

Forest Optimization Algorithm

Larraondo Lamchog, Alejandro

Universidad Nacional de San Agustín

Julio 2019

1 Árboles y Bosques

- Dispersión de Semillas
- Mortalidad de los árboles

2 Forest Optimization Algorithm (FOA)

- Explicación del algoritmo
- Inicialización de Arboles
- Local Seeding
- Límite de la población
- Global Seeding
- Actualizando el mejor global

3 Ejemplo

- Gráfica
- Desarrollo

1 Árboles y Bosques

- Dispersión de Semillas
- Mortalidad de los árboles

2 Forest Optimization Algorithm (FOA)

- Explicación del algoritmo
- Inicialización de Árboles
- Local Seeding
- Límite de la población
- Global Seeding
- Actualizando el mejor global

3 Ejemplo

- Gráfica
- Desarrollo

Árboles y Bosques

Bosques

Los árboles

Usan diferentes maneras de sobrevivir y continuar sus generaciones por millones de años.

Por regla de la naturaleza

Después de algunos años la mayoría de los árboles se consideran muertos y el envejecimiento es inevitable.

Árboles

Los mejores árboles

Sobreviven por mucho tiempo porque están en hábitats geográficas adecuadas y también tienen las mejores condiciones de crecimiento.

Se infiere que

Distintas especies de plantas dispersan sus semillas para colocar los propágulos en sitios seguros donde pueden crecer y sobrevivir.

Árboles



Figura: Foto por: zlikovec/iStock

Árboles



Figura: Foto por: daily.jstor.org

Dispersión de Semillas

En algunos bosques

Todas las especies se agrupan o se dispersan al azar; donde el modo de dispersión afecta el agrupamiento de los árboles. Diferentes procedimientos naturales distribuyen las semillas de todos los árboles en todo el bosque.

Dispersión de Semillas

Local Seeding

Cuando comienza el proceso de siembra, algunas semillas caen cerca de los árboles y comienzan a brotar. Este procedimiento se denomina dispersión local de semillas ¹ .

Global Seeding

La interferencia de los animales y otros procesos naturales llevan las semillas a lugares lejanos. De esta manera, el territorio de varios árboles se expande en todo el bosque. Este procedimiento se denomina dispersión de semillas a larga distancia.² .

¹Del ingles, local seed dispersal

²Del ingles, long-distance seed dispersal

Dispersión de Semillas

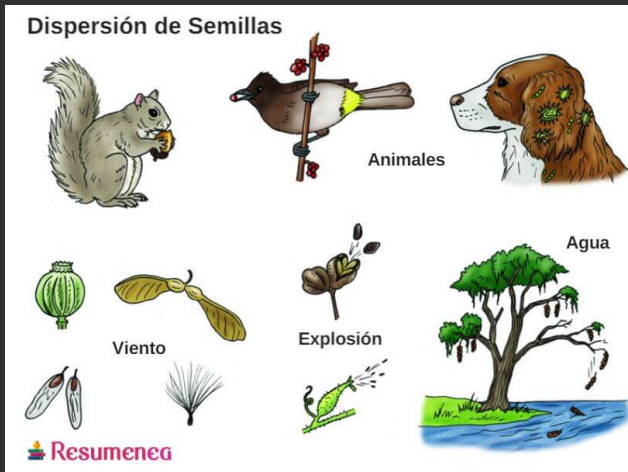


Figura: Dispersión de semillas a larga distancia

Dispersión de Semillas

Las semillas

Después de caer en la tierra, comienzan a brotar y pronto se convierten en árboles jóvenes. Pero no todas las semillas tienen la oportunidad de crecer y convertirse en un árbol en el bosque. Esto puede suceder debido a muchas razones.

Mortalidad de los árboles

Factores que afectan la muerte de árboles

- Biótico (evidencia de patógenos o insectos que matan árboles),
- Supresión
- Mecánica (evidencia de aplastamiento, chasquido o arrancamiento).

Supresión

Muy importante debido a ña regla de la “supervivencia del mejor de ajuste” o competencia.

Mortalidad de los árboles

Se ve en la naturaleza que

- A medida que aumenta la densidad local, también aumenta la mortalidad debida a la competencia.
- La competencia por recursos limitados eliminará a los vecinos cercanos.

Mortalidad de los árboles

Importancia de dispersión a larga distancia

Debido a que la mayoría de las semillas se mueven distancias cortas, con la dispersión a larga distancia, los árboles pueden colonizar hábitats vacíos y adecuados lejanos.

Limitaciones de semillas

Aunque la mayoría de las semillas que se llevan a lugares mejores tienen una buena probabilidad de supervivencia, se deben considerar algunas limitaciones en cuanto al número de semillas completas que pueden crecer incluso durante algunos años.

1 Árboles y Bosques

- Dispersión de Semillas
- Mortalidad de los árboles

2 Forest Optimization Algorithm (FOA)

- Explicación del algoritmo
- Inicialización de Arboles
- Local Seeding
- Límite de la población
- Global Seeding
- Actualizando el mejor global

3 Ejemplo

- Gráfica
- Desarrollo

Forest Optimization Algorithm (FOA)

FOA

Fases principales

- Local Seeding
- Limite de población
- Global Seeding

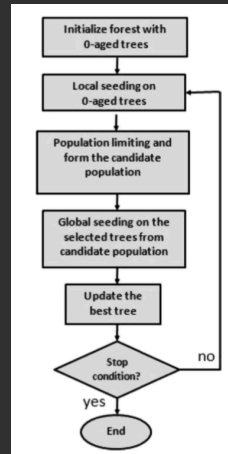


Figura: Diagrama de flujo de FOA

Forest Optimization Algorithm (FOA)

Explicación del algoritmo

Explicación del algoritmo

Inicialización de árboles

- Cada árbol representa una solución potencial.
- Cada árbol tiene una edad inicial de 0.

Local Seeding

- Sirve para eliminar el óptimo local.
- Se añaden al bosque nuevos arboles generados a partir de los árboles con edad 0.
- Todos los árboles (excepto los nuevos) del bosque envejecen.

Explicación del algoritmo

Límite de población

- Se omiten árboles (diferentes condiciones).
- Los árboles omitidos son añadidos a la población de **candidatos**.

Global Seeding

- Se elige un porcentaje de árboles de la población de **candidatos**.
- A partir de los elegidos se crean nuevas soluciones (para evitar el óptimo local) y se añaden al bosque.

Explicación del algoritmo

Actualización del mejor global

- Se ordenan los árboles de acuerdo a su fitness.
- Al mejor árbol se le reinicia su edad a 0 (para evitar se eliminado del bosque)

Criterio de detención

- Se repiten las fases hasta que se satisfaga un criterio de detención.

Explicación del algoritmo

Algorithm FOA (life time, LSC, GSC, transfer rate, area limit)

Input: life time, LSC, GSC, transfer rate, area limit

Output: near optimal solution for objective function $f(x)$

1. Initialize forest with random trees
 - 1.1 Each tree is a $(D+1)$ -dimensional vector x_i , $x_i = (\text{age}, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$ for a D -dimensional problem
 - 1.2 The "age" of each tree is initially zero
2. While stop condition is not satisfied do
 - 2.1 Perform local seeding on trees with age 0
 - For $i=1$: "LSC"
 - Randomly choose a variable of the selected tree
 - add a small amount dx , $dx \in [-\Delta x, \Delta x]$ to the randomly selected variable
 - Increase the age of all trees by 1 except for new generated trees in this stage
 - 2.2 Population limiting
 - Remove the trees with age bigger than "life time" parameter and add them to the candidate population
 - Sort trees according to their fitness value
 - Remove the extra trees that exceed the "area limit" parameter from the end of forest and add them to the candidate population
 - 2.3 Global seeding
 - Choose "transfer rate" percent of the candidate population
 - For each selected tree
 - Choose "GSC" variables of the selected tree randomly
 - Change the value of each variable with other randomly generated value in the variable's range and add a new tree with age 0 to the forest
 - 2.4 Update the best so far tree
 - Sort trees according to their fitness value
 - Set the age of the best tree to 0
3. Return the best tree as the result

Figura: Pseudocódigo de FOA

Forest Optimization Algorithm (FOA)

Iniciación de Árboles

Inicialización de Árboles

Un árbol está compuesto de:

- Edad inicial en 0.
- Soluciones aleatorias dentro del rango de función.

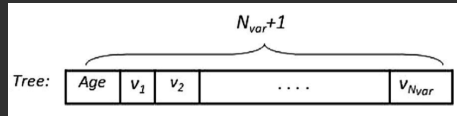


Figura: Una solución FOA

Forest Optimization Algorithm (FOA)

Local Seeding

Local Seeding

Se aplica sobre los árboles dentro del bosque que tienen edad 0.

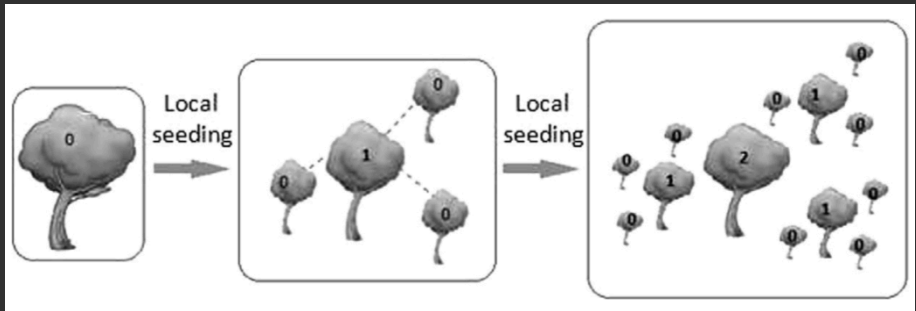


Figura: Ejemplo de local seeding en un árbol por 2 iteraciones

Local Seeding

Local Seeding Changes (LSC)

- Es el número de semillas que caen en la tierra cerca de los árboles y luego se convierten en árboles como vecinos.
- Representa la cantidad de árboles que se crearán.

Local Seeding

Para cada árbol a de edad 0:

Por LSC veces:

- Se crea una copia h de a .
- Se selecciona una dimensión aleatoria d de h .
- A d se le adiciona un valor aleatorio r' en el rango de $[-\Delta x, \Delta x]^a$.
- Se añade h al bosque.

^aSe trunca al superar el límite

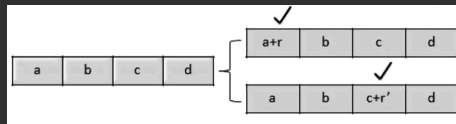


Figura: Ejemplo de local seeding con $LSC = 2$ y dimensión 4



Figura: Ejemplo numérico de local seeding con $LSC = 1$, dimensión 4, $r' = 0.4$

Local Seeding

Todos los árboles envejecen

- Excepto los nuevos árboles.
- Se incrementa en 1 la edad de cada árbol.

Local Seeding

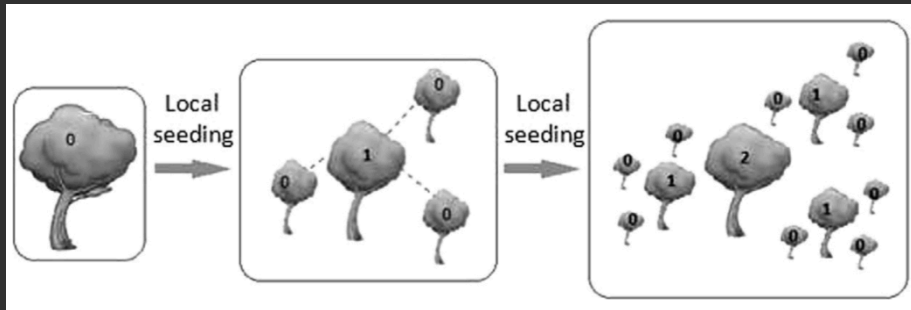


Figura: Ejemplo de local seeding en un árbol con $LSC = 3$ por 2 iteraciones

Forest Optimization Algorithm (FOA)

Límite de la población

Límite de la población

Para evitar el crecimiento infinito de la población se utilizan dos filtros.

life time (tiempo de vida)

- Los árboles que superan el tiempo de vida son eliminados del bosque.
- Los árboles eliminados son añadidos a la **población candidata**.

area limit (límite de área)

- Se ordenan los árboles de acuerdo a su fitness.
- Se mantienen los árboles dentro del límite de área.
- Los árboles extra son añadidos a la **población candidata**.

Forest Optimization Algorithm (FOA)

Global Seeding

Global Seeding

transfer rate (ratio de transferencia)

- Se eligen *transfer rate* árboles de la población de candidatos aleatoriamente.

Global Seeding Changes (GSC)

- Cantidad de dimensiones aleatorias que se modificarán.

Global Seeding

Para cada árbol c candidato seleccionado:

- Se crea una copia h de c .

Por GSC veces:

- Se selecciona una dimensión aleatoria d de c .
- d se reemplaza por un valor aleatorio r' en el rango de la función
- Se añade h al bosque.

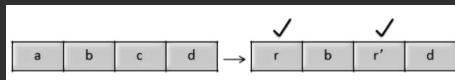


Figura: Ejemplo de global seeding en un árbol de dimensión 4

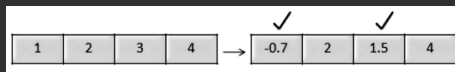


Figura: Ejemplo numérico de global seeding con $GSC = 2$, dimensión 4

Forest Optimization Algorithm (FOA)

Actualizando el mejor global

Actualizando el mejor global

Se ordenan los árboles de acuerdo al fitness

- El árbol de mejor fitness se establece como el mejor global.
- La edad del mejor global se establecerá en 0 para evitar el envejecimiento.
- Es posible que el mejor árbol optimice localmente su ubicación en la etapa de local seeding.

FOA

Algorithm FOA (life time, LSC, GSC, transfer rate, area limit)

Input: life time, LSC, GSC, transfer rate, area limit

Output: near optimal solution for objective function $f(x)$

1. Initialize forest with random trees
 - 1.1 Each tree is a $(D+1)$ -dimensional vector x_i , $x_i = (\text{age}, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$ for a D -dimensional problem
 - 1.2 The "age" of each tree is initially zero
2. While stop condition is not satisfied do
 - 2.1 Perform local seeding on trees with age 0
 - For $i=1$: "LSC"
 - Randomly choose a variable of the selected tree
 - add a small amount dx , $-dx \in [-\Delta x, \Delta x]$ to the randomly selected variable
 - Increase the age of all trees by 1 except for new generated trees in this stage
 - 2.2 Population limiting
 - Remove the trees with age bigger than "life time" parameter and add them to the candidate population
 - Sort trees according to their fitness value
 - Remove the extra trees that exceed the "area limit" parameter from the end of forest and add them to the candidate population
 - 2.3 Global seeding
 - Choose "transfer rate" percent of the candidate population
 - For each selected tree
 - Choose "GSC" variables of the selected tree randomly
 - Change the value of each variable with other randomly generated value in the variable's range and add a new tree with age 0 to the forest
 - 2.4 Update the best so far tree
 - Sort trees according to their fitness value
 - Set the age of the best tree to 0
3. Return the best tree as the result

Figura: Pseudocódigo de FOA

1 Árboles y Bosques

- Dispersión de Semillas
- Mortalidad de los árboles

2 Forest Optimization Algorithm (FOA)

- Explicación del algoritmo
- Inicialización de Arboles
- Local Seeding
- Límite de la población
- Global Seeding
- Actualizando el mejor global

3 Ejemplo

- Gráfica
- Desarrollo

Ejemplo

Ejemplo

Minimizar

$$f(x, y) = x \times \sin(4x) + 1.1y \times \sin(2y)$$

$$0 < x, y < 10$$

$$f(9.039, 8.668) = -18.5547$$

Parámetros

$$lifeTime = 4, LSC = 2, GSC = 1$$

$$transferRate = 10, areaLimit = 30, forestSize = 30$$

Gráfica

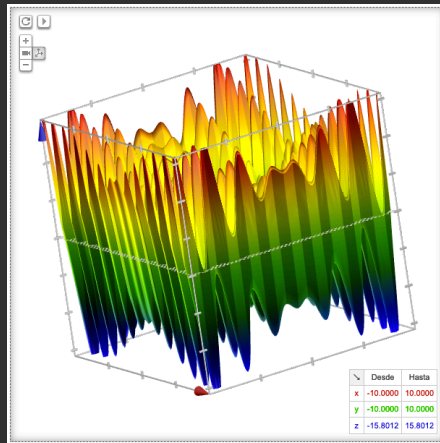


Figura: Gráfica de la función $f(x, y) = x \times \sin(4x) + 1.1y \times \sin(2y)$

Iteración 1 - Población Inicial

#	x1	x2	Fitness	Edad
1	0.31539204625555706	4.932485419258521	-2.0115483969738133	0
2	0.525967071774619	2.830219480300009	-1.3628654430106164	0
3	2.7966454093677484	1.2545201492150848	-1.9299374564834089	0
4	9.155159306271855	2.8986748751441924	-9.556754220551085	0
5	0.9831747469529262	3.3358247135464216	0.6906853266664251	0
6	0.6221142609462904	2.9952890426602083	-0.5723427677074083	0
7	5.917801478345092	6.019905736577247	-9.210423861706097	0
8	4.100817617138448	1.5475040224942416	-2.5478011642610467	0
9	2.663686979396428	4.197021826657453	1.4491886428361065	0
10	4.1835212374782405	0.4062146523693311	-3.2537634622297817	0
11	0.5507126204978285	0.9895046125690565	1.4433421239131146	0
12	9.576903111073506	2.6245802717101485	2.993503216830151	0
13	8.772022453272152	5.290830602576313	-9.767313214002677	0
14	1.8366873572136233	4.130378062402037	5.778115510986352	0
15	6.950229072092014	1.2785554224633366	3.944834039992949	0
16	2.8602607333140364	2.701763656309563	-4.871066527207066	0
17	1.4354855088751206	0.333672902557816	-0.5127866825734722	0
18	2.124610989244352	2.192606883830827	-0.5854647706163845	0
19	8.948173576025422	8.451721395107127	-17.098669291406427	0
20	6.1743928111256015	5.169506275409649	-7.107122697596783	0
21	2.12176756703802	8.035583623652258	-1.4297134282914103	0
22	1.9912203012999563	2.9464792805711246	0.7460694078564292	0
23	0.25641829123515203	6.386050173393296	1.654261412997238	0
24	5.857828503321451	9.953957529929173	3.7350129638762857	0
25	9.66295277098219	4.140885310683814	12.019642221502473	0
26	4.580510958954935	7.231075154851004	5.232067851744818	0
27	9.48866486771793	0.3624829469697699	2.6629026539374063	0
28	2.704181724121393	4.699415735796604	-2.5269367523780146	0
29	7.6747257774261515	6.350455378274546	-4.106402072225716	0
30	7.81520597455453	1.2529239959609983	-0.38895178815898757	0

Iteración 1 - Local Seeding (Creación)

GENERACIÓN 1 DE 20:

Creación de nuevos arboles

```
[0.31539205 4.93248542] => 0.31539204625555706 + -0.27073766966768353 = 0.04465437658787352
[0.31539205 4.93248542] => 4.932485419258521 + 1.2041419377803901 = 6.136627357038911
[0.52596707 2.83021948] => 0.525967071774619 + -0.821856879557577 = -0.29588980778295804
[0.52596707 2.83021948] => 2.830219480300009 + -1.180984352235008 = 1.649235128065001
[2.79664541 1.25452015] => 1.2545201492150848 + 0.10369747377787442 = 1.3582176229929592
[2.79664541 1.25452015] => 1.2545201492150848 + -0.4512203729022177 = 0.8032997763128671
[9.15515931 2.89867488] => 2.8986748751441924 + 0.4039510490277278 = 3.3026259241719202
[9.15515931 2.89867488] => 9.155159306271855 + 0.6620898521916421 = 9.817249158463497
[0.98317475 3.33582471] => 0.9831747469529262 + -0.8613815345356728 = 0.12179321241725338
[0.98317475 3.33582471] => 0.9831747469529262 + -0.15556793774718436 = 0.8276068092057418
[0.62211426 2.99528904] => 2.9952890426602083 + -1.4013688797103931 = 1.5939201629498152
[0.62211426 2.99528904] => 0.6221142609462904 + 0.3468738577389765 = 0.9689881186852669
[5.91780148 6.01990574] => 6.019905736577247 + 0.8089354173314507 = 6.828841153908698
[5.91780148 6.01990574] => 6.019905736577247 + -1.3319102795989552 = 4.687995456978292
[4.10081762 1.54750402] => 1.5475040224942416 + 1.295937051712654 = 2.8434410742068956
[4.10081762 1.54750402] => 1.5475040224942416 + -1.4063952101061643 = 0.14110881238807726
[2.66368698 4.19702183] => 4.197021826657453 + 0.18039312995004098 = 4.377414956607494
[2.66368698 4.19702183] => 4.197021826657453 + 0.592309945606126 = 4.789331772263579
[4.18352124 0.40621465] => 4.1835212374782405 + -0.25860480976434097 = 3.9249164277138995
[4.18352124 0.40621465] => 4.1835212374782405 + -1.2107004176120648 = 2.9728208198661754
[0.55071262 0.98950461] => 0.5507126204978285 + 0.5991735866086838 = 1.1498862071065123
[0.55071262 0.98950461] => 0.9895046125690565 + 0.04212177469164402 = 1.0316263872607006
[9.57690311 2.62458027] => 2.6245802717101485 + 1.4422990834159686 = 4.066879355126117
[9.57690311 2.62458027] => 2.6245802717101485 + -1.1346512891211484 = 1.489928982589
[8.77202245 5.2908306 ] => 8.772022453272152 + -1.450532910038156 = 7.321489543233996
[8.77202245 5.2908306 ] => 5.290830602576313 + -0.0259220014328978 = 5.264908601143415
```

Iteración 1 - Local Seeding (Envejecimiento)

Población (Local Seeding)				
#	x1	x2	Fitness	Edad
1	0.31539204625555706	4.932485419258521	-2.0115483969738133	1
2	0.525967071774619	2.830219480300009	-1.3628654430106164	1
3	2.7966454093677484	1.2545201492150848	-1.9299374564834089	1
4	9.155159306271855	2.8986748751441924	-9.556754220551085	1
5	0.983147469529262	3.3358247135464216	0.6906853266664251	1
6	0.6221142609462904	2.9952890426602083	-0.5723427677074083	1
7	5.917801478345092	6.019905736577247	-9.210423861706097	1
8	4.100817617138448	1.5475040224942416	-2.5478011642610467	1
9	2.663686979396428	4.197021826657453	1.4491886428361065	1
10	4.1835212374782405	0.4062146523693311	-3.2537634622978717	1
11	0.5507126204978205	0.9895046125690565	1.4433421239131146	1
12	9.576903111073506	2.6245802717101485	2.993503216830151	1
13	8.772022453272152	5.290830602576313	-9.767313214002677	1
14	1.8366873572136233	4.130378062402037	5.778115510986352	1
15	6.950229072092014	1.2785554224633366	3.944834039992949	1
80	9.954480674768883	4.140885310683814	12.641256147616534	0
81	4.580510958954935	8.491801772368236	-11.242809006033934	0
82	4.580510958954935	8.05950047582574	-5.848047829079116	0
83	8.501554074675484	0.3624829469697699	4.717495676065761	0
84	9.279548262565106	0.3624829469697699	-4.828141449398344	0
85	2.497903357578051	4.699415735796604	-1.2071753763619473	0
86	1.9842296713517538	4.699415735796604	2.111520890788444	0
87	7.6747257774261515	7.522717302497226	0.04664970065768781	0
88	7.6747257774261515	6.015861127072487	-8.41524376641622	0
89	7.5160873670984305	1.2529239959609983	-6.517855853390275	0
90	7.81520597455453	1.9249880985360488	-2.584956720306733	0

Iteración 1 - Population Limiting

#	x1	x2	Fitness	Edad
1	8.948173576025422	8.451721395107127	-17.098669291406427	1
2	8.948173576025422	9.09933476984843	-14.513451789238287	0
3	7.321489543233996	5.290830602576313	-11.53483263754359	0
4	4.580510958954935	8.491801772368236	-11.242809006033934	0
5	8.772022453272152	5.290830602576313	-9.767313214002677	1
6	8.772022453272152	5.264908601143415	-9.613378001461609	0
7	9.155159306271855	2.8986748751441924	-9.556754220551085	1
8	5.917801478345092	6.019905736577247	-9.210423861706097	1
9	7.6747257774261515	6.015861127072487	-8.41524376641622	0
10	6.1743928111256015	5.169506275409649	-7.107122697596783	1
11	9.155159306271855	3.3026259241719202	-6.917963478871221	0
12	7.5160873670984305	1.2529239959609983	-6.517855853390275	0
13	0.25641829123515203	5.537439291298922	-5.852785105054217	0
14	4.580510958954935	8.05950047582574	-5.848047829079116	0
15	6.1743928111256015	5.005822818641329	-5.652107355216222	0
16	5.917801478345092	4.687995456978292	-5.63102833244982	0
17	6.1743928111256015	4.938413766903928	-4.97576931132236	0
18	2.8602607333140364	2.701763656309563	-4.871066527207066	1
19	9.279548262565106	0.3624829469697699	-4.828141449398344	0
20	4.100817617138448	2.8434410742068956	-4.383596362834443	0
21	1.1498540043534566	8.035583623652258	-4.282815012243615	0
22	7.6747257774261515	6.350455378274546	-4.106402072225716	1
23	1.4439788353447378	8.035583623652258	-3.841765470798535	0
24	2.663686979396428	4.789331772263579	-3.3179825081243415	0
25	4.1835212374782405	0.4062146523693311	-3.2537634622978717	1
26	2.569873731500977	2.9464792805711246	-3.171593301240099	0
27	7.81520597455453	1.9249800985360488	-2.584956720306733	0
28	4.100817617138448	0.14110881238807726	-2.583844795142507	0
29	4.100817617138448	1.5475040224942416	-2.5478011642610467	1
30	2.704181724121393	4.699415735796604	-2.5269367523780146	1

Iteración 1 - Candidatos

#	x1	x2	Edad
1	0.04465437658787352	4.932485419258521	0
2	2.8602607333140364	3.185813756901633	0
3	2.7966454093677484	1.3582176229929592	0
4	0.31539204625555706	4.932485419258521	1
5	2.612498428356251	0.3333672902557816	0
6	2.7966454093677484	1.2545201492150848	1
7	2.7966454093677484	0.8032997763128671	0
8	0.0	2.830219480300009	0
9	3.103343224041725	2.9464792805711246	0
10	0.31539204625555706	6.136627357038911	0
11	0.9689881186852669	2.9952890426602083	0
12	2.9728208198661754	0.4062146523693311	0
13	2.12176756703802	8.035583623652258	1
14	0.525967071774619	2.830219480300009	1
15	2.497903357578051	4.699415735796604	0
16	2.124610989244352	2.287502096676796	0
17	8.948173576025422	7.196034727835012	0
18	1.4354855088751206	0.0	0
19	2.124610989244352	2.192606883830827	1
20	0.6221142609462904	2.9952890426602083	1
21	3.807760238953689	2.701763656309563	0
22	1.4354855088751206	0.3333672902557816	1
23	7.81520597455453	1.2529239959609983	1
24	1.1498862071065123	0.9895046125690565	0
25	7.6747257774261515	7.522717302497226	0

Iteración 1 - Global Seeding (Elegiendo y modificando candidatos)

Seleccionamos 6 elementos (10% del total de candidatos)

Candidatos elegidos

#	x1	x2	Edad
1	0.9831747469529262	3.3358247135464216	1
2	5.857828503321451	10.0	0
3	7.81520597455453	1.2529239959609983	1
4	9.66295277098219	4.140885310683814	1
5	0.6221142609462904	2.9952890426602083	1
6	7.6747257774261515	7.522717302497226	0

Modificación de candidatos elegidos

```
[0.98317475 3.33582471] => 0.9831747469529262 => 5.388059142553086
[ 5.8578285 10.0 ] => 5.857828503321451 => 0.5830405164380614
[7.81520597 1.252924 ] => 1.2529239959609983 => 1.7445899191900949
[9.66295277 4.14088531] => 4.140885310683814 => 5.147422555767937
[0.62211426 2.99528904] => 0.6221142609462904 => 5.441623310386091
[7.67472578 7.5227173 ] => 7.6747257774261515 => 0.6045718581979154
```

Iteración 1 - Global Seeding (Añadiendo al bosque)

```

| 25 | 4.1835212374782405 | 0.4062146523693311 | -3.2537634622978717 | 1 |
| 26 | 2.569873731500977 | 2.9464792805711246 | -3.171593301240099 | 0 |
| 27 | 7.81520597455453 | 1.9249880985360488 | -2.584956720306733 | 0 |
| 28 | 4.100817617138448 | 0.14110881238807726 | -2.583844795142507 | 0 |
| 29 | 4.100817617138448 | 1.5475040224942416 | -2.5478011642610467 | 1 |
| 30 | 2.704181724121393 | 4.699415735796604 | -2.5269367523780146 | 1 |
| 31 | 5.388059142553086 | 3.3358247135464216 | 3.6795337373447854 | 0 |
| 32 | 0.5830405164380614 | 10.0 | 10.464457550917274 | 0 |
| 33 | 7.81520597455453 | 1.7445899191900949 | -1.8609909517749417 | 0 |
| 34 | 9.66295277098219 | 5.147422555767937 | 3.547137205897781 | 0 |
| 35 | 5.441623310386091 | 2.9952890426602083 | 0.2618435042330385 | 0 |
| 36 | 0.6045718581979154 | 7.522717302497226 | 5.490194832330575 | 0 |
+---+-----+-----+-----+-----+

```

Iteración 1 - Actualizando mejor global

```
El mejor ['No existe'] (inf) se actualiza a [8.94817358 8.4517214 ] (-17.098669291406427)  
Reiniciando la edad del mejor.
```

Iteración 19 - Población y Mejor Global

#	x1	x2	Fitness	Edad
1	9.032093830295427	8.690730955624735	-18.541524878376233	1
2	9.132861166598106	8.690730955624735	-17.910183249813272	3
3	9.132861166598106	8.722237175621256	-17.86377570910883	2
4	9.032093830295427	8.8784033308295342	-17.703493445441524	2
5	8.906052599021573	8.464881371604523	-16.548247587224896	1
6	8.906052599021573	8.876770036693756	-16.482634433761934	2
7	9.132861166598106	8.950979262552138	-16.39592050647825	1
8	8.861125483362832	8.690730955624735	-16.378301872010557	1
9	7.5888795637464606	8.670111451709182	-16.140828749712576	2
10	7.5888795637464606	8.690730955624735	-16.131145923362197	3
11	7.419558318831205	8.4469176762136	-15.928176998038584	1
12	7.576841099036079	8.499329219796588	-15.766613085520731	2
13	5.884734802089325	8.708908857569714	-15.370503426184875	3
14	7.302505873804232	8.4469176762136	-14.490291913187708	2
15	5.988335705066742	8.430126660288801	-14.008317519347024	3
16	9.132861166598106	8.181196579322878	-13.878699157604201	0
17	7.576841099036079	8.276430564180723	-13.590682103831083	1
18	8.781849628446592	8.881920922425621	-13.381074825772213	2
19	8.769431293353712	8.4469176762136	-12.970637137881337	1
20	7.5888795637464606	9.086310069108926	-12.882620156121082	1
21	5.646702267771733	8.708908857569714	-12.655439885549733	3
22	4.141843762702989	8.720627535085203	-12.603597693562886	3
23	4.1216241483777765	8.677788117452474	-12.411770344015679	3
24	7.5888795637464606	8.199481544421575	-12.369869307478591	2
25	9.351514413521182	8.708908857569714	-12.188768362061897	3
26	4.1216241483777765	8.555268560079744	-12.172304813740036	2
27	6.131475549315019	8.4469176762136	-12.108332780798223	0
28	8.99803933103947	2.480486675807781	-11.563876905489238	0
29	7.704678962755962	9.086310069108926	-10.593540278506694	0
30	7.829696120249325	8.690730955624735	-10.268828166619185	0
31	8.864337178516697	9.777509803937967	0.03083589237700135	0
32	8.387296475638598	0.04604083518598534	7.099841768932545	0
33	8.68959897721395	7.196064595266538	5.925957081965081	0

El mejor [9.03209383 8.69073096] (-18.541524878376233) se mantiene
 El mejor se encuentra en el bosque, reiniciando edad.

Iteración 20 - Local Seeding (Creación)

```
+++++
```

```
GENERACIÓN 20 DE 20:
```

```
Creación de nuevos arboles
```

```
[9.03209383 8.69073096] => 9.032093830295427 + -0.5558138545294911 = 8.476279975765936
[9.03209383 8.69073096] => 8.690730955624735 + 1.0261445041254973 = 9.716875459750232
[9.13286117 8.18119658] => 8.181196579322878 + -1.1276688365094212 = 7.053527742813456
[9.13286117 8.18119658] => 8.181196579322878 + 0.6626113951634767 = 8.843807974486355
[6.13147555 8.44691768] => 6.131475549315019 + 0.5572312786523685 = 6.688706827967388
[6.13147555 8.44691768] => 8.4469176762136 + -0.8304581401430091 = 7.6164595360705905
[8.99880393 2.48048668] => 2.480486675807781 + -0.6287689112526472 = 1.8517177645551337
[8.99880393 2.48048668] => 8.998803933103947 + 0.4763366109124665 = 9.475140544016414
[7.70467896 9.08631007] => 7.704678962755962 + 1.248914762567189 = 8.953593725323152
[7.70467896 9.08631007] => 9.086310069108926 + -1.1355313605249238 = 7.950778708584002
[7.82969612 8.69073096] => 7.829696120249325 + -0.09995888973138323 = 7.729737230517943
[7.82969612 8.69073096] => 7.829696120249325 + 0.8266914496977029 = 8.656387569947029
[8.86433718 9.7775098 ] => 8.864337178516697 + 0.6880944049542914 = 9.55243158347099
[8.86433718 9.7775098 ] => 8.864337178516697 + -0.23316375158906721 = 8.63117342692763
[8.38729648 0.04604084] => 0.04604083518598534 + 0.4323863797792322 = 0.47842721496521756
[8.38729648 0.04604084] => 8.387296475638598 + 0.007521868831449563 = 8.394818344470048
[8.68959898 7.1960646 ] => 7.196064595266538 + -0.20355405874380628 = 6.992510536522731
[8.68959898 7.1960646 ] => 7.196064595266538 + -1.2312149203263711 = 5.964849674940167
```

```
Incrementando edad a todos los arboles antiguos
```

Iteración 20 - Local Seeding (Envejecimiento)

Población (Local Seeding)				
#	x1	x2	Fitness	Edad
1	9.032093830295427	8.690730955624735	-18.541524878376233	1
2	9.132861166598106	8.690730955624735	-17.910183249813272	4
3	9.132861166598106	8.722237175621256	-17.86377570910883	3
4	9.032093830295427	8.878403308295342	-17.703493445441524	3
5	8.906052599021573	8.464881371604523	-16.548247587224896	2
6	8.906052599021573	8.876770036693756	-16.482634433761934	3
7	9.132861166598106	8.950979262552138	-16.39592050647825	2
8	8.861125483362832	8.690730955624735	-16.378301872010557	2
9	7.5888795637464606	8.670111451709182	-16.140828749712576	3
10	7.5888795637464606	8.690730955624735	-16.131145923362197	4
11	7.419558318831205	8.4469176762136	-15.928176998038584	2
12	7.576841099036079	8.499329219796588	-15.766613085520731	3
13	5.884734802089325	8.708908857569714	-15.370503426184875	4
14	7.302505873804232	8.4469176762136	-14.490291913187708	3
15	5.988335705066742	8.430126660288801	-14.008317519347024	4
34	8.476279975765936	8.690730955624735	-4.363526457153279	0
35	9.032093830295427	9.716875459750232	-3.1370513574225107	0
36	9.132861166598106	7.053527742813456	-0.6453888902460081	0
37	9.132861166598106	8.843807974486355	-17.327105609756217	0
38	6.688706827967388	8.4469176762136	-1.931802435410738	0
39	6.131475549315019	7.6164595360705905	-0.3353396601561034	0
40	8.998803933103947	1.8517177645551337	-10.004358288694593	0
41	9.475140544016414	2.480486675807781	-0.7487787306097131	0
42	8.953593725323152	9.086310069108926	-14.776883714764272	0
43	7.704678962755962	7.950778708584002	-6.01525292093609	0
44	7.729737230517943	8.690730955624735	-13.194745300387488	0
45	8.656387569947029	8.690730955624735	-10.09788039040098	0
46	9.55243158347099	9.777509803937967	11.641972869971729	0
47	8.63117342692763	9.777509803937967	7.256841840739855	0
48	8.387296475638598	0.47842721496521756	7.525349235159845	0
49	8.394818344470048	0.04604083518598534	6.968317953653388	0
50	8.68959897721395	6.992510536522731	5.869084708809122	0
51	8.68959897721395	5.964849674940167	-5.634681559120096	0

Iteración 20 - Population Limiting

#	x1	x2	Fitness	Edad
1	9.032093830295427	8.690730955624735	-18.541524878376233	1
2	9.132861166598106	8.722237175621256	-17.86377570910883	3
3	9.032093830295427	8.878403308295342	-17.703493445441524	3
4	9.132861166598106	8.843807974486355	-17.327105609756217	0
5	8.906052599021573	8.464881371604523	-16.548247587224896	2
6	8.906052599021573	8.876770036693756	-16.482634433761934	3
7	9.132861166598106	8.950979262552138	-16.39592050647825	2
8	8.861125483362832	8.690730955624735	-16.378301872010557	2
9	7.5888795637464606	8.670111451709182	-16.140828749712576	3
10	7.419558318831205	8.4469176762136	-15.928176998038584	2
11	7.576841099036079	8.499329219796588	-15.766613085520731	3
12	8.953593725323152	9.086310069108926	-14.776883714764272	0
13	7.302505873804232	8.4469176762136	-14.490291913187708	3
14	9.132861166598106	8.181196579322878	-13.878699157604201	1
15	7.576841099036079	8.276430564180723	-13.590682103831083	2
16	8.781849628446592	8.881920922425621	-13.381074825772213	3
17	7.729737230517943	8.690730955624735	-13.194745300387488	0
18	8.769431293353712	8.4469176762136	-12.970637137881337	2
19	7.5888795637464606	9.086310069108926	-12.882620156121082	2
20	7.5888795637464606	8.199481544421575	-12.369869307478591	3
21	4.1216241483777765	8.555268560079744	-12.172304813740036	3
22	6.131475549315019	8.4469176762136	-12.108332780798223	1
23	8.998803933103947	2.480486675807781	-11.563876905489238	1
24	7.704678962755962	9.086310069108926	-10.593540278506694	1
25	7.829696120249325	8.690730955624735	-10.268828166619185	1
26	8.656387569947029	8.690730955624735	-10.097880390400098	0
27	8.998803933103947	1.8517177645551337	-10.004358288694593	0
28	7.704678962755962	7.950778708584002	-6.015225292093609	0
29	8.68959897721395	5.964849674940167	-5.634681559120096	0
30	8.476279975765936	8.690730955624735	-4.363526457153279	0

Iteración 20 - Candidatos

Población Candidatos

#	x1	x2	Edad
1	9.132861166598106	8.690730955624735	4
2	7.5888795637464606	8.690730955624735	4
3	5.884734802089325	8.708908857569714	4
4	5.988335705066742	8.430126660288801	4
5	5.646702267771733	8.708908857569714	4
6	4.141843762702909	8.720627535085203	4
7	4.1216241483777765	8.677788117452474	4
8	9.351514413521182	8.708908857569714	4
9	9.032093830295427	9.716875459750232	0
10	6.688706827967388	8.4469176762136	0
11	9.475140544016414	2.480486675807781	0
12	9.132861166598106	7.053527742813456	0
13	8.864337178516697	9.777509803937967	1
14	6.131475549315019	7.6164595360705905	0
15	8.68959897721395	6.992510536522731	0
16	8.68959897721395	7.196064595266538	1
17	8.394818344470048	0.04604083518598534	0
18	8.387296475638598	0.04604083518598534	1
19	8.63117342692763	9.777509803937967	0
20	8.387296475638598	0.47842721496521756	0
21	9.55243158347099	9.777509803937967	0

Iteración 20 - Global Seeding (Elegiendo y modificando candidatos)

Seleccionamos 3 elementos (10% del total de candidatos)

Candidatos elegidos

#	x1	x2	Edad
1	8.68959897721395	7.196064595266538	1
2	8.63117342692763	9.777509803937967	0
3	4.1216241483777765	8.677788117452474	4

Modificación de candidatos elegidos

[8.68959898 7.1960646] => 7.196064595266538 => 9.941024231062986
 [8.63117343 9.7775098] => 8.63117342692763 => 2.365554662054963
 [4.12162415 8.67778812] => 8.677788117452474 => 7.506276661207627

Iteración 20 - Global Seeding (Añadiendo al bosque)

25	7.829696120249325	8.690730955624735	-10.268828166619185	1
26	8.656387569947029	8.690730955624735	-10.09788039040098	0
27	8.998803933103947	1.8517177645551337	-10.004358288694593	0
28	7.704678962755962	7.950778708584002	-6.015225292093609	0
29	8.68959897721395	5.964849674940167	-5.634681559120096	0
30	8.476279975765936	8.690730955624735	-4.363526457153279	0
31	8.68959897721395	9.941024231062986	7.6548532916732395	0
32	2.365554662054963	9.777509803937967	6.885022990832502	0
33	4.1216241483777765	7.506276661207627	2.3958478415532833	0

Iteración 20 - Actualizando mejor global

```
El mejor [9.03209383 8.69073096] (-18.541524878376233) se mantiene  
El mejor se encuentra en el bosque, reiniciando edad.
```

Iteración 20 - Mejor global

```
El mejor es [9.03209383 8.69073096] (-18.541524878376233)
```

Referencias I



Ghaemi, M. y Feizi-Derakhshi, M.-R. Forest Optimization Algorithm. *Expert Systems with Applications* **41**, 6676-6687. ISSN: 0957-4174 (2014).