

Algoritmo del Agujero Negro

Lehi Quincho

Ciencia de la Computación
Universidad Nacional de San Agustín

27 de junio de 2019

INTRODUCCIÓN

Introducción

Los algoritmos bioinspirados tienen toman ideas de fenómenos de la naturaleza y usan para resolver problemas en muchas áreas de la computación como minería de datos, visión informática, inteligencia artificial, problemas aplicados a la medicina ,biología, economía e ingeniería.

Introducción

Black Hole es un algoritmo heurístico que está inspirado en el fenómeno de los agujeros negros. Al igual que otros algoritmos basados en la población, el algoritmo de agujero negro (BH) comienza con una población inicial de soluciones candidatas a un problema de optimización y una función objetivo que se calcula para ellos.

Repositorio y video

```
https:  
//github.com/lehi10/Bio-inspired-Computing-Repository/tree/  
master/blackHoleAlgorithm
```

FENÓMENO DEL AGUJERO NEGRO

Fenómeno del Agujero Negro

En el siglo XVIII, John Michell y Pierre Laplace fueron los pioneros en identificar el concepto de los agujeros negros. Integrando la ley de Newton, formularon la teoría de que una estrella se volvía invisible para el ojo, sin embargo, durante ese período no se conocía como un agujero negro y fue solo en 1967 que el físico estadounidense John Wheeler nombró por primera vez el fenómeno del colapso masivo como un Agujero Negro.



Figura: John Michell y Pierre Laplace

Fenómeno del Agujero Negro

Un agujero negro en el espacio es lo que se forma cuando una estrella de tamaño masivo colapsa.

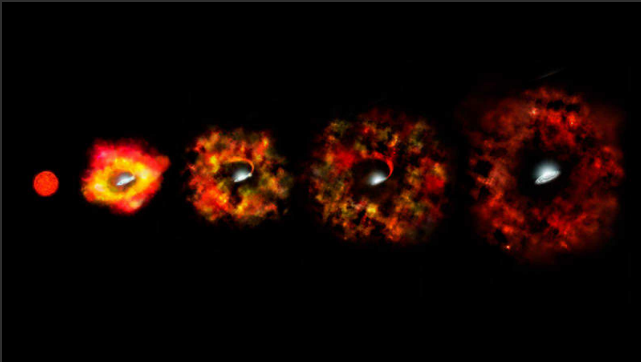


Figura: Formación de un Agujero Negro

Fenómeno del Agujero Negro

El poder gravitatorio del agujero negro es demasiado alto para que incluso la luz no pueda escapar de él. La gravedad es tan fuerte porque la materia se ha comprimido en un espacio pequeño. Cualquier cosa que cruce el límite del agujero negro será tragada y desaparecerá, y nada podrá escapar de su enorme poder.

El límite en forma de esfera de un agujero negro en el espacio se conoce como el horizonte de eventos. El radio del horizonte de eventos se denomina como el radio de Schwarzschild. En este radio, la velocidad de escape es igual a la velocidad de la luz, y una vez que la luz pasa, ni siquiera puede escapar. Nada puede escapar del horizonte de eventos porque nada puede ir más rápido que la luz.



Fenómeno del Agujero Negro

Si algo se mueve cerca del horizonte de eventos o cruza el radio de Schwarzschild, será absorbido por el agujero negro y desaparecerá permanentemente. La existencia de agujeros negros se puede discernir por su efecto sobre los objetos que lo rodean.

El radio de Schwarzschild se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{2GM}{C^2} \quad (1)$$

- G = Constante gravitatoria
- M = Masa del agujero negro
- C = Velocidad de la luz

Fenómeno del Agujero Negro

La idea básica de un agujero negro es simplemente una región del espacio que tiene tanta masa concentrada en él que no hay forma de que un objeto cercano escape de su fuerza gravitacional. Todo lo que cae en un agujero negro, incluida la luz, desaparece para siempre de nuestro universo.

Fenómeno del Agujero Negro

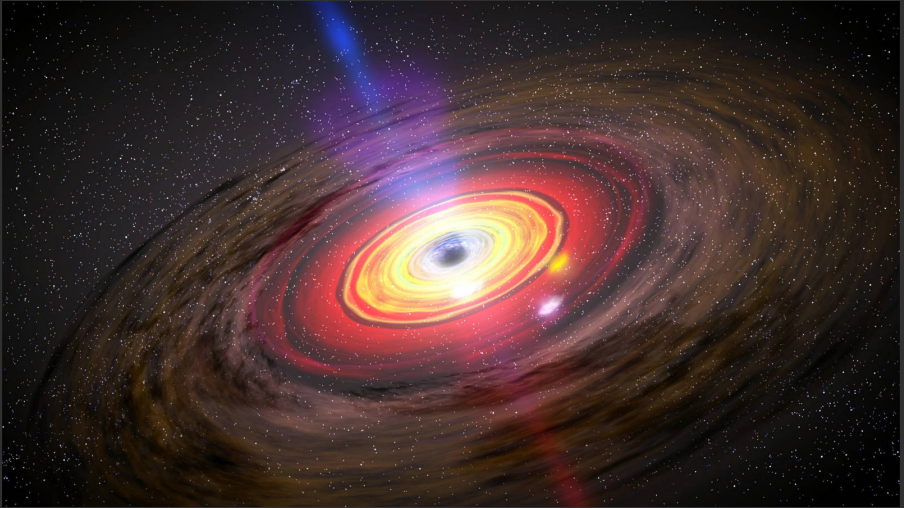


Figura: Agujero Negro



ALGORITMO

Algoritmo

Se inicializa una población N con posiciones aleatorias, se evalúa la población y se selecciona el mejor candidato con el menor fitness para ser el agujero negro, el resto forma las estrellas normales. El agujero negro tiene la capacidad de absorber las estrellas que lo rodean. Después de inicializar el agujero negro y las estrellas, el agujero negro comienza a absorber las estrellas a su alrededor y todas las estrellas comienzan a moverse hacia el agujero negro. La absorción de estrellas por el agujero negro usa la siguiente formula:

Algoritmo

$$x_i(t+1) = x_i(t) + rand * (X_{BH} - X_i t) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

- $X_i(t)$ y $X_i(t+1)$ son ubicaciones de la estrella i en la iteración t y $t+1$ respectivamente
- X_{BH} es la ubicación del agujero Negro en el espacio de búsqueda.
- $rand$ Es un número aleatorio entre $[0, 1]$
- N es el número de estrellas (soluciones candidatas).

Algoritmo

Mientras se mueve hacia el agujero negro, una estrella puede alcanzar un lugar con un costo menor que el agujero negro. En tal caso, se intercambian las posiciones. Luego, el algoritmo BH continuará con el agujero negro en la nueva ubicación y las estrellas comenzarán a moverse hacia esta nueva ubicación.

Algoritmo

Existe la probabilidad de cruzar el horizonte de eventos durante el movimiento de las estrellas hacia el agujero negro. Cada estrella (solución candidata) que cruza el horizonte de eventos del agujero negro será aspirada por el agujero negro. Cada vez que un candidato (estrella) muere (es absorbido por el agujero negro), otra solución candidata (estrella) nace y se distribuye al azar en el espacio de búsqueda y comienza una nueva búsqueda. Esto se hace para mantener constante el número de soluciones candidatas. La siguiente iteración tiene lugar después de que todas las estrellas se hayan movido.

Algoritmo

El radio del horizonte de eventos en el agujero negro se calcula con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{f_{BH}}{\sum_{i=1}^N f_i} \quad (3)$$

- f_{BH} es el fitness del agujero negro.
- f_i es el fitness de la estrella i .
- N es el numero de estrellas (soluciones candidatas).

Cuando la distancia entre una estrella (solución candidata) y el agujero negro (mejor solución) es menor a R , la estrella muere y se reemplaza por otra aleatoriamente.

Algoritmo

Inicializa la población de estrellas con ubicaciones aleatorias en el espacio de búsqueda;

while *No se cumpla el criterio de finalización* **do**

 Para cada estrella, se evalúa la función objetivo.;

 Seleccionamos la estrella con el mejor fitness como Agujero Negro.;

 Se cambia la ubicación de cada estrella de acuerdo a la ecuación de absorción.;

if *Una estrella alcanza un costo menor que el agujero negro* **then**

 Se intercambia las ubicaciones;

end

if *Una estrella cruza el horizonte de eventos del agujero negro* **then**

 Se reemplaza con una nueva estrella generada aleatoriamente en el espacio de búsqueda;

end

end

Algorithm 1: Algoritmo base

EJEMPLO

Ejemplo

Para el ejemplo se está usando la siguiente función objetivo.

$$f(x, y) = x^2 + y^2 \quad (4)$$

y los siguientes parametros

- $x, y = [-10, 10]$
- 100 iteraciones
- Población de 5

Ejemplo

```
Inicializando poblacion
{'star': array([-0.36349519, -0.36711504]), 'fitness': 0}
{'star': array([-0.89642156, -0.98796551]), 'fitness': 0}
{'star': array([-0.78840194,  0.66703824]), 'fitness': 0}
{'star': array([-0.07315736,  0.78550078]), 'fitness': 0}
{'star': array([0.75426258,  0.77208431]), 'fitness': 0}
```

Figura: Inicializando las estrellas (población) con posiciones aleatorias

Ejemplo

Iteracion # 1

Evaluando Poblacion

```
{'star': array([-0.36349519, -0.36711504]), 'fitness': 0.26690221102127176}  
{'star': array([-0.89642156, -0.98796551]), 'fitness': 1.779647472823399}  
{'star': array([-0.78840194,  0.66703824]), 'fitness': 1.066517626578472}  
{'star': array([-0.07315736,  0.78550078]), 'fitness': 0.622363476675224}  
{'star': array([0.75426258, 0.77208431]), 'fitness': 1.1650262258594104}
```

Seleccionando el agujero Negro

```
{'star': array([-0.36349519, -0.36711504]), 'fitness': 0.26690221102127176}
```

Figura: Se inicia la iteración evaluando las estrellas y se selecciona el Agujero Negro

Ejemplo

Actualizacion de las ubicaciones

```
{'star': array([-0.21859143, -0.25439554]), 'fitness': 0.11249930414552253}  
{'star': array([-0.75706926,  0.61441703]), 'fitness': 0.9506621510394961}  
{'star': array([ 0.62826224, -0.25032774]), 'fitness': 0.4573774208892652}  
{'star': array([-0.84139557, -0.80617561]), 'fitness': 1.3578656146644603}  
{'star': array([-0.79030335, -0.6014583  ]), 'fitness': 0.9863314740568412}
```

Encontrando estrellas con costo menor al agujero negro

Estrella con mejor Fitness (Nuevo Black Hole) : [-0.21859143 -0.25439554]
Fitness del nuevo Black Hole : 0.11249930414552253

Figura: Se actualizan las ubicaciones y se busca si alguna estrella tiene mejor Fitness que el Agujero Negro

Ejemplo

```
Absorcion de estrellas
Radio de Schwarzschild : 0.027990897487635304

BH : [-0.21859143 -0.25439554]    Star : [-0.36349519 -0.36711504]    Distan
BH : [-0.21859143 -0.25439554]    Star : [ 0.62826224 -0.25032774]    Distan
BH : [-0.21859143 -0.25439554]    Star : [-0.75706926  0.61441703]    Distan
BH : [-0.21859143 -0.25439554]    Star : [-0.79030335 -0.6014583 ]    Distan
BH : [-0.21859143 -0.25439554]    Star : [-0.84139557 -0.80617561]    Distan
```

Figura: Se calcula el Radio del Horizonte de eventos y se ve si alguna estrella pasó la frontera.

Ejemplo

```
{'star': array([-0.00083651,  0.00292997]), 'fitness': 9.284497618165015e-06}  
blackHole {'star': array([-0.00083651,  0.00292997]), 'fitness': 9.284497618165015e-06}  
Lehi@Lehi-Laptop: ~/Documents/Repos/blackHole/BlackHole$ python BlackHole.py
```

Figura: Resultado despues de 100 iteraciones

Black Hole en problemas de Clustering

Clustering

Básicamente, para evaluar la similitud entre los objetos de datos, se utiliza la medición de la distancia. En particular, el problema se especifica de la siguiente manera: dados los N objetos, asigne cada objeto a uno de los K grupos y minimice la suma de las distancias euclidianas cuadradas entre cada objeto y el centro del grupo que pertenece a cada objeto asignado:

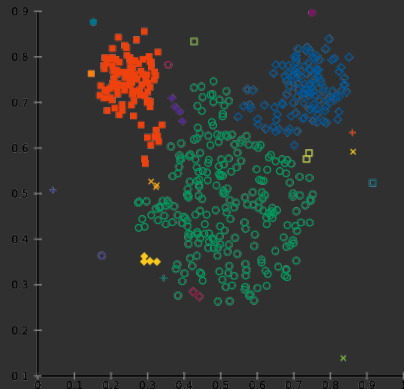


Figura: Clustering

Clustering

Para resolver problemas de Clustering se podemos definir una solución candidata como un array de $N * K$ donde, N es el número de características o dimensiones de nuestro dataset, y K es el número de clusters. En el siguiente gráfico se muestra un ejemplo de una solución candidata (estrella) donde Z_N^K corresponde una dimensión N de un centroide del cluster K .

K_1			K_2			K_3		
Z_1^1	Z_2^1	Z_3^1	Z_1^2	Z_2^2	Z_3^2	Z_1^3	Z_2^3	Z_3^3

Clustering

Función de distancia

Función a minimizar:

$$F(O, Z) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K w_{ij} \|O_i - Z_j\|^2 \quad (5)$$

- O_i = Objeto i
- Z_j = Centro de Cluster j
- N = Número de objetos
- K = Número de Clusters
- $\|O_i - Z_j\|$ Distancia euclidiana entre O_i y Z_j
- W_{ij} Peso de asociación de O_i con Z_j
 - Toma valores de 0 o 1
 - Si O_i es asignado al Cluster j , entonces $W_{ij} = 1$, caso contrario es igual a $W_{ij} = 0$.

References



Hatamlou, A. Black hole: A new heuristic optimization approach for data clustering. *Information Sciences* **222**. Including Special Section on New Trends in Ambient Intelligence and Bio-inspired Systems, 175-184. ISSN: 0020-0255 (2013).