Computación Bioinspirada

Dr. Edward Hinojosa Cárdenas
ehinojosa@unsa.edu.pe

Introducción

- La inteligencia de enjambre es una heurística inspirada en el estudio de grupos de animales, más específicamente de insectos como lo son las abejas, hormigas, termitas entre otros.

- El campo de la inteligencia artificial que estudia este tipo de comportamiento e intenta aplicarlo a la resolucion de problemas se denomina swarm intelligence, es decir, inteligencia de enjambre o colectiva.

Introducción

- Este tipo de comunidades se caracterizan por la forma como se trabaja en grupo por el mismo fin que es el bien de la colmena en general, son muy organizadas y comunicativas por lo que si se ve a la colmena como un individuo, se suman las experiencias de cada uno de los elementos que pertenece a ella y por lo tanto le permite tomar decisiones más acertadas, además de que al trabajar en grupo con el mismo objetivo se hacen más fácil, rápidas y probables tareas como por ejemplo encontrar mejores fuentes de comida para alimentar a la colmena, encontrando rutas optimas y minimizando los esfuerzos realizados como por ejemplo encontrar el camino más corto a una fuente de comida cercana.

La Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Mezura et al. (2010) señalan que el proceso de búsqueda y recolección del néctar de las flores por parte de las abejas melíferas “es visto como un proceso de optimización”, como “logran centrar esfuerzos en zonas con altas cantidades de fuentes de alimento se ha modelado como una heurística para optimización”.

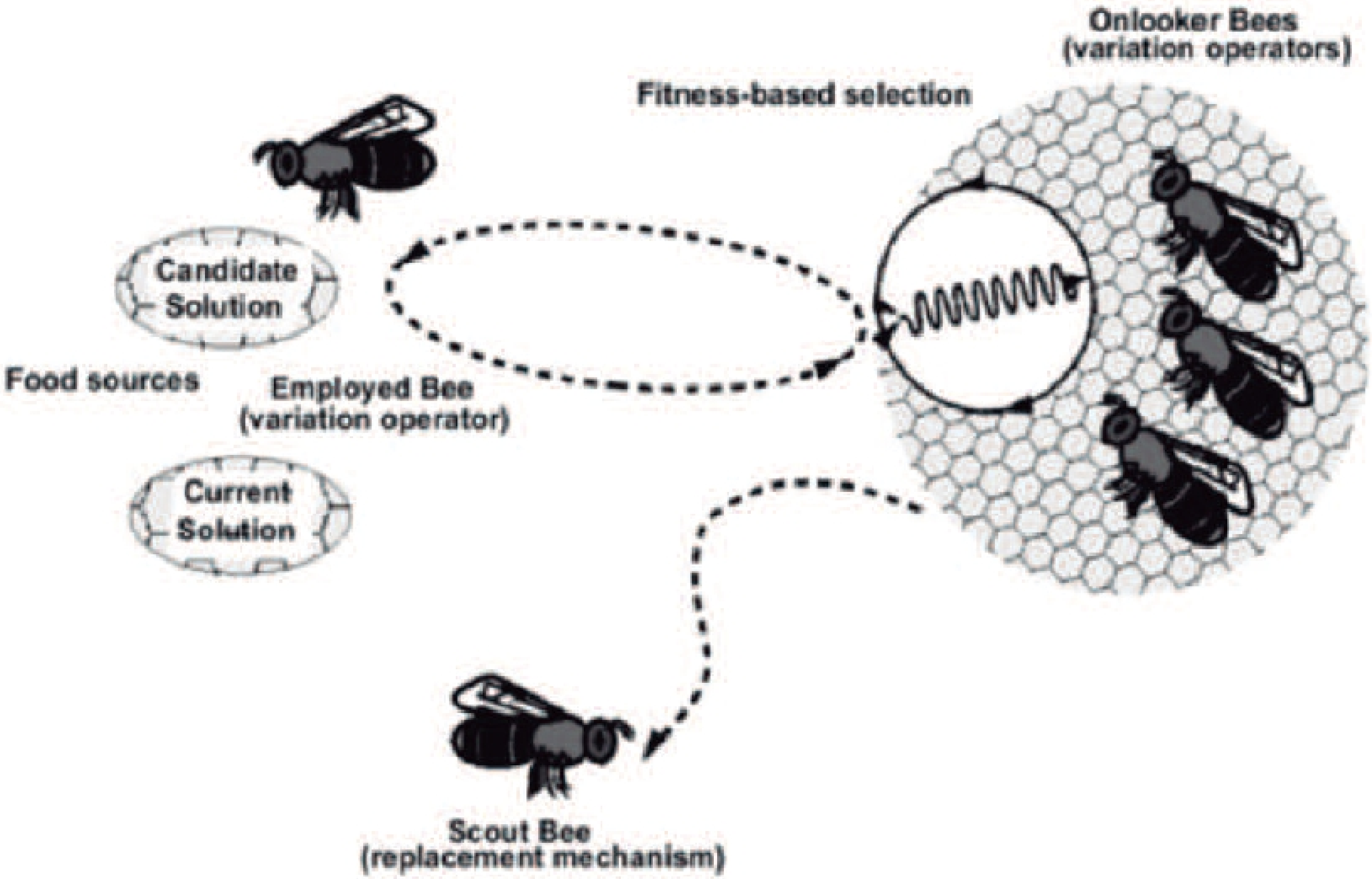
La Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- El algoritmo de la Colonia Artificial de Abejas (ABC) es un algoritmo bio-inspirado de Inteligencia de Enjambre propuesto y desarrollado por Dervis Karaboga en 2005, con este algoritmo se busca emular el comportamiento de las abejas de búsqueda y explotación de fuentes de alimento

La Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Según Berrocal, Vega, Gómez y Sánchez (2011) “encontrar soluciones casi óptimas en problemas NP-Completos. Para ello se define una colmena artificial formada por una zona de comunicación, denominada zona de baile, y tres tipos de abejas: obreras, observadoras y exploradoras.

La Colonia Artificial de Abejas (ABC)



La Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Las abejas obreras tienen como función esencial recolectar el polen y comunicar a las abejas observadoras dónde se encuentran las flores, a qué distancia y la cantidad de polen.
- Las abejas observadoras interpretan la información a través del baile del abdomen de las obreras y deciden seguir a aquellas abejas que más les convencen.
- Por último, las llamadas abejas exploradoras se aventuran en el entorno buscando al azar nuevas flores.

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- El algoritmo de colonia artificial de abejas es un algoritmo con pocos parámetros de entrada:
  - Tamaño de la colmena (CS)
  - Dimensión (D) es el numero de variables del problema,
  - Limite de iteraciones antes de abandonar una fuente (L), y
  - Máximo número de ciclos (MCN) que iterará el algoritmo.

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Mezura et al.(2010) describen el algoritmo de colonia artificial de abejas de la siguiente forma:

1. El número de abejas obreras es usualmente igual al número de fuentes de alimento y se asignará una abeja obrera a cada una de las fuentes.

2. Al llegar a dicha fuente, la abeja obrera calculará una nueva solución (volará hacia otra fuente de alimento cercana) a partir de ésta y conservará la mejor solución.

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

3. El número de abejas observadoras es también usualmente igual al de abejas empleadas y se asignaran a una fuente de alimento con base en la aptitud de estas, al igual que las abejas obreras, calculará una nueva solución a partir de su fuente de alimento.

4. Cuando una fuente no mejora después de un cierto número de iteraciones se abandona, siendo reemplazado por aquella encontrada por una abeja exploradora, lo cual implica calcular una nueva solución aleatoriamente.

Pseudo Código del algoritmo ABC

```
Begin
    Inicializar la población de soluciones x_{i,0}, i = 1, . . . , SN
    Evaluar la población
    g = 1
    Repeat
        Producir nuevas soluciones v_{i,g} para las abejas empleadas
        y evaluarlas
        Conservar la mejor solución entre la actual y la candidata
        Seleccionar las soluciones que serán visitadas por una abeja
        observadora según su aptitud
        Producir nuevas soluciones v_{i,g} para las abejas observadoras
        y evaluarlas
        Conservar la mejor solución entre la actual y la candidata
        Determinar si existe una fuente abandonada y reemplazarla
        utilizando una abeja exploradora
        Memorizar la mejor solución encontrada hasta este momento
        g = g + 1
    Until g = MCN
End
```

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Primero definimos los parámetros:
  - Tamaño de la colmena (CS),
  - Máximo número de ciclos o veces que se ejecutara el algoritmo (MCN),
  - Número de Soluciones (SN),
  - Dimensión del problema (D), y
  - Límite calculado como L = (CS*D)/2.

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- A partir de allí se generan aleatoriamente las soluciones iniciales SN del problema y se evalúa la calidad de las soluciones.

- Luego se inicia un ciclo de instrucciones que se ejecutarán MCN veces:

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Se calculan nuevas soluciones candidatas (nuevas fuentes de comida) utilizando para ello la formula:

$$v_{i,j} = x_{i,j} + \phi \cdot (x_{i,j} - x_{k,j})$$

(donde ϕ (fi) es un valor aleatorio que está entre -1 y 1, k es cualquiera de las fuentes diferentes a la fuente i).

- Se evalúan las soluciones encontradas y se comparan la solución actual con la anterior y se mantiene la mejor de las dos.

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Después se envían las abejas observadoras a las fuentes de acuerdo a un mecanismo en el que las fuentes con mayor aptitud tendrán mayor probabilidad de ser visitadas por abejas observadoras, para ello se utiliza la siguiente fórmula (1), y para calcular la aptitud de una solución se utiliza la formula (2):

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{i=i}^{SN} fit_i} \quad (1)$$

$$fit_i = \begin{Bmatrix} \frac{1}{1+f_i} & Si\ f_i \geq 0 \\ 1 + abs(f_i) & Si\ f_i < 0 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Posteriormente se calculan nuevas soluciones candidatas con:

$$v_{i,j} = x_{i,j} + \phi \cdot (x_{i,j} - x_{k,j})$$

para las abejas observadoras y se comparan con la solución actual manteniendo la mejor de las dos soluciones.

Algoritmo de Colonia Artificial de Abejas (ABC)

- Ahora se debe observar si existen fuentes abandonadas, estas se determinan si el valor de límite de la solución es mayor que el límite establecido en los parámetros y de ser así entonces se reemplazan fuentes con nuevas soluciones aleatorias encontradas por abejas exploradoras, con la ecuación:

$$x_{ij}=min_j+rand(0,1)*(max_j\text{-}minj)$$

el ciclo culmina memorizando comparando la mejor solución obtenida hasta el momento.

ABC – Ejemplo 1

- El problema planteado es minimizar la función:

	Problema	LimIx$_i$	LimSx$_i$
Minimizar	$f(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$		
	$-5 \leq x_1 \leq 5$	-5	5
	$-5 \leq x_2 \leq 5$	-5	5
	$x_1, x_2 \in R$		

ABC – Ejemplo 1

- Se definen los parámetros del algoritmo:

Parámetros		
CS	6	*Tamaño de la Colmena*
NS	3	*Numero de soluciones*
D	2	*Dimensión*
L	6	*Limite L = (CS*D)/2 = 6*
MCN	5	*Número de Ciclos Máximo*

ABC – Ejemplo 1

- Se calculan las fuentes de alimento iniciales (soluciones) de manera aleatoria, se inicializa el contador de la fuente con el que se determina cuando la fuente se agota y calcula la aptitud utilizando la ecuación (2) y se indica la mejor solución obtenida, ejemplo:

ABC – Ejemplo 1

I = 1

x_1= 1,4112

x_2= -2,5644

$f(x_1) = (1,4112)^2+(-2,5644)^2=8,5676$

$fit_1 = 1/(1+8,5676) = 0,1045$

$$fit_i = \begin{cases} \frac{1}{1+f_i} & Si\ f_i \geq 0 \\ 1 + abs(f_i) & Si\ f_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Fuentes de Alimento Iníciales					
Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)$	fit_i	cont.
1	1,4112	-2,5644	8,5676	0,1045	0
2	0,4756	1,4338	2,2820	0,3047	0
3	-0,1824	-1,0323	1,0989	0,4764	0
			Mejor Fuente de Alimento	0,4764	

ABC – Ejemplo 1

- Se aplica la ecuación $v_{i,j} = x_{i,j} + \phi \cdot (x_{i,j} - x_{k,j})$, teniendo en cuenta que
  - K, j y ϕ son valores aleatorios,
  - Se debe considerar que k es entero en el rango [1,SN] y debe ser diferente del i seleccionado,
  - j es entero en el rango [1,D] y
  - ϕ es un numero real entre [-1, 1].

ABC – Ejemplo 1

- Se evalúa la aptitud de las soluciones candidatas y se comparan con las soluciones actuales y se mantienen las mejores soluciones, cabe destacar que si una solución candidata mejora una solución actual su contador se hace igual a 0 de lo contrario si se mantiene la solución entonces se incrementa en 1 la solución, por ejemplo:

ABC – Ejemplo 1

Con i =1, k=2 y j=1 entonces

v_{11} = 1,4112 + 0,8050·(1,4112 - 0,4756) = 2,1644

v_{12} = -2,5644, este valor se mantiene porque j≠2

Solución candidata (2,1644; -2,5644)

$f(x_1) = (2,1644)^2+(-2,5644)^2=11,2606$

$fit_1 = 1/(1+11,2606) = 0,0816$

$$fit_i = \begin{cases} \frac{1}{1+f_i} & Si\ f_i \geq 0 \\ 1 + abs(f_i) & Si\ f_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

			Soluciones Candidatas					
k	j	Φ	$v_{i,j}$	$v_{i,j}$	$f(x_i)_{candidata}$	fit_i	Mejora?	cont.
2	1	0,8050	2,1644	-2,5644	11,2606	0,0816	NO	1
3	2	0,0762	0,4756	1,6217	2,8562	0,2593	NO	1
1	1	-0,0671	-0,0755	-1,0323	1,0713	0,4828	SI	0

ABC – Ejemplo 1

- Se comparan las aptitudes de las soluciones, como 0,0816 < 0,1045 no se mejora la solución anterior por lo tanto se aumenta el cont = 1, como muestra la tabla anterior:

			Soluciones Candidatas					
k	j	Φ	$v_{i,j}$	$v_{i,j}$	$f(x_i)_{candidata}$	fit_i	Mejora?	cont.
2	1	0,8050	2,1644	-2,5644	11,2606	0,0816	NO	1
3	2	0,0762	0,4756	1,6217	2,8562	0,2593	NO	1
1	1	-0,0671	-0,0755	-1,0323	1,0713	0,4828	SI	0

ABC – Ejemplo 1

Fuentes de Alimento Iníciales					
Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)$	fit_i	cont.
1	1,4112	-2,5644	8,5676	0,1045	0
2	0,4756	1,4338	2,2820	0,3047	0
3	-0,1824	-1,0323	1,0989	0,4764	0
			Mejor Fuente de Alimento	0,4764	

Soluciones Candidatas								
k	j	Φ	$v_{i,j}$	$v_{i,j}$	$f(x_i)_{candidata}$	fit_i	Mejora?	cont.
2	1	0,8050	2,1644	-2,5644	11,2606	0,0816	NO	1
3	2	0,0762	0,4756	1,6217	2,8562	0,2593	NO	1
1	1	-0,0671	-0,0755	-1,0323	1,0713	0,4828	SI	0

ABC – Ejemplo 1

- Usando las mejores soluciones obtenidas hasta el momento y se calcula la probabilidad de selección utilizando la ecuación (1) de una fuente a la cual se dirigirán las abejas observadoras, cabe destacar que las que tienen una mejor aptitud, tienen mayor probabilidad de que se dirijan a esa fuente.

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{i=i}^{SN} fit_i} \quad (1)$$

ABC – Ejemplo 1

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{i=i}^{SN} fit_i} \quad (1)$$

$$P_1 = 0{,}1045/0{,}8920 = 0{,}1172$$

Mejores Soluciones

Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)_{fuente}$	fit_i	P_i	P_{iacum}	cont.
1	1,4112	-2,5644	8,5676	0,1045	0,1172	0,1172	1
2	0,4756	1,4338	2,2820	0,3047	0,3416	0,4588	1
3	-0,0755	-1,0323	1,0713	0,4828	0,5412	1,0000	0
			Σfit_i	**0,8920**			

ABC – Ejemplo 1

- Se inicia el trabajo de las observadoras con la observadora 1 para seleccionar la fuente a la cual se dirigirá se compara el número aleatorio con la columna de probabilidad acumulada de la tabla anterior, y en donde se cumpla que el valor de P_{iacum} sea mayor que NA_{fuente} esa es la fuente seleccionada:

ABC – Ejemplo 1

- Numero para seleccionar la fuente 0,7612, k=1, j=2, NA_{fuente}, k y j son valores aleatorios. Como ejemplo de este cálculo se tiene:

1,0000 > 0,7612 entonces i = 3, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)_{fuente}$	fit_i	K	j
3	-0,0755	-1,0323	1,0713	0,4828	1	2
1	1,4112	-2,5644				

ABC – Ejemplo 1

- Al igual que con el paso de las abejas empleadas, en el paso de las observadoras también es necesario calcular soluciones candidatas y compararla con la solución en cuestión.

v_{11} = -0,0755 este valor se mantiene porque $j \neq 1$

$v_{12} = -1,0323 + (-0,7961 \cdot (-1,0323 - (-2,5644))) = 5,0772$

$0,1645 < 0,4828$

al comparar las aptitudes la solución no mejora por lo tanto se aumenta el contador, cont = 1.

Φ	$v_{i,j}$	$v_{i,j}$	$f(x_i)_{candidata}$	fit_i	Mejora?	cont.
-0,7961	-0,0755	-2,2520	5,0772	0,1645	NO	1

ABC – Ejemplo 1

- Luego se almacenan las mejores soluciones para seguir el trabajo de las observadoras.

Mejores Soluciones

Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)_{fuente}$	fit_i	P_i	P_{iacum}	cont.
1	1,4112	-2,5644	8,5676	0,1045	0,1172	0,1172	1
2	0,4756	1,4338	2,2820	0,3047	0,3416	0,4588	1
3	-0,0755	-1,0323	1,0713	0,4828	0,5412	1,0000	1
			Σfit_i	0,8920			

ABC – Ejemplo 1

- Se continua con la observadora 2, los parámetros son NA_{fuente}=0,2267, k=3, j=1 y al comparar el NA_{fuente} con la P_{iacum} 0,3416 > 0,2267 se selecciona entonces la fuente 2.

Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)_{fuente}$	fit_i	K	j
2	0,4756	1,4338	2,2820	0,3047	3	1
3	-0,0755	-1,0323				

ABC – Ejemplo 1

- 0,3241 > 0,3047 al comparar las aptitudes la solución mejora por lo tanto se hace cero el contador, cont = 0.

ϕ	$v_{i,j}$	$v_{i,j}$	$f(x_i)_{candidata}$	fit_i	Mejora?	cont.
-0,5505	0,1722	1,4338	2,0854	0,3241	SI	0

- Nuevamente se almacenan las mejores soluciones para seguir el trabajo de las observadoras:

Mejores Soluciones							
Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)_{fuente}$	fit_i	P_i	P_{iacum}	cont.
1	1,4112	-2,5644	8,5676	0,1045	0,1147	0,1147	1
2	0,1722	1,4338	2,0854	0,3241	0,3556	0,4703	0
3	-0,0755	-1,0323	1,0713	0,4828	0,5297	1,0000	1
			Σfit_i	0,9114			

ABC – Ejemplo 1

- Seguidamente es el turno de la observadora 3, con parámetros son NA_{fuente}= 0,8433, k=2, j=1 y al comparar el NA_{fuente} con la P_{iacum}, 1,000 > 0,8433 se selecciona entonces la fuente 3.

Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)_{fuente}$	fit_i	k	j
3	-0,0755	-1,0323	1,0713	0,4828	2	1
2	0,1722	1,4338				

ABC – Ejemplo 1

- 0,4838 > 0,4828 al comparar las aptitudes la solución mejora por lo tanto se hace cero el contador, cont = 0.

ϕ	$v_{i,j}$	$v_{i,j}$	$f(x_i)_{candidata}$	fit_i	Mejora?	cont.
-0,4452	0,0348	-1,0323	1,0669	0,4838	SI	0

- Se repite el paso de almacenar las mejores soluciones para seguir iterando:

Mejores Soluciones							
Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)_{fuente}$	fit_i	P_i	P_{iacum}	cont.
1	1,4112	-2,5644	8,5676	0,1045	0,1145	0,1145	1
2	0,1722	1,4338	2,0854	0,3241	0,3552	0,4697	0
3	0,0348	-1,0323	1,0669	0,4838	0,5303	1,0000	0
			Σfit_i	0,9124			

ABC – Ejemplo 1

- Se reemplazan las soluciones en donde se hayan agotado las fuentes de comida, en este ciclo no se ha agotado ninguna fuente y esto se observa porque en la fila contador de la Tabla ningún valor supera el límite L = 6 que se definió para el problema estudiado, por lo tanto las soluciones quedan igual.

Reemplazo Fuentes Abandonadas

Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)_{fuente}$	fit_i	P_i	P_{iacum}	cont.	Reemplazar
1	1,4112	-2,5644	8,5676	0,1045	0,1145	0,1145	1	NO
2	0,1722	1,4338	2,0854	0,3241	0,3552	0,4697	0	NO
3	0,0348	-1,0323	1,0669	0,4838	0,5303	1,0000	0	NO
			Σfit_i	0,9124				

ABC – Ejemplo 1

- Para finalizar el ciclo se procede a memorizar la mejor solución obtenida hasta el momento, que se comparara con las soluciones obtenidas posteriormente:

Mejores Soluciones				
Fuente	x_1	x_2	$f(x_i)$	fit_i
$\text{Mejor}_{anterior}$	0,0348	-1,0323	1,0669	0,4838
Mejor_{nuevo}	0,0348	-1,0323	1,0669	0,4838
Memorizado	**0,0348**	**-1,0323**	**1,0669**	**0,4838**

- Esta forma de proceder se va a repetir hasta que se alcance el número máximo de ciclos (MCN) = 5 definido en los parámetros iniciales del problema.

GRACIAS

Dr. Edward Hinojosa Cárdenas
ehinojosa@unsa.edu.pe