxIter}} \tag{6}$$

$$X_{new} = Best_j + F \cdot \beta \cdot I \cdot Best_j + F \cdot r_3 \cdot \alpha \cdot d_i \cdot |cos(2\pi r_4 \cdot [1 - cos(2\pi r_5]| \tag{7}$$

$$F = \begin{Bmatrix} 1 & r_6 \leq 0,5 \\ 1 & \end{Bmatrix} \tag{8}$$

- Donde:
  - en α
    - C es una constante ≥ 1, por defecto $= 2$
  - $Best_j$ es la posición de la presa, que es la mejor posición encontrada hasta el momento
  - r_3 ,r_4 ,r_5 ,r_6 son números aleatorio entre $0, 1$
  - $eq.(6)$ representa la fase de excavación del badger

HBA: Ecuaciones de movimiento

- Ecuaciones de movimientos general

$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i \quad (9)$$

- Donde:
  - $eq8$ representa cuando el badger va hacia la colmena
  - r_7 es un número aleatorio entre $0, 1$

HBA: Pseudocódigo

Algorithm 1 Honey Badger Algorithm

```
Input: Population X={x_1, x_2, ..., x_N}
Output: Updated population X'={x'_1, x'_2, ..., x'_n} and Best
Initialize random honey badger population X; constants C, β, ε
for it = 1 to MaxIt do
    calulate the fitness of each X
    select BestPosition
    Xnew = zeros(N,dim)
    α = C * exp(-it / MaxIter)
    for i=0 to N do
        r, r2, r3, r4, r5, r6, r7 = random()
        if r6 ≤ 0.5: F = 1
        else: F = -1
        for j=0 to dim do
            di = Best[j] - X[i,j]
            if r < 0.5
                if i ≠ N-1: S = (X[i,j] – X[i+1,j])^2
                else: S = (X[i,j] – X[0,j])^2
                I = r2 * S / (4*π*(di+ε)^2)
                Xnew[i,j]=Best[j]+F*β*I*Best[j]+F*r3*α*di*|cos(2*π*r4)*(1-cos(2*π *r5))|
            else
                Xnew[i,j]=Best[j]+F*r7*α *di
        if f(Xnew[i]) is better than f(X[i]), X[i] = Xnew[i]
return updated population X' and Best
```

HBA: 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 HBA:

- Tamaño de la población: 2 individuos
- Número máximo de iteraciones: 100 iteraciones
- $C = 2$
- $\beta = 6$
- $\epsilon = 0{,}00000000000000022204$

HBA: Ejemplo prático - soluciones inciales

Soluciones inciales:
ind 1: [-20.8694, 8.9498] / fitness: 515.6335
ind 2: [67.1736, -40.3308] / fitness: 6138.8748

Mejor solución:
ind 1: [-20.8694, 8.9498] / fitness: 515.633

HBA: Ejemplo práctico - iter 1

Ecuaciones generales de la iteración 1:
$\alpha = C \cdot exp^{\frac{-t}{maxIter}}$

Ecuación general HBA:

$$\alpha = 2 \cdot exp^{\frac{-1}{100}} = 1{,}9800996674983362$$

HBA: Ejemplo prático - ind 1 - iter 1

$r_6 = random() = 0{,}2566$
$r_6 \leq 0{,}5$
$0{,}2566 \leq 0{,}5 \rightarrow F = 1$
$r = random() = 0{,}5102$
$r \geq 0{,}5$
$0{,}5102 \geq 0{,}5$
$r_7 = random() = 0{,}6500$

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

$$d_i = Best_j - X_{i,j}$$
$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i$$

$$d_i = -20{,}8694 + 20{,}8694 = 0{,}0000$$
$$x_{new} = -20{,}8694 + 1 \cdot 0{,}6500 \cdot 1{,}9801 \cdot 0{,}0000 = -20{,}8694$$

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

$$d_i = Best_j - X_{i,j}$$
$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i$$

$$d_i = 8{,}9498 - 8{,}9498 = 0{,}0000$$
$$x_{new} = 8{,}9498 + 1 \cdot 0{,}6500 \cdot 1{,}9801 \cdot 0{,}0000 = 8{,}9498$$

$$X = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 67{,}1736 & -40{,}3308 \end{bmatrix}$$
$$X_{new} = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$
$$ResultX = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 67{,}1736 & -40{,}3308 \end{bmatrix}$$

HBA: Ejemplo prático - ind 2 - iter 1

$r_6 = random() = 0{,}3950$
$r_6 \leq 0{,}5$
$0{,}3950 \leq 0{,}5 \rightarrow F = 1$
$r = random() = 0{,}5911$
$r \geq 0{,}5$
$0{,}5911 \geq 0{,}5$
$r_7 = random() = 0{,}6558$

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

$$d_i = Best_j - X_{i,j}$$
$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i$$

$$d_i = -20{,}8694 - 67{,}1736 = -88{,}0431$$
$$x_{new} = -20{,}8694 + 1 \cdot 0{,}6558 \cdot 1{,}9801 \cdot -88{,}0431 = -135{,}1979$$

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

$$d_i = Best_j - X_{i,j}$$
$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i$$

$$d_i = 8{,}9498 + 40{,}3308 = 49{,}2807$$
$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i = 8{,}9498 + 1 \cdot 0{,}6558 \cdot 1{,}9801 \cdot 49{,}2807 = 72{,}9433$$

$$X = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 67{,}1736 & -40{,}3308 \end{bmatrix}$$
$$X_{new} = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ -135{,}1979 & 72{,}9433 \end{bmatrix}$$
$$ResultX = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 67{,}1736 & -40{,}3308 \end{bmatrix}$$

HBA: Ejemplo prático - validación restricciones

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

Soliciones obtenidas en la iteración 1:
ind 1: [-20.8694, 8.9498], infactibles: 0
ind 2: [67.1736, -40.3308], infactibles: 0

Reparación de soluciones:
ind 1: [-20.8694, 8.9498] / fitness: 515.6335
ind 2: [67.1736, -40.3308] / fitness: 6138.8748

Mejor solución:
ind 1: [-20.8694, 8.9498] / fitness: 515.6335

HBA: Ejemplo práctico - iter 2

Ecuaciones generales de la iteración 2:
$\alpha = C \cdot exp^{\frac{-t}{maxIter}}$

Ecuación general HBA:

$$\alpha = 2 \cdot exp^{\frac{-2}{100}} = 1{,}9603973466135105$$

HBA: Ejemplo prático - ind 1 - iter 2

$r_6 = random() = 0{,}7110$
$r_6 > 0{,}5$
$0{,}7110 > 0{,}5 \rightarrow F = -1$
$r = random() = 0{,}9563$
$r \geq 0{,}5$
$0{,}9563 \geq 0{,}5$
$r_7 = random() = 0{,}2473$

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

$$d_i = Best_j - X_{i,j}$$
$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i$$

$$d_i = -20{,}8694 + 20{,}8694 = 0{,}0000$$
$$x_{new} = -20{,}8694 - 1 \cdot 0{,}2473 \cdot 1{,}9604 \cdot 0{,}0000 = -20{,}8694$$

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

$$d_i = Best_j - X_{i,j}$$
$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i$$

$$d_i = 8{,}9498 - 8{,}9498 = 0{,}0000$$
$$x_{new} = 8{,}9498 - 1 \cdot 0{,}2473 \cdot 1{,}9604 \cdot 0{,}0000 = 8{,}9498$$

$$X = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 67{,}1736 & -40{,}3308 \end{bmatrix}$$
$$X_{new} = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$
$$ResultX = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 67{,}1736 & -40{,}3308 \end{bmatrix}$$

$r_6 = random() = 0{,}7756$
$r_6 > 0{,}5$
$0{,}7756 > 0{,}5 \rightarrow F = -1$
$r = random() = 0{,}1599$
$r < 0{,}5$
$0{,}1599 < 0{,}5$
$r_2 = random() = 0{,}5433$
$r_3 = random() = 0{,}4987$
$r_4 = random() = 0{,}6704$
$r_5 = random() = 0{,}1264$

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

$$d_i = Best_j - X_{i,j}$$
$$r < 0{,}5 \rightarrow 0{,}1599 < 0{,}5$$
$$S = (X_{i,j} - X_{i,j})^2$$
$$I_i = r_2 \cdot \frac{S}{4\pi d_i^2}$$
$$X_{new} = Best_j + F \cdot \beta \cdot I \cdot Best_j + F \cdot r_3 \cdot \alpha \cdot d_i \cdot |cos(2\pi r_4 \cdot [1 - cos(2\pi r_5]|$$

$$d_i = 20{,}8694 - 67{,}1736 = -88{,}0431$$
$$S = (67{,}1736 + 20{,}8694)^2 = 7751{,}5862$$
$$I_i = 0{,}5433 \cdot \frac{7751{,}5862}{4 \cdot \pi \cdot (-88{,}0431 + 2{,}2204e-16)^2} = 0{,}0432$$
$$X_{new_{2,1}} = -20{,}8694 - 1 \cdot 6 \cdot 0{,}0432 \cdot -20{,}8694 - 1 \cdot 0{,}4987 \cdot 1{,}9604 \cdot -88{,}0431 \cdot |cos(2 \cdot \pi \cdot 0{,}6704) \cdot (1 - cos(2 \cdot \pi \cdot 0{,}1264))| = -3{,}1096$$

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

$d_i = Best_j - X_{i,j}$
$r < 0{,}5 \to 0{,}1599 < 0{,}5$
$S = (X_{i,j} - X_{i,j})^2$
$I_i = r_2 \cdot \frac{S}{4\pi d_i^2}$
$X_{new} = Best_j + F \cdot \beta \cdot I \cdot Best_j + F \cdot r_3 \cdot \alpha \cdot d_i \cdot |cos(2\pi r_4 \cdot [1 - cos(2\pi r_5]|$

$d_i = 8{,}9498 + 40{,}3308 = 49{,}2807$
$S = (-40{,}3308 - 8{,}9498)^2 = 2428{,}5851$
$I_i = 0{,}5433 \cdot \frac{2428{,}5851}{4 \cdot \pi \cdot (49{,}2807 + 2{,}2204e-16)^2} = 0{,}0432$
$X_{new_{2,2}} = 8{,}9498 + -1 \cdot 6 \cdot 0{,}0432 \cdot 8{,}9498 + -1 \cdot 0{,}4987 \cdot 1{,}9604 \cdot 49{,}2807 \cdot$
$|cos(2 \cdot \pi \cdot 0{,}6704) \cdot (1 - cos(2 \cdot \pi \cdot 0{,}1264))| = -0{,}2823$

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

$$X = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ 67{,}1736 & -40{,}3308 \end{bmatrix}$$

$$X_{new} = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ -3{,}1096 & -0{,}2823 \end{bmatrix}$$

$$ResultX = \begin{bmatrix} -20{,}8694 & 8{,}9498 \\ -3{,}1096 & -0{,}2823 \end{bmatrix}$$

HBA: Ejemplo prático - validación restricciones

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

Soliciones obtenidas en la iteración 2:
ind 1: [-20.8694, 8.9498], infactibles: 0
ind 2: [-3.1096, -0.2823], infactibles: 0

Reparación de soluciones:
ind 1: [-20.8694, 8.9498] / fitness: 515.6335
ind 2: [-3.1096, -0.2823] / fitness: 9.7492

Mejor solución:
ind 2: [-3.1096, -0.2823] / fitness: 9.7492

HBA: Ejemplo práctico - iter 100

Ecuaciones generales de la iteración 100:
$\alpha = C \cdot exp^{\frac{-t}{maxIter}}$

Ecuación general HBA:

$$\alpha = 2 \cdot exp^{\frac{-2}{100}} = 0{,}7357588823428847$$

HBA: Ejemplo prático - ind 1 - iter 100

$r_6 = random() = 0{,}5026$
$r_6 > 0{,}5$
$0{,}5026 > 0{,}5 \rightarrow F = -1$
$r = random() = 0{,}7659$
$r \geq 0{,}5$
$0{,}7659 \geq 0{,}5$
$r_7 = random() = 0{,}9321$

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

$d_i = Best_j - X_{i,j}$
$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i$

$d_i = -0{,}0001 + 0{,}0002 = 0{,}0000$
$x_{new} = -0{,}0001 - 1 \cdot 0{,}9321 \cdot 0{,}7358 \cdot 0{,}0000 = -0{,}0001$

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

$$d_i = Best_j - X_{i,j}$$
$$x_{new} = Best_j + F \cdot r_7 \cdot \alpha \cdot d_i$$

$$d_i = -0{,}0001 + 0{,}0002 = 0{,}0000$$
$$x_{new} = -0{,}0001 - 1 \cdot 0{,}9321 \cdot 0{,}7358 \cdot 0{,}0000 = -0{,}0001$$

$$X = \begin{bmatrix} -1{,}5335e^{-04} & -7{,}2374e^{-05} \\ -1{,}1270e^{-04} & -5{,}3190e^{-05} \end{bmatrix}$$
$$X_{new} = \begin{bmatrix} -1{,}4058e^{-04} & -6{,}6346e^{-05} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$
$$ResultX = \begin{bmatrix} -1{,}4058e^{-04} & -6{,}6346e^{-05} \\ -1{,}1270e^{-04} & -5{,}3190e^{-05} \end{bmatrix}$$

HBA: Ejemplo prático - ind 2 - iter 100

$r_6 = random() = 0{,}9447$
$r_6 > 0{,}5$
$0{,}9447 > 0{,}5 \rightarrow F = -1$
$r = random() = 0{,}3451$
$r < 0{,}5$
$0{,}3451 < 0{,}5$
$r_2 = random() = 0{,}0150$
$r_3 = random() = 0{,}8024$
$r_4 = random() = 0{,}7061$
$r_5 = random() = 0{,}1733$

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

$d_i = Best_j - X_{i,j}$
$r < 0{,}5 \rightarrow 0{,}3451 < 0{,}5$
$S = (X_{i,j} - X_{i,j})^2$
$I_i = r_2 \cdot \frac{S}{4\pi d_i^2}$
$X_{new} = Best_j + F \cdot \beta \cdot I \cdot Best_j + F \cdot r_3 \cdot \alpha \cdot d_i \cdot |cos(2\pi r_4 \cdot [1 - cos(2\pi r_5]|$

$d_i = -0{,}0001 + 0{,}0001 = 0{,}0000$
$S = (-0{,}0001 + 0{,}0001)^2 = 0{,}0000$
$I_2 = 0{,}0150 \cdot \frac{0{,}0000}{4 \cdot \pi \cdot (0{,}0000 + 2{,}2204e-16)^2} = 188581691096022179840{,}0000$
$X_{new_{2,1}} = -0{,}0001 + -1 \cdot 6 \cdot 188581691096022179840{,}0000 \cdot -0{,}0001 - 1 \cdot 0{,}8024 \cdot 0{,}7358 \cdot 0{,}0000 \cdot |cos(2 \cdot \pi \cdot 0{,}7061) \cdot (1 - cos(2 \cdot \pi \cdot 0{,}1733))| = 127522888243253980{,}0000$

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

$d_i = Best_j - X_{i,j}$
$r < 0{,}5 \rightarrow 0{,}3451 < 0{,}5$
$S = (X_{i,j} - X_{i,j})^2$
$I_i = r_2 \cdot \frac{S}{4\pi d_i^2}$
$X_{new} = Best_j + F \cdot \beta \cdot I \cdot Best_j + F \cdot r_3 \cdot \alpha \cdot d_i \cdot |cos(2\pi r_4 \cdot [1 - cos(2\pi r_5]|$

$d_i = -0{,}0001 + 0{,}0001 = 0{,}0000$
$S = (-0{,}0001 + 0{,}0001)^2 = 0{,}0000$
$I_2 = 0{,}0150 \cdot \frac{0{,}0000}{4 \cdot \pi \cdot (0{,}0000 + 2{,}2204e-16)^2} = 42004171353102807 04{,}0000$
$X_{new_{2,2}} = -0{,}0001 + -1 \cdot 6 \cdot 4200417135310280704{,}0000 \cdot -0{,}0001 - 1 \cdot 0{,}8024 \cdot 0{,}7358 \cdot 0{,}0000 \cdot |cos(2 \cdot \pi \cdot 0{,}7061) \cdot (1 - cos(2 \cdot \pi \cdot 0{,}1733))| = 1340532921073183{,}7500$

$$X = \begin{bmatrix} -1{,}4058e^{-04} & -6{,}6346e^{-05} \\ -1{,}1270e^{-04} & -5{,}3190e^{-05} \end{bmatrix}$$

$$X_{new} = \begin{bmatrix} -1{,}4058e^{-04} & -6{,}6346e^{-05} \\ 1{,}2752e^{16} & 1{,}3405e^{15} \end{bmatrix}$$

$$ResultX = \begin{bmatrix} -1{,}4058e^{-04} & -6{,}6346e^{-05} \\ -1{,}1270e^{-04} & -5{,}3190e^{-05} \end{bmatrix}$$

HBA: Ejemplo prático - validación restricciones

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

Soliciones obtenidas en la iteración 100:
ind 1: [-1.4058e-04, -6.6346e-05], infactibles: 0
ind 2: [-1.127e-04, -5.319e-05], infactibles: 0

Reparación de soluciones:
ind 1: [-1.4058e-04, -6.6346e-05] / fitness: 0.0000
ind 2: [-1.127e-04, -5.319e-05] / fitness: 0.0000

Mejor solución:
ind 2: [-1.127e-04, -5.319e-05] / fitness: 0.0000