

Lección 9: Algoritmos Genéticos

Jesús Savage
Facultad de Ingeniería, UNAM
Trabajo realizado con el apoyo del Programa
UNAM-DGAPA-PAPIME PE100821
Derechos reservados, 2023

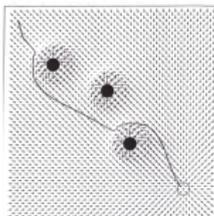
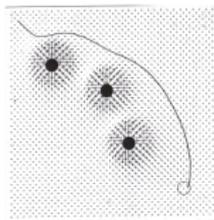
19 de junio de 2023

Índice

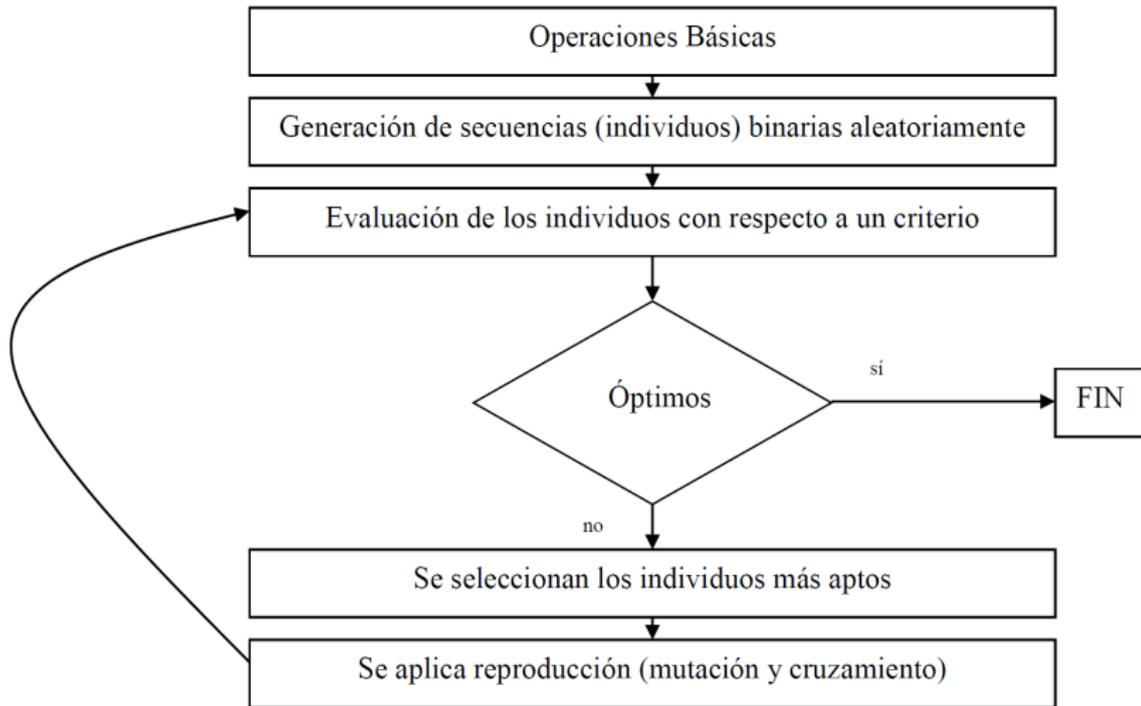
- 1 Algoritmos genéticos
- 2 Uso de los algoritmos genéticos para encontrar las constantes de campos potenciales
- 3 Uso de los algoritmos genéticos para encontrar comportamientos con máquinas de estados
- 4 Uso de los algoritmos genéticos para encontrar comportamientos con redes neuronales artificiales

Algoritmos Genéticos

El robot puede aprender nuevos comportamientos simplemente a través de modificar algunas de las constantes que generan éste. Por ejemplo para los comportamientos utilizando campos potenciales se modificarían las constantes que intervienen en él: μ , δ , d_1 , d_0 , η . En las siguientes figuras se muestran dos individuos que se comportan diferente, bajo las mismas condiciones, dependiendo de las constantes que se utilizan:



Algoritmos Genéticos



Las operaciones básicas sirven para evaluar a los individuos, es decir se

Algoritmos Genéticos

1. Primero se genera una población de forma aleatoria, con N individuos B_1, B_2, \dots, B_N , en el que el cromosoma de cada individuo es una cadena de números binarios que representa los comportamientos: $B_i = \{0110\dots101\}$. La cadena se divide en pequeños segmentos que representan los parámetros que definen el comportamiento, $B_i = \{bh_{i_0} bh_{i_1} \dots bh_{i_j} \dots bh_{i_k}\}$.

Individuo 1	1110 1111 1000 0111 0001
Individuo 2	0001 1001 1000 1111 0000
.	
.	
.	
Individuo N	0110 0001 1110 0010 1111

2. Cada individuo (cromosoma) se evalúa dando un valor de aptitud de acuerdo con el desempeño del individuo. La función de aptitud evalúa qué tan bien el comportamiento del robot realizó su operación y toma en consideración varios aspectos de su desempeño.

Algoritmos Genéticos

Algunas de las aptitudes son: la distancia que el robot se alejo del origen; la distancia entre la última posición alcanzada y la meta; la cantidad de veces que el robot golpea un obstáculo; el número de pasos utilizados para alcanzar la meta y también el número de veces que el robot retrocedió, etc. Una función de desempeño utilizada para la navegación de un robot yendo de un punto origen a un destino:

$$Fitness = K1 * N * D_o + K2 * N/D_d + K3 * S_d$$

Los robots móviles tienen N_k tiempos discretos para ir de un origen a un destino. N_s es el número de pasos que utilizó el robot para llegar a un destino. Si el robot no llegó al destino $N_s = N_k$.

Algoritmos Genéticos

$$Fitness = K1 * N * D_o + K2 * N/D_d + K3 * S_d$$

Para el primer término de la función de *Fitness*, $N = (N_k - N_s + 1)$, D_o es la distancia entre la última posición del robot \underline{X} y la posición original del robot \underline{X}_o , $D_o = \|\underline{X} - \underline{X}_o\|$. Esto significa que un robot que usa pocos pasos para llegar al destino y se aleja de su posición original será bien evaluado.

El segundo término D_d es la distancia entre la última posición del robot y el objetivo de destino, en este caso individuos que se acercaron al destino son bien evaluados.

El tercer término de la función de *Fitness* es la desviación estándar $\sigma = S_d$, de las posiciones del robot \underline{X}_i entre la posición original del robot \underline{X}_o y su posición final \underline{X} . Este término es para medir si el robot entró en un mínimo local.

Las constantes K_1 , K_2 y K_3 se utilizan para tonificar el rendimiento del robot de acuerdo con sus especificaciones y se encuentran empíricamente.

Algoritmos Genéticos

3. Seleccionar los mejores individuos según su función de aptitud y crear una nueva población con individuos generados a través de operadores evolutivos (cruzamiento y mutación).

Por ejemplo, tomando individuos los individuos 1 y 2 para hacer mutación y cruza:

Individuo 1	1110 1111 1000 0111 0001
Individuo 2	0001 1001 1000 1111 0000

En la mutación unos bits se convierten en su inverso, es decir un 0 se convierte en un 1 y un 1 en un 0, para el individuo 1 el resultado de la mutación es:

Individuo 1	1110 1111 0111 0111 0001
-------------	---------------------------------

Algoritmos Genéticos

En la cruce se selección una parte de los bits de dos individuos y se intercambian entre ellos, originalmente se tienen dos individuos:

Individuo 1	1110 1111 1000 0111 0001
Individuo 2	0001 1001 1000 1111 0000

El resultado de la cruce entre ellos es la siguiente:

Individuo 1 \otimes Individuo 2	1110 1001 1000 0111 0001
	0001 1111 1000 1111 0000

4. La descendencia y sus padres seleccionados forman la nueva población.
5. La iteración de 2 a 4 se repite durante M generaciones o hasta que el criterio de aptitud general entre dos generaciones es menor que un ϵ dado.

Uso de los algoritmos genéticos para encontrar las constantes de campos potenciales

Cada individuo representa las constantes de los campos potencias utilizando una representación binaria.

μ	δ	d_1	d_0	η
-------	----------	-------	-------	--------

Por ejemplo, si $\mu = 3.5$ y se quiere tener cuatro bits para la parte entera y cuatro para la decimal: 00111000

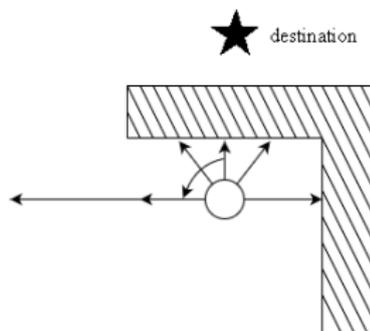
Pues es $0x2^3 + 0x2^2 + 1x2^1 + 1x2^0 + 1x2^{-1} + 0x2^{-2} + 0x2^{-3} + 0x2^{-4}$

En cada generación se cambia el origen, el destino y los medios ambientes en donde operan los robots.

En la última generación ya se tienen las constantes adecuadas.

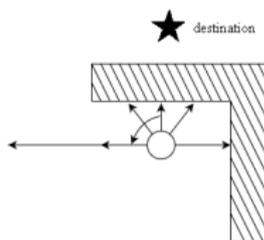
Uso de los algoritmos genéticos para encontrar comportamientos con lógica de orden cero

En este caso se encontrarían las reglas que indican el comportamiento del robot, como la que se muestra en la siguiente figura:



Usando un sistema basado en reglas como Clips, lo que se encontraría es código representado las reglas de este lenguaje.

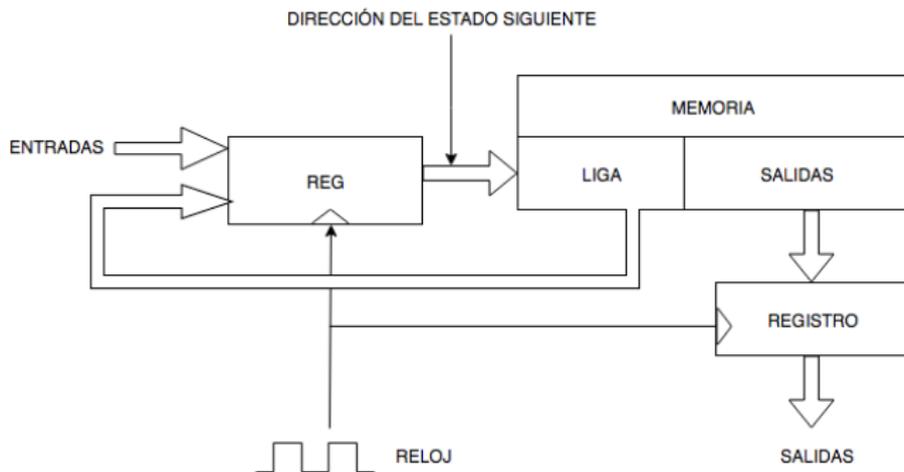
Uso de los algoritmos genéticos para encontrar comportamientos con lógica de orden cero



Otra aproximación para resolver este problema es el uso de una tabla que contenga las acciones que debe hacer el robot de acuerdo a la información cuantizada, símbolos, que están dando los sensores. Los símbolos se pueden utilizar entonces como índices que direccionen la tabla de acciones, entonces la función de los algoritmos genéticos es encontrar el contenido de la tabla que mejor genere el comportamiento del robot.

Uso de los algoritmos genéticos para encontrar comportamientos con máquinas de estados

Un algoritmo de máquina de estados se puede implementar, como ya se vio en lecciones anteriores, con una memoria o tabla como se indica en la siguiente figura:



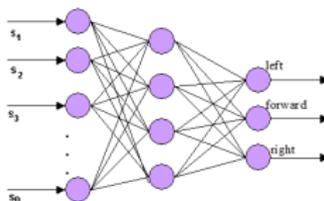
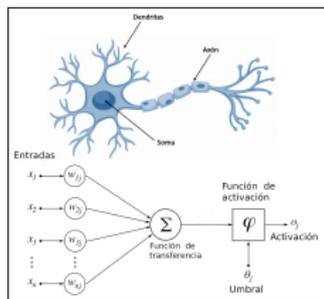
Uso de los algoritmos genéticos para encontrar comportamientos con máquinas de estados

Cada individuo representa el contenido de memoria de la FSM construida usando memorias, de nuevo, entonces la función de los algoritmos genéticos es encontrar el contenido de la tabla que mejor genere el comportamiento del robot:

Dirección de Memoria		Contenido de la Memoria								
Edo. Presente	Entradas	Liga				Salidas				
		A	B	C	D	Stop	Adelante	Atrás	Giro Der	Giro Izq
		$S_i S_d$								
ST0	0 0 0 0	0 0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0 0 0 0	0 1	0	0	0	1	0	0	0	0
	0 0 0 0	1 0	0	0	1	1	0	0	0	0
	0 0 0 0	1 1	0	1	0	1	0	0	0	0
ST1	0 0 0 1	0 0	0	0	1	0	0	1	0	0
	0 0 0 1	0 1	0	0	1	0	0	1	0	0
	0 0 0 1	1 0	0	0	1	0	0	1	0	0
	0 0 0 1	1 1	0	0	1	0	0	1	0	0
ST2	0 0 1 0	0 0	0	0	0	0	0	0	0	1

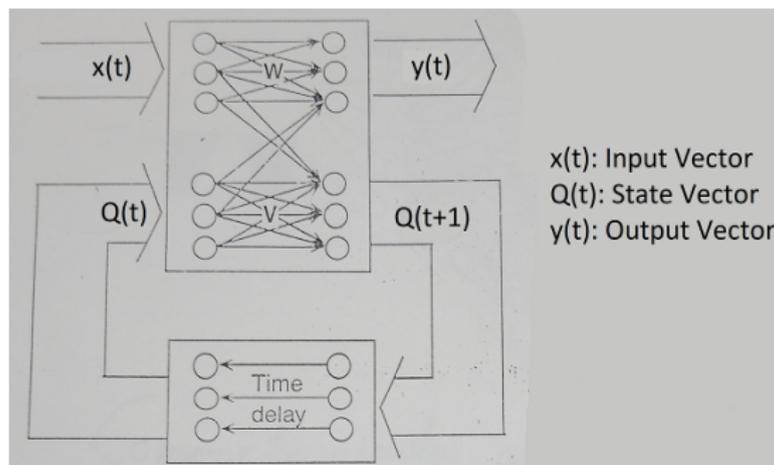
Uso de los algoritmos genéticos para encontrar los pesos de las redes neuronales artificiales

En este caso se utilizan los algoritmos genéticos para encontrar los pesos de una red neuronal, para hacer clasificación o para que el robot pueda resolver problemas con lógica de orden cero.

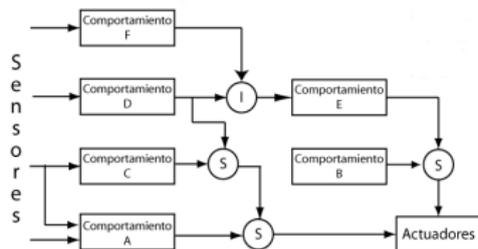
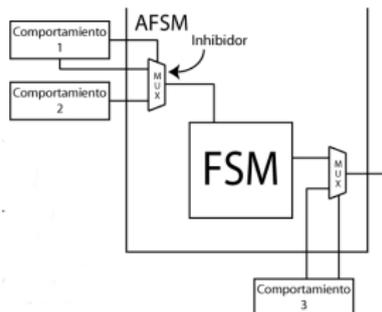


Uso de los algoritmos genéticos para encontrar comportamientos con redes neuronales artificiales

Cada individuo representa los pesos W de la FSM construida usando redes neuronales artificiales:



Uso de los algoritmos genéticos para encontrar la jerarquía de los comportamientos



Uso de los algoritmos genéticos para encontrar la jerarquía de los comportamientos

En este caso se encontraría como se deben organizar los comportamientos para que los robots tengan un desempeño apropiado.

