



COMPUTACIÓN BIOINSPIRADA

En la actualidad, la revolución informática ha transformado las sociedades humanas en aspectos como la comunicación, el transporte, la producción industrial, la administración, la escritura, la contabilidad, los avances tecnológicos, las ciencias y el entretenimiento.

El hardware y el software tradicionales existentes no satisfacen todas las necesidades y no han logrado resolver algunos problemas. Las principales desventajas de las técnicas tradicionales se enfrentan a problemas computacionales complejos como la planificación de acciones en el mundo real y respuestas ante interacciones entre humanos y máquinas.

La computación bioinspirada es un campo de la informática que busca inspirarse en los sistemas biológicos para desarrollar nuevos algoritmos, modelos y arquitecturas computacionales. En lugar de depender de la lógica y la programación tradicionales, esta disciplina se nutre de la inteligencia, la eficiencia y la adaptabilidad que encontramos en la naturaleza.

BASE TEORICA PARA EL RETO

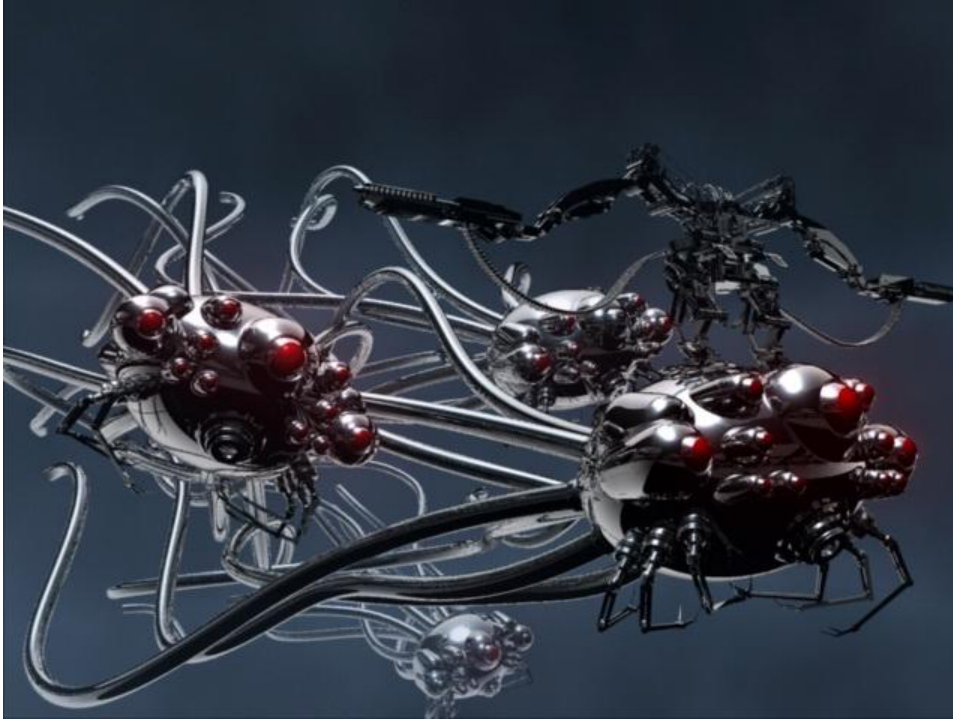
En este reto vamos a imaginar que somos la Matrix. Recordemos esta interesante película de ciencia ficción donde se representa un futuro distópico en el que la humanidad está atrapada sin saberlo dentro de una realidad simulada llamada Matrix, que las máquinas inteligentes han creado para distraer a los humanos mientras usan sus cuerpos como fuente de energía en campos de cultivo.

Uno de los elementos en esta obra de ciencia ficción son los centinelas, también denominados calamares, son máquinas autónomas aéreas, que sirven a la Matrix en el plano real y su misión es patrullar antiguos canales y áreas en busca de naves creadas por humanos llamadas “aerodeslizadores” con la finalidad de localizarlos e informar al núcleo de la Matrix o neutralizarlos. Los aerodeslizadores son mucho mas grandes que un centinela, por esa razón se necesita un número considerable de centinelas para neutralizarlo.

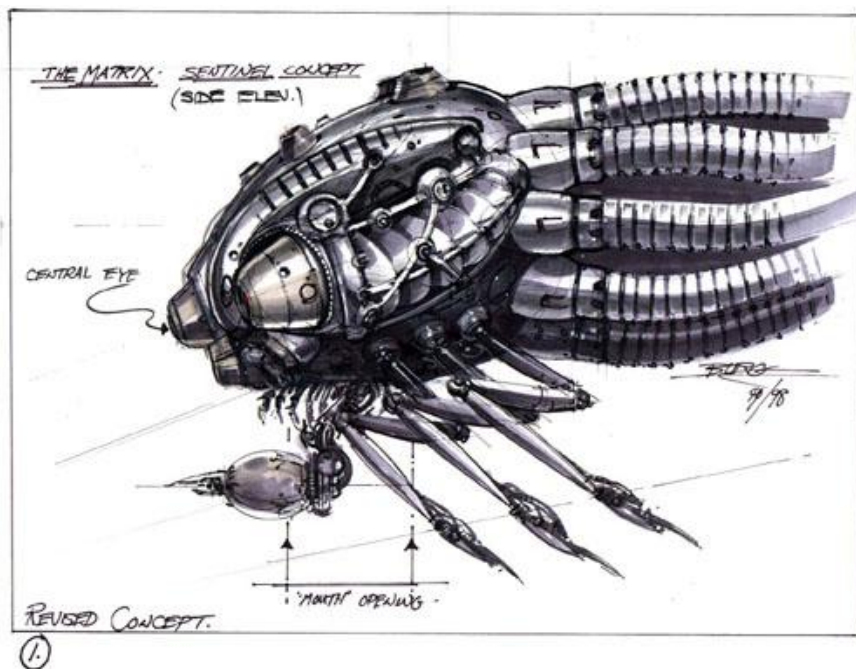


FISH SWARM ALGORITHM, FSA BIOINSPIRED OPTIMIZATION

IMÁGENES DE CENTINELAS.



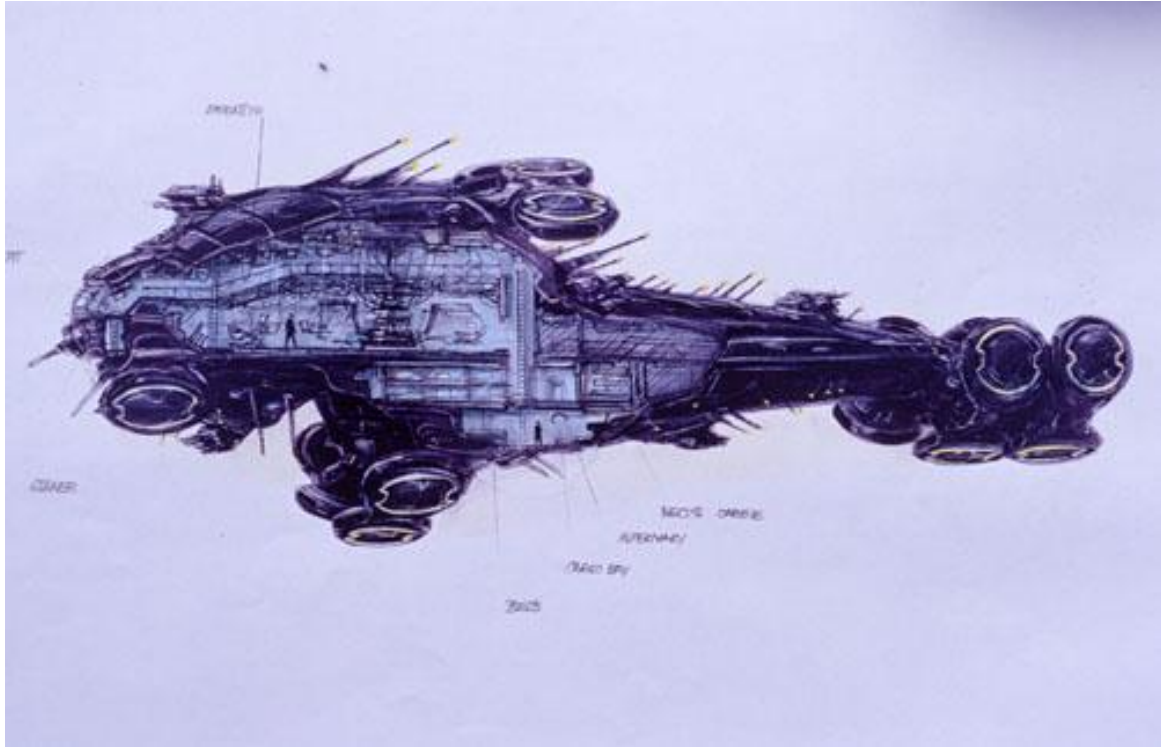
<https://www.cadnav.com/3d-models/model-45660.html>



<https://matrix.fandom.com/wiki/Sentinel>



IMÁGEN DE UN AERODESLIZADOR



<https://matrix.fandom.com/wiki/Hovercraft>

Los centinelas tienen un comportamiento de enjambre. Imaginemos que el algoritmo aplicado a su comportamiento es el **Algoritmo de Banco de Peces (FSA)**.

FSA (Fish Swarm Algorithm), se inspira en el comportamiento de cardúmenes de peces para encontrar áreas ricas en alimento. Los peces se mueven individualmente, pero también se ven influenciados por el comportamiento del grupo. El algoritmo incluye comportamientos como la búsqueda de alimento.

Los peces del banco pueden optar por dos estrategias, buscar alimento por sí mismos o seguir a otros individuos a las zonas con más peces, que suelen ser las que más alimento tienen. Este algoritmo entrena a cada pez artificial (AF) enseñando cuatro tipos de comportamiento básicos: búsqueda o presa, agrupamiento o enjambre, seguimiento y aleatorio. El comportamiento de presa es la base de la convergencia del algoritmo; el comportamiento de enjambre mejora la estabilidad del algoritmo y la convergencia global; el comportamiento de seguimiento acelera la convergencia del algoritmo; y el comportamiento aleatorio equilibra la contradicción de los otros tres comportamientos.



Hay un comportamiento individual de movimiento hacia el centro del cardumen, una atracción hacia peces más exitosos y el mantenimiento de la distancia entre los peces.

Comportamiento de búsqueda o presa, cada pez artificial se desplaza por la nube de soluciones en búsqueda de zonas con alimento, para encontrar mejores zonas con mayor concentración de alimento. Este comportamiento se modela dentro de un radio de las inmediaciones de un pez utilizando la ubicación actual de un pez artificial, AF , y sus vecinos más cercanos, según lo determinado por su campo de visión. Siendo X_i la posición actual del $i^{\text{ésimo}}$ AF y X_j un estado arbitrario de un AF , como se indica a continuación:

$$X_j = X_i + Visual * R(0,1) \quad (1)$$

Visual es una estimación de la longitud visual entre dos AF que se colocan en X_i y X_j , donde la distancia euclidiana se puede definir como:

$$dist_{ij} = \|X_i - X_j\| \quad (2)$$

y R es un vector aleatorio, siendo cada elemento un valor entre 0 y 1.

La concentración de alimentos es proporcional a la función que se intenta optimizar, fitness o aptitud $f(X)$ que evalúa la calidad de la solución y dirige la búsqueda. En problemas de minimización, si $f(X_j) \leq f(X_i)$, el $i^{\text{ésimo}}$ AF se mueve un paso hacia X_j y, utilizando la siguiente fórmula:

$$X_{presa} = X_i + \frac{X_j - X_i}{\|X_j - X_i\|} * Step * R(0,1) \quad (3)$$

Donde X_{presa} es la posición del $i^{\text{ésimo}}$ AF después de ejecutar la conducta de presa, que está al lado de la $X_j - X_i$, y $\|X_{presa} - X_i\| \leq S$, donde S es la distancia máxima que el AF se puede mover en cada paso (step). Un valor grande de S permite una búsqueda más amplia y uno pequeño una búsqueda más fina.

Sin embargo, si $f(X_j) > f(X_i)$, se selecciona aleatoriamente otra posición X_j . Si el valor de aptitud (función objetivo), que podría ser la cantidad de alimento que el



FISH SWARM ALGORITHM, FSA BIOINSPIRED OPTIMIZATION

AF está concentrando actualmente, no se satisface después de un número determinado de iteraciones, X_i aleatoriza su siguiente paso de la siguiente manera:

$$X_{presa} = X_i + Visual * R(0,1) \quad (4)$$

Comportamiento de agrupamiento o enjambre, aparte de obtener información de la zona en la que está cada pez artificial, estos también obtienen información de los peces vecinos sobre la calidad de su zona, lo que hace que los peces se desplacen a las mejores zonas de su rango si no están muy saturadas de otros peces.

En este comportamiento, los peces se agrupan y se desplazan hacia la posición central para evitar la aglomeración. Siendo n el número total de AFs, n_f el número de vecinos dentro del alcance visual del i ésimo AF con $dist_{ij} < Visual$, y X_{centro} la posición central del enjambre, que es el promedio de las posiciones de todos los AF:

$$X_{centro} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^k X_k \quad (5)$$

El i ésimo AF se reubica en la dirección de X_{centro} si $f(X_{centro}) \leq f(X_i)$ y $(n_f / n) > \mu$, donde $\mu \in [0,1]$ es el factor de hacinamiento; esto indica que hay mayor disponibilidad de alimentos en el centro y que la ubicación no está masificada. Como resultado, X_i se desplaza hacia el centro del vecino de la siguiente manera:

$$X_{enjambre} = X_i + \frac{X_{centro} - X_i}{\|X_{centro} - X_i\|} * Step * R(0,1) \quad (5)$$

De lo contrario, el i ésimo AF llevará a cabo el comportamiento de búsqueda.

El símbolo “>” suele usarse en relaciones de preferencia o dominancia, en este caso $(n_f / n) > \mu$ significa que la proporción de individuos que encuentran alimento es *significativamente* mayor que el factor de hacinamiento.



FISH SWARM ALGORITHM, FSA BIOINSPIRED OPTIMIZATION

Comportamiento de seguimiento, cuando un pez encuentra alimento, los peces de alrededor tienden a seguirlo, más peces cuanto mayor sea la calidad de la nueva zona.

Este comportamiento considera que para el $i^{\text{ésimo}}$ AF, si al menos otro $j^{\text{ésimo}}$ AF está representado donde $\|X_j - X_i\| \leq Visual$ y $f(X_j) > f(X_i)$ con un factor de hacinamiento bajo, es decir, $(n_f/n) < \mu$, entonces $i^{\text{ésimo}}$ AF se mueve un paso hacia la posición $j^{\text{ésimo}}$ AF de la siguiente manera:

$$X_{seguir} = X_i + \frac{X_j - X_i}{\|X_j - X_i\|} * Step * R(0,1) \quad (6)$$

Si no hay vecinos alrededor de X_i o si ninguno cumple la condición, entonces i^{th} AF realiza un comportamiento de presa.

Comportamiento aleatorio: cada AF realiza su proceso de búsqueda aleatoria y permite que los peces naden libremente o sigan un enjambre en un espacio más amplio. El siguiente estado de AF es $X_{siguiente}$ y se define de la siguiente manera:

$$X_{siguiente} = X_i + Visual * R(0,1) \quad (6)$$

El comportamiento de cada pez no depende sólo de la zona en la que se encuentre, sino también de los hallazgos de los otros peces en su cercanía. En FSA, cada pez representa una posible solución a un problema de optimización. La aptitud de la solución corresponde a la cantidad de alimento encontrado por el pez.

En el contexto de un enjambre, se debe considerar el centroide, que se refiere al punto central o promedio de todos los individuos o elementos que componen el enjambre. Es un concepto utilizado en diversos campos, como la computación, la inteligencia artificial y la física, para representar la posición media de un grupo de elementos.

El centroide es importante porque puede representar la posición central del enjambre y ayudar a entender su distribución espacial. También es utilizado en algoritmos para optimizar el comportamiento del enjambre, como en la búsqueda de soluciones en problemas de optimización o en la navegación de robots en un entorno.



FISH SWARM ALGORITHM, FSA BIOINSPIRED OPTIMIZATION

El centroide se calcula promediando las coordenadas de todos los elementos del enjambre. Por ejemplo, si tenemos un enjambre de partículas en un espacio 2D, el centroide tendrá las coordenadas ($x_{promedio}$, $y_{promedio}$), donde $x_{promedio}$ es el promedio de todas las coordenadas x y $y_{promedio}$ es el promedio de todas las coordenadas y .

RETO

Conocida la base teórica del comportamiento de enjambre FSA, diseñar un algoritmo que permita a los centinelas detectar “aerodeslizadores” de tal manera que el enjambre se agrupe en torno al aerodeslizador más cercano para neutralizarlo y luego pase al siguiente.

Considerando el siguiente escenario, se tiene distribuidos de forma aleatoria 4 aerodeslizadores en un área de 100 (10x10) kilómetros cuadrados, en una zona conocida como ZONA X, cubierta de espesa niebla, uno de los aerodeslizadores es un señuelo, una nave chatarra vacía con propósitos de distracción, esta nave dará una señal a las demás para que puedan escapar de los centinelas.

Hay 30 centinelas patrullando aleatoriamente la ZONA X, todos los centinelas cercanos entre sí acudirán ante la señal de alerta del primero que encuentre un aerodeslizador, cada pez artificial del algoritmo es un centinela, la distancia inicial entre centinelas es de 1.5 kilómetros, esta una distancia que les permite verse entre sí, en consecuencia tener referencia uno del otro y hacer seguimiento cuando uno de ellos encuentre un aerodeslizador, se irán agrupando en torno al aerodeslizador para neutralizarlo. Una vez encontrado un aerodeslizador este es marcado como neutralizado cuando al menos 10 centinelas llegan a él y el enjambre pasa a buscar otro.

Plantear un juego donde la distribución de centinelas y aerodeslizadores sea inicialmente aleatoria en el espacio de búsqueda de tal manera que el centinela mas cercano a un aerodeslizador, incluido el señuelo (alimento de baja calidad), de por detectado e inicie el comportamiento de presa hacia el alimento, considerar además al aerodeslizador real como alimento de alta calidad.

Docente Autor: Ph.D Marcelo Guato

Docntes Tutores: Ph.D. Paulina Vizcaíno & MSc. Steven Vinueza