

FPA Flower pollination algorithm

Integrantes:

Daniel Perilla Ocampo – 201327313

David Alejandro Ruiz Villota – 201620095

Entrega 1: Primera aproximación del Modelo Matemático Modelado, Simulación y Optimización

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad de Los Andes
Bogotá, Colombia

1. Descripción del Problema

Contexto:

(FPA Flower pollination algorithm) El problema en este caso es estudiar el mecanismo mediante el cual las abejas escogen el mejor camino para recoger la mayor cantidad de polen dentro del menor recorrido posible teniendo en cuenta un número determinado de flores de donde extraen polen. (Esta información puede ser utilizada para mini-drones y así subsanar la caída de las abejas por CCD (Colony Collapse Disorder)).

Colony Collapse Disorder es un fenómeno que describe la caída de población repentina de abejas melíferas, estas abejas cumplen una función vital en la producción de cultivos pues en muchos casos son estas abejas las que son utilizadas para el proceso de fertilización. Sin embargo, cabe mencionar que estas abejas no son adecuadas para fertilizar todo tipo de cultivo y ante este fenómeno cuya causa aún no se ha podido determinar exactamente, es necesario encontrar otras metodologías de fertilización. De aquí la inspiración a la modelación de un modelo matemático para buscar un sistema óptimo de fertilización para mini-drones.

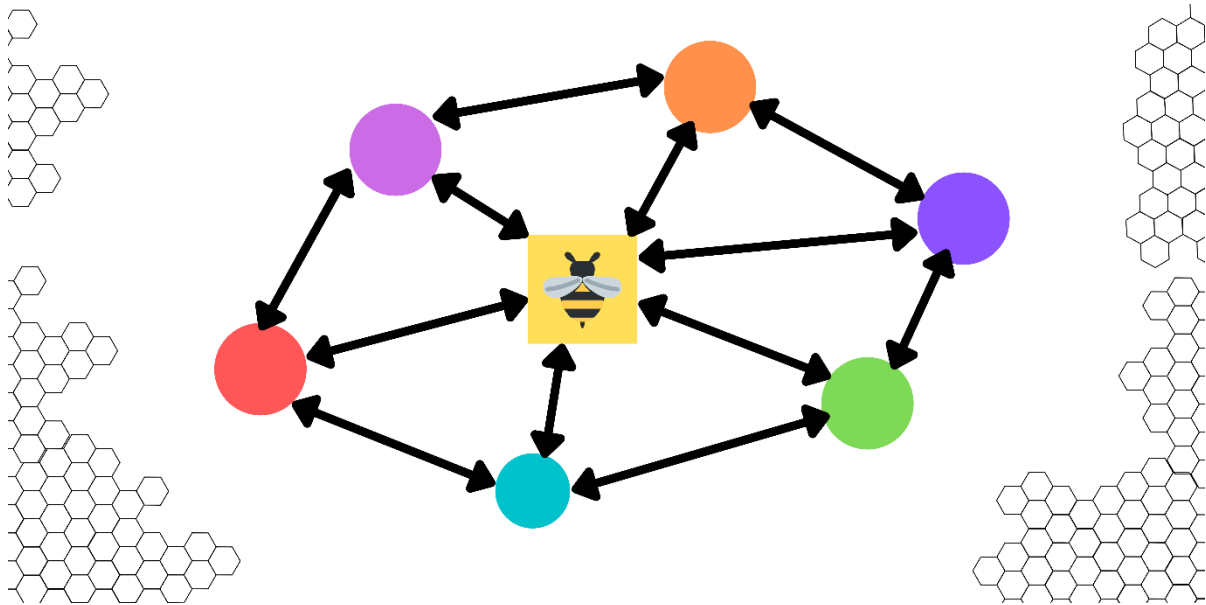
Maximizar:

- Cantidad de polen recogido: Para medir un proceso de entomofilia (polinización por parte de insectos) es necesario determinar cuál es la cantidad de polen que el insecto específico recoge de una flor determina.
- Cantidad de polen esparcido: Luego de determinar cuánto polen se recoge, es también necesario mirar cuanto de este polen es efectivamente usado para la fertilización.

Minimizar:

- Distancia recorrida: Siendo que se quiere disminuir tiempo y ser eficiente, se busca escoger la distancia menor que resulte en la mayor cantidad de fertilización posible.
- Energía usada: Siendo que se estaría utilizando un sistema de drones se tiene que mirar que recorridos determinan un menor gasto energético.

Diagrama:



Este diagrama es un ejemplo muy superficial de cómo se vería el modelo real, consta de un grafo que contiene un conjunto de nodos, donde cada nodo contiene un número de polen determinado, y un conjunto de enlaces bi-dirigidos que tienen una propiedad de distancia también determinada. Cabe mencionar que existe también un nodo de partida que no tiene polen, y que es donde la abeja depositaría el polen, es decir la abeja tiene que partir y volver a ese punto para cumplir con el algoritmo.

Hay que resaltar también que el modelo estaría basado en una situación real donde cada nodo representaría una flor y donde cada eje representaría la distancia entre las distintas flores.

Es importante destacar que cada jardín en la vida real tiene ciertos tipos de flores, con cierta cantidad de polen específica y a cierta distancia determinada.

Cabe mencionar que, con el fin de simplificar el modelo, se estipulará que el tipo de flor que se manejará va a ser la misma, por lo cual lo único que varía es la cantidad de polen que tiene cada una que puede relacionarse con la edad de la planta y no el tipo de polen que se maneja.

2. Conjuntos, Parámetros y Variables

Optimizar la cantidad de polen que recoge una abeja en un terreno de x distancia

- Cantidad de flores
- Terreno a recorrer
- Cantidad de néctar máximo de recolección.
- Energía de los drones.

Table 1. Conjuntos, Parámetros y Variables de decisión

Sets and parameters	Description
N	Nodes set
S	States set (Used to determine which set of nodes (state) is the most optimal)

P	Pollen set
E	Energy set
o	Source node
d	Destination node
st	State at which we want to obtain the minimum cost path from the Source to the Destination.
sp	State at which we want to obtain the maximum amount of pollen from the Source to the Destination.
C_{it}^{jl}	Link cost from the node i at the state t to the node j at the state l.
P_{ij}	Amount of pollen that can be extracted from a certain node i,j.

Table 2. Variables de decisión

Variables	Description
E_{ij}	Determine if the next edge related to a successive node is viable or not (the energy that the bee has stored is enough to reach the next node) (Binary variable)
P_{ij}	Determine if the next node has an amount of pollen that is too much, just right or not enough (Binary variable)

3. Función Objetivo y Restricciones

a. Función objetivo 1: Conseguir la mayor cantidad de polen posible.

$$\max \left(\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} P_{ij} X_{ij} \right)$$

La función objetivo describe la cualidad de querer buscar la mejor ruta tal que se máxime la cantidad de polen que se recoge. Para esto se usó una suma doble para que se recorriera todas las combinaciones de los nodos y se multiplica el atributo de P, por el de X para mirar cuando polen se va recogiendo por cada etapa del camino.

b. Función objetivo 2: Recorrer la menor distancia posible.

$$\min \left(\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_{ij} X_{ij} \right)$$

Además de querer buscar la mayor cantidad de polen posible, también se quiere minimizar el recorrido tomado/la energía usada, (entre más distancia se recorre más energía se usa, por ende, están directamente relacionados).

Esta restricción se busca como el mínimo de la suma doble de los distintos recorridos de la matriz denotados como $C_{ij} * X_{ij}$.

Restricciones:

I. Restricción 1: Polen máximo.

Por el tamaño de la abeja, esta puede cargar un número máximo de polen. Después de este número, recorridos diferentes al de la trayectoria al nido son innecesarios, por ello si se pone este número como límite tenemos una restricción del número de viaje.

II. Restricción 2: Energía.

Las abejas como todo animal biológico tienen una batería bioquímica que les permite realizar sus viajes, sin esta energía no podrían moverse, por esta razón se estipula también que la energía de la abeja cuenta como otra restricción.

III. Restricción 3: Punto de partida y punto de llegada.

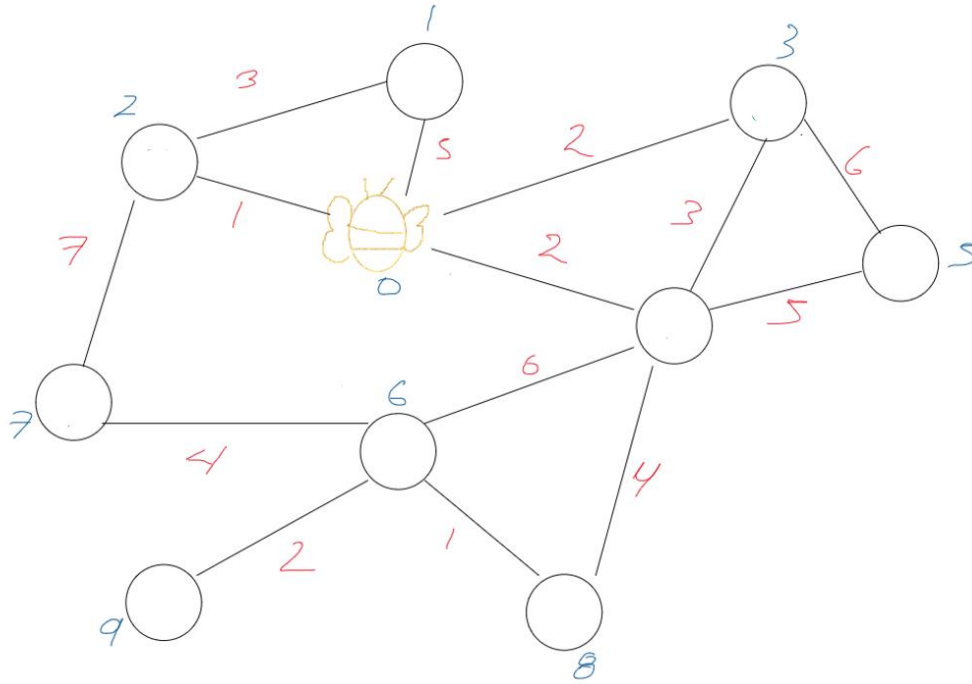
Se quiere que la abeja parta ya llegue al nido para dejar el polen que recogió, se deriva entonces con que el punto final o el punto de llegada final del recorrido es el mismo punto de inicio. Entonces es factible decir que el recorrido que se hace es un círculo.

4. Implementación y resultado del Modelo Matemático:

4.1 Escenario simple:

Para el escenario simple se decidió implementar solo lo que sería el camino que toma la abeja en caso de que no existiera el polen, es decir la ecuación objetivo relacionada con la máxima recolección del polen sin tener en cuenta el contexto de polen del problema.

Como resultado, este escenario lo que quiere mostrar es el camino que se tomaría en el caso que se quiera maximizar el número de nodos a visitar.



- **Núm. Azules:** Números de nodo
- **Núm. Rojos:** Costos de enlace entre dos nodos

En el diagrama superior, se describe el escenario 1 en donde se tiene los nodos que se pueden recorrer y sus respectivas denominaciones. Del punto es importante mencionar que la posición 0 en donde está la abeja cuenta como el punto de salida y el punto de llegada.

Tabla de conjuntos y parámetros específicos

Table 3. Conjuntos, Parámetros y Variables de decisión Escenario 1

Sets and parameters	Description
N	Nodes set
S	States set (Used to determine which set of nodes (state) is the most optimal)
E	Energy set
o	Source node and destination node
St	State at which we want to obtain the minimum cost path from the Source to the Destination that maximizes the number of nodes visited.
er	Energy given as a restriction in a certain case.
nv	List of nodes visited
resp	Maximun number of nodes that are visited in relation to the energy restriction input.

4.2 Resultados escenario simple:

energy=10

```
In [9]: runfile('C:/Users/daniperil/Desktop/Moss/Proyecto/FPAe1.py', wdir='C:/Users/daniperil/Desktop/Moss/Proyecto')
objF1 energía = 7.0
objF0 nodos = 6.0
Model unknown
```

Con esta configuración se muestra que se alcanzaron a visitar 6 nodos y se gastó 10 de energía.

energy= 20

```
In [10]: runfile('C:/Users/daniperil/Desktop/Moss/Proyecto/FPAe1.py', wdir='C:/Users/daniperil/Desktop/Moss/Proyecto')
objF1 energía = 19.0
objF0 nodos = 10.0
Model unknown
```

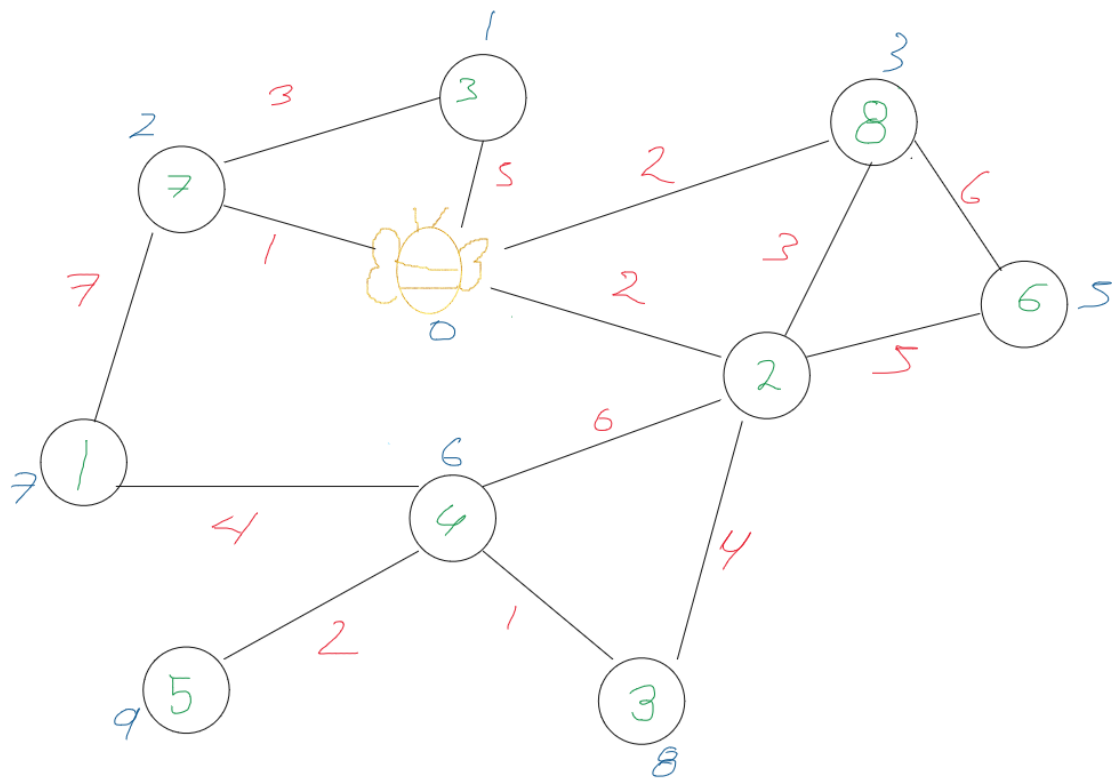
En esta segunda configuración donde colocamos la variable de energía en 20, tenemos entonces que se alcanza a gastar 19 de energía y se visitan 10 nodos en el grafo.

Con la configuración que se tiene encontramos que

4.3 Escenario complejo:

Para el escenario complejo se decidió tener en cuenta todo el problema como tal, es decir la parte del polen y la parte de la energía. La parte de la energía ya se realizó como escenario simple, en esta se utilizó la restricción de la energía para determinar el camino y el número de nodos que se visitarían tal que se cumpliera con que no se excedería la energía y los puntos de partida y llegada serían los mismos.

Ya teniendo esa información, se quisiera mirar entonces como adicionando la dimensión de recolección de polen, se afecta la solución del problema. El escenario complejo entonces pasa a tener que cumplir dos necesidades importantes, la primera es que cumpla con la restricción de la energía y maximización del número de nodos tal que no se pase la energía que se tiene, se visite la mayor cantidad de nodos posibles y finalmente que el nodo de inicio sea el mismo que el nodo de salida. La segunda el polen, que la abeja consiga la mayor cantidad de polen posible teniendo en cuenta que esta tiene una restricción a la mayor cantidad de polen que puede cargar y que las flores pueden tener.



- **Núm. Azules:** Números de nodo
- **Núm. Rojos:** Costos de enlace entre dos nodos
- **Núm. Verdes:** Polen en cada nodo

En este diagrama a diferencia del anterior, se ve que cada nodo tiene un número verde en su interior, este nodo representa el peso del nodo y describe la cantidad de polen que contiene, siendo este el caso la abeja va a tener que escoger cuál de los caminos es mejor coger para que aproveche la energía que tiene y recoja la mayor cantidad de polen que pueda.

Tabla de conjuntos y parámetros específicos

Sets and parameters	Description
N	Nodes set
S	States set (Used to determine which set of nodes (state) is the most optimal)
E	Energy set
P	Pollen set
o	Source node and destination node
St	State at which we want to obtain the minimum cost path from the Source to the Destination that maximizes the number of nodes visited and that maximizes the number of pollen collected
er	Energy given as a restriction in a certain case.
pr	Pollen restriction which reflects the maximum amount of pollen that a a bee can carry.
p	

	Maximum amount of pollen that can be collected.
resp	Maximun number of nodes that are visited in relation to the energy restriction input.

4.4 Resultados escenario complejo:

numNodes=9

enegy=20

polen=10

```
In [23]: runfile('C:/Users/daniperil/untitled0.py', wdir='C:/Users/daniperil')
objF1 = 9.0
objF2 = 10.0
Model unknown
```

Como se ve claramente, en comparación con el escenario anterior, la cantidad de energía utilizada es distinta para el escenario uno es distinta a la del escenario dos ($19 \neq 9$), la razón por la que esto sucedió es porque estamos teniendo en cuenta la existencia de un segundo elemento que es el polen. El resultado de la recolección máxima de polen es 10 que cumple literalmente con la cantidad máxima de polen que la abeja puede recoger.

numNodes=9

enegy=20

polen=30

```
In [26]: runfile('C:/Users/daniperil/untitled0.py', wdir='C:/Users/daniperil')
objF1 = 18.0
objF2 = 30.0
Model unknown
```

Si por ejemplo se quiere mostrar cuál sería la cantidad de polen máxima que se recoge convirtiendo a este en 30, encontramos que efectivamente la abeja es capaz de recolectar los 30 de polen y sin embargo recorre el doble de la distancia que en el caso anterior. Pasando de 9 a 19.