Curso 2018-2019

Cálculos correspondientes a un solo paso de una generación en un problema de optimización de una función dada, resuelto mediante un algoritmo genético sencillo, para dos variantes.

1. Datos del estudiante

Nombre: Manuel Rodríguez Sánchez
Correo electrónico: mrodrigue212@alumno.uned.es

2. Información sobre el entorno y programas usados para esta actividad

El computador usado ha sido un Toshiba Satellite Intel Core i5-5200U, 2.20 Ghz, 8GB, 1 TB.
Sistema operativo Windows 10 Home
Paquete Office 365:
- Hoja de cálculo Microsoft Excel
- Microsoft Word, usado para la creación y edición de la memoria, y posterior conversión a formato "pdf".

Google Chrome para consultas en Internet.

3. Datos de los individuos iniciales

Los individuos iniciales una vez introducido el DNI son:

Individuos	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. adecuación
1	-5,62	1,63	-10,35	-6,27	6,24	6,24	-2,07	0,277631
2	-1,48	2,92	-7,76	-3,75	-0,90	4,44	-5,19	0,973516
3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867
4	8,62	6,35	3,75	6,74	5,72	6,52	-4,86	0,147300
5	-5,77	7,51	-8,28	-8,66	-4,61	-3,77	2,73	0,242731
6	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-7,11	1,032429
7	9,75	10,54	2,63	4,00	-3,29	-3,09	5,09	0,114896
8	-9,59	-5,62	-10,13	-9,15	4,05	6,15	-6,48	0,439391
9	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	0,317639

Tabla 1 - Individuos

La tabla con los números aleatorios generales es la siguiente:

	aleatorios de 0 a 1	aleatorios de 1 a 9	aleatorios de 1 a 8	aleatorios de 1 a 7	aleatorios de 1 a 6
1	0,265872	3	5	5	6
2	0,607424	6	6	7	1
3	0,713056	7	8	1	2
4	0,971209	9	2	3	6
5	0,133909	2	3	7	1
6	0,316929	3	8	1	4
7	0,999590	9	1	5	2
8	0,024794	1	5	3	1
9	0,599262	6	3	1	1
10	0,293159	3	1	1	2
11	0,040401	1	2	2	3
12	0,138519	2	2	3	6
13	0,248659	3	4	7	5
14	0,395614	4	8	6	5

15	0,967828	9	6	6	4
16	0,717325	7	7	5	1
17	0,759844	7	5	1	2
18	0,574707	6	1	2	6
19	0,004883	1	3	7	6
20	0,257026	3	8	7	3
21	0,901369	9	7	4	3
22	0,871759	8	4	3	4
23	0,465728	5	3	4	3
24	0,344455	4	5	3	5
25	0,532734	5	4	6	4
26	0,418974	4	7	5	4
27	0,755267	7	6	5	3
28	0,657286	6	5	4	3
29	0,604385	6	4	3	6
30	0,439534	4	3	7	1

Tabla 2 - Número aleatorios

4. Variantes calculadas

4.1. Variante 1

Selección/Muestreo: Proporcional por muestreo estocástico con reemplazamiento (ruleta con un puntero).

Cruce: con probabilidad 0,4 y en caso de que se produzca realizar cruce simple.

Mutación: con probabilidad 0,2 para cada cromosoma completo, y en caso de que se produzca, realizar la mutación por intercambio mínimo.

Sustitución: generacional completa con estrategia elitista.

4.1.1. Selección/muestreo.

Calculamos la probabilidad (p_i^t) de selección de cada uno de los individuos, en base a la función de adecuación.

Individuo (i)	**función de adecuación**	**Probabilidad** (p_i^t)	**Probabilidad acumulada** (q_i^t)
1	0,277631	0,05838226	0,05838226
2	0,973516	0,204718005	0,263100265
3	1,209867	0,254419607	0,517519872
4	0,147300	0,030975312	0,548495184
5	0,242731	0,051043235	0,599538419
6	1,032429	0,217106658	0,816645077
7	0,114896	0,024161164	0,840806241
8	0,439391	0,092398326	0,933204567
9	0,317639	0,066795433	1
Sumatorio	**4,755400**		

Tabla 3 - Probabilidad y probabilidad acumulada

El algoritmo de muestreo estocástico con reemplazamiento realiza, según el libro, dos pasos que se detallan a continuación:

Paso 1 - Calcular la probabilidad acumulada (q_i^t) de cada cromosoma. Ésta la podemos ver en la columna *Probabilidad acumulada* de la tabla 3.

Paso 2 - Repetir tantas veces como individuos haya, los siguientes pasos:

- Extraer, con reemplazamiento, un número aleatorio r ∊ [0,1]. Esto lo cogemos de la columna *Aleatorios de 0 a 1* de la tabla 2.
- Si $r \leq q_1$, entonces se muestra el primer cromosoma de la población en la generación t, y en otro caso se muestra el *i-ésimo* cromosoma:
  $(2 \leq i \leq m) \;/\; q_{i-1}^{t} < r \leq q_i^{t}$

Para el paso 2, al tener que formar parejas, seleccionamos de la tabla de aleatorios (tabla 2), 8 números consecutivos de la columna *aleatorios de 0 a 1.* Cada uno de estos números, se comparará con los de la columna *Probabilidad acumulada* $(\mathbf{q_i^t})$**,** y al que más se acerque al alza, será ese el individuo que se seleccionará para la tabla 4. Por ejemplo:
el número aleatorio 0,265872 lo comparo con cada uno de los $(\boldsymbol{q_i^t})$ de la tabla 3, y podemos ver que este número está más cerca de la probabilidad acumulada 0,517519872, que corresponde con el *Individuo 3*, y este es que cogemos para la tabla 4.

	Número aleatorios	Individuo seleccionado
1	0,265872	**Individuo 3**
2	0,607424	**Individuo 6**
3	0,713056	**Individuo 6**
4	0,971209	**Individuo 9**
5	0,133909	**Individuo 2**
6	0,316929	**Individuo 3**
7	0,999590	**Individuo 9**
8	0,024794	**Individuo 1**

Tabla 4 – Selección de individuos

4.1.2. Cruce

Formamos cuatro parejas, cogiendo en orden secuencial los individuos de la tabla 4, quedando los siguientes pares:

		Aleatorio	Para cruce: Aleatorio < 0,4
Pareja 1	**Individuo 3**	0,599262	**SIN CRUCE**
	Individuo 6		
Pareja 2	**Individuo 6**	0,293159	**CRUCE**
	Individuo 9		
Pareja 3	**Individuo 2**	0,040401	**CRUCE**
	Individuo 3		
Pareja 4	**Individuo 9**	0,138519	**CRUCE**
	Individuo 1		

Tabla 5 - Emparejamientos y condiciones para cruzar los alelos de sus genes.

Para ver si se produce cruce o no en las parejas formadas, utilizamos los cuatro números aleatorios siguientes extraídos de la tabla 2, y los colocamos en la columna *Aleatorio* de la tabla 5. Para que haya cruce, el valor del aleatorio ha de ser menor que la probabilidad 0,4 (proporcionada en el enunciado de la actividad). Podemos observar que en las parejas 2, 3 y 4, se va a producir cruce, cosa que no ocurrirá en la pareja 1.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	
Individuo 3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	**SIN CRUCE**
Individuo 6	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-7,11	

Tabla 6 - Pareja 1

Para cruzar los alelos de los genes de cada uno de los individuos de las parejas de padres donde sí habrá cruce simple, hemos de averiguar a partir de que gen aplicaremos el operador de cruce. En el libro de texto indica que hemos de buscar la posición mediante un número aleatorio entre [1..longitudCromosoma-1].Este número aleatorio nos lo va a dar la columna *Aleatorios 1 a 6* de la tabla 2.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	
Individuo 6	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-7,11	**CRUCE**
Individuo 9	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	
	x1	**x2**	**x3**	**x4**	**x5**	**x6**	**x7**	**Aleatorio=6**
Hijo 1	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-11,47	**Cruzados los alelos a partir del gen x6**
Hijo 2	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-7,11	

Tabla 7 - Resultados de aplicar el operador de cruce en la pareja 2.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	
Individuo 2	-1,48	2,92	-7,76	-3,75	-0,90	4,44	-5,19	**CRUCE**
Individuo 3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	
	x1	**x2**	**x3**	**x4**	**x5**	**x6**	**x7**	**Aleatorio=1**
Hijo 3	-1,48	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	**Cruzados los alelos a partir del gen x1**
Hijo 4	-2,66	2,92	-7,76	-3,75	-0,90	4,44	-5,19	

Tabla 8 - Resultados de aplicar el operador de cruce en la pareja 3.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	
Individuo 9	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	**CRUCE**
Individuo 1	-5,62	1,63	-10,35	-6,27	6,24	6,24	-2,07	
	x1	**x2**	**x3**	**x4**	**x5**	**x6**	**x7**	**Aleatorio = 2**
Hijo 5	5,11	-9,48	-10,35	-6,27	6,24	6,24	-2,07	**Cruzados los alelos a partir del gen x2**
Hijo 6	-5,62	1,63	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	

Tabla 9 - Resultados de aplicar el operador de cruce en la pareja 4.

En base a los resultados anteriores podemos ver la población intermedia, donde se ha recalculado su función de adecuación.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. Adecuación
Individuo 3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867
Individuo 6	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-7,11	1,032429
Hijo 1	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-11,47	0,598075
Hijo 2	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-7,11	0,784926
Hijo 3	-1,48	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,475675
Hijo 4	-2,66	2,92	-7,76	-3,75	-0,90	4,44	-5,19	0,333964
Hijo 5	5,11	-9,48	-10,35	-6,27	6,24	6,24	-2,07	0,717098
Hijo 6	-5,62	1,63	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	0,738711

4.1.3. Mutación

La mutación ha de ser con probabilidad 0,2 para cada cromosoma completo, en caso de que se produzca, realizar esta mutación por intercambio mínimo. Disponemos de los individuos e hijos generados, y vamos a buscar cual de ellos va a mutar. Para esto cogemos ocho números aleatorios de la tabla 2, columna "*aleatorios de 0 a 1*". La condición para que haya mutación es que el aleatorio que le haya tocado a uno de los individuos o hijos, sea menor a 0,2.

	Aleatorios de 0 a 1	Mutación si Aleatorio<0,2
Individuo 3	0,248659	No muta
Individuo 6	0,395614	No muta
Hijo 1	0,967828	No muta
Hijo 2	0,717325	No muta
Hijo 3	0,759844	No muta
Hijo 4	0,574707	No muta
Hijo 5	0,004883	Muta
Hijo 6	0,257026	No muta

Tabla 10 - Individuos o hijos que van a mutar según la probabilidad establecida en el enunciado.

Observamos en la tabla y vemos que el hijo 5 es el candidato a mutar; necesitamos saber que genes son los que van a mutar, y para ello extraemos de la tabla 2, columna aleatorios de 1 a 7, los dos primeros números que corresponden a los genes a intercambiar (mutar).

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Hijo 5	5,11	-9,48	-10,35	-6,27	6,24	6,24	-2,07

Tabla 11 - Hijo 5 antes de producirse la mutación.

Los números extraídos son el 5 y el 7; se hace el cambio de los alelos de esos genes, siendo esto la correspondiente mutación.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Hijo 5	5,11	-9,48	-10,35	-6,27	**-2,07**	6,24	**6,24**

Tabla 12 - Hijo 5 después de producirse la mutación.

La población intermedia resultante tras la mutación es:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. Adecuación
Individuo 3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867
Individuo 6	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-7,11	1,032429
Hijo 1	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-11,47	0,598075
Hijo 2	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-7,11	0,784926
Hijo 3	-1,48	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,475675
Hijo 4	-2,66	2,92	-7,76	-3,75	-0,90	4,44	-5,19	0,333964
Hijo 5	5,11	-9,48	-10,35	-6,27	-2,07	6,24	6,24	0,727321
Hijo 6	-5,62	1,63	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	0,738711

Se puede observar que se recalcula la función de adecuación del hijo 5, mejorando ésta en un 1,42% con respecto a antes de la mutación.

4.1.4. Sustitución

Tenemos ocho individuos en la nueva población (t=1), nos hace falta un noveno individuo que vamos a extraerlo mediante el esquema de sustitución generacional completa con estrategia elitista. Con este esquema hemos de seleccionar el mejor individuo de la población actual o primera población (t=0) antes de su evolución(cruces) y mutación; este individuo es el que mejor función de adecuación tiene:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. Adecuación
Individuo 3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867

Con esto, podemos exponer los individuos de la siguiente generación t=1

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. Adecuación
Individuo 3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867
Individuo 6	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-7,11	1,032429
Hijo 1	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-11,47	0,598075
Hijo 2	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-7,11	0,784926
Hijo 3	-1,48	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,475675
Hijo 4	-2,66	2,92	-7,76	-3,75	-0,90	4,44	-5,19	0,333964
Hijo 5	5,11	-9,48	-10,35	-6,27	-2,07	6,24	6,24	0,727321
Hijo 6	-5,62	1,63	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	0,738711
Individuo 3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867

Tabla 13 - Nueva población generada (t=1)

Los resultados de esta primera generación con respecto a la anterior los podemos comparar en la siguiente tabla:

	Funciones de adecuación **Variante 1**		
	Antes (t=0)	**Después(t=1)**	**Porcentaje de mejora**
Máximo	1,209867	1,475675	**22%**
Mínimo	0,114896	0,333964	**191%**
Medio	0,528378	0,901204	**71%**

Tabla 14 - Comparativa de las dos poblaciones t=0 y t=1.

Observamos que en general ha habido una mejora en la nueva población, destacando la del valor mínimo. Un detalle interesante es que el hijo 3, que es el que mayor función de adecuación tiene, desciende del individuo 3, que era el que mayor función de adecuación tenía en t=0. Todo el conjunto nos puede dar una pista de que si repetimos el proceso (selección-cruce-mutación-evaluación-sustitución) varias veces, tendríamos una población más uniforme y más cercana al óptimo buscado.

4.2. Variante 2

Selección/Muestreo: selección por torneo binario.

Cruce: con probabilidad 0,45 y en caso de que se produzca realizar cruce aritmético.

Mutación: con probabilidad 0,15 para cada gen del cromosoma, y en caso de que se produzca realizar mutación uniforme (para representación en reales), considerando que el valor de los genes debe estar en el intervalo [-14,14].

Sustitución: sustitución de estado estable (Steady-state) de n=4 individuos.

4.2.1. Selección /muestreo

Comenzamos de nuevo con la población inicial:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. Adecuación
1	-5,62	1,63	-10,35	-6,27	6,24	6,24	-2,07	0,277631
2	-1,48	2,92	-7,76	-3,75	-0,90	4,44	-5,19	0,973516
3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867
4	8,62	6,35	3,75	6,74	5,72	6,52	-4,86	0,147300
5	-5,77	7,51	-8,28	-8,66	-4,61	-3,77	2,73	0,242731
6	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-7,11	1,032429
7	9,75	10,54	2,63	4,00	-3,29	-3,09	5,09	0,114896
8	-9,59	-5,62	-10,13	-9,15	4,05	6,15	-6,48	0,439391
9	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	0,317639

Tabla 15 - Población inicial.

De manera aleatoria seleccionamos ocho candidatos para realizar 4 parejas. Utilizamos la tabla 2 columna *aleatorios de 1 a 9* y se cogen los 8 primeros números aleatorios, que serán los individuos seleccionados. Formamos parejas escogiéndolas de forma secuencial y en cada pareja se compara su función de adecuación, ganando el individuo que la tenga mayor. Los individuos que hayan ganado se emparejan siguiendo un orden secuencial. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Aleatorio 1-9	Pareja	Comparación de la función de adecuación	Individuos que han ganado	
Individuo 3	1	1,209867	Individuo 3	Pareja 1
Individuo 6		1,032429		
Individuo 7	2	0,114896	Individuo 9	
Individuo 9		0,317639		
Individuo 2	3	0,973516	Individuo 3	pareja 2
Individuo 3		1,209867		
Individuo 9	4	0,317639	Individuo 9	
Individuo 1		0,277631		

Tabla 16 - Parejas formadas por torneo binario

Observamos que han salido dos parejas con los mismos individuos, esto podríamos tomarlo como unos padres que pueden tener dos hijos que serán hermanos, siempre que el azar lo permita.

4.2.2. Cruce

Dado que tenemos dos parejas iguales, tan solo vamos a coger la primera pareja, y vamos a realizar las operaciones de cruce con ésta.

		Aleatorios de 0 a 1	
Pareja 1	Individuo Padre 3 - Individuo Padre 9	0,265872	Como es <0,45, ejecutamos el cruce

Realizamos el cruce aritmético descrito en la página 448 del libro de texto. Este cruce consiste en coger los alelos de los cromosomas de los padres seleccionados, y un número aleatorio de la tabla 2, columna *aleatorios de 0 a 1* (**0,607424**) y aplicar los siguientes cálculos:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. Adecuación
Padre 3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867
Padre 9	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,5	0,317639

Genes del primer hijo:

X1 = (0,607424*(-2,66)) + (1-0,607424) * 5,11 = 0,39031552

X2 = (0,607424*(-9,48)) + (1-0,607424) * -9,48= -9,48

X3 = (0,607424*(-2,83)) + (1-0,607424) * 3,10 = -0,50202435

X4 = (0,607424*(8,12)) + (1-0,607424) * 9,33 = 8,59501696

X5 = (0,607424*(8,32)) + (1-0,607424) * 9,34 = 8,72042752

X6 = (0,607424*(-0,23)) + (1-0,607424) * 1,21 = 0,33530944

X7 = (0,607424*(-6,21)) + (1-0,607424) * -11,5 = -8,27494976

Genes del segundo hijo:

X1 = (0,607424*(5,11)) + (1-0,607424) * -2,66 = 2,05968448

X2 = (0,607424*(-9,48)) + (1-0,607424) * -9,48= -9,48

X3 = (0,607424*(3,10)) + (1-0,607424) * -2,83 = 0,77202432

X4 = (0,607424*(9,33)) + (1-0,607424) * 8,12 = 8,85498304

X5 = (0,607424*(9,34)) + (1-0,607424) * 8,32 = 8,93957248

X6 = (0,607424*(1,21)) + (1-0,607424) * -0,23 = 0,64469056

X7 = (0,607424*(-11,5)) + (1-0,607424) * -6,21 = -9,40505024

Aleatorio	**0,607424**							
	X1	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**	**X6**	**X7**	**F. Adecuación**
Hijo 1	0,39031552	-9,48	-0,50202432	8,59501696	8,72042752	0,33530944	-8,27494976	1,475675

Hijo 2	2,05968448	-9,48	0,77202432	8,85498304	8,93957248	0,64469056	-9,40505024	0,784926

Tabla 17 - Población intermedia tras el cruce.

Comparando las funciones de adecuación de los hijos con las de los padres, podemos observar que los hijos han evolucionado a mejor con respecto a sus padres, sus funciones de adecuación son mejores.

4.2.3. Mutación

Para realizar la mutación uniforme, es necesario coger tantos números aleatorios como genes tenga cada cromosoma de cada hijo, si el número aleatorio que corresponde a un gen es menor a 0,15, seleccionamos ese gen para su mutación; esto podemos verlo en las siguientes tablas:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Hijo 1	0,39031552	-9,48	-0,50202432	8,59501696	8,72042752	0,33530944	-8,27494976
Aleatorios 0-1	0,713056	0,971209	0,133909	0,316929	0,999590	0,024794	0,599262
			<0,15			<0,15	

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Hijo 2	2,05968448	-9,48	0,77202432	8,85498304	8,93957248	0,64469056	-9,40505024
Aleatorios 0-1	0,293159	0,040401	0,138519	0,248659	0,395614	0,967828	0,717325
		<0,15	<0,15				

Tabla 18 - Selección de genes para su mutación.

Del hijo 1 seleccionamos los genes x3 y el x6 ya que los aleatorios asignados son menores a la probabilidad 0,15.

Del hijo 2 seleccionamos los genes x2 y x3 ya que los aleatorios asignados son menores a la probabilidad 0,15.

Considerando que el valor de los genes tiene que estar entre [A,B]=[-14,14], y cogiendo otro número aleatorio ***r,*** siguiendo el orden en la secuencia en la tabla de *aleatorios de 0 a 1*, aplicamos la fórmula dada en el enunciado para la mutación:

$$\boxed{f(r) = (B - A)r + A}$$

Donde:

	Cálculo	Aleatorio	Resultado
Hijo 1	x3 = (0,759844*28)-14	0,759844	7,275632
	x6 = (0,574707*28)-14	0,574707	2,091796
Hijo 2	x2 = (0,004883*28)-14	0,004883	-13,863276
	x3 = (0,257026*28)-14	0,257026	-6,803272

A continuación se observan los resultados de la población intermedia tras las mutaciones:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. Adecuación
Hijo 1	0,39031552	-9,48	7,275632	8,59501696	8,72042752	2,091796	-8,27494976	0,889428
Hijo 2	2,05968448	-13,863276	-6,803272	8,85498304	8,93957248	0,64469056	-9,40505024	0,472218

Como podemos comprobar la mutación no ha sido beneficiosa; vemos que la función de adecuación ha empeorado con respecto al cruce aritmético que se hizo en el anterior apartado.

4.2.4. Sustitución

Usamos este mecanismo de sustitución generacional, seleccionando un número de individuos de la población inicial (en nuestro caso serán n=4), y los sustituimos por los nuevos individuos evolucionados (los hijos). Los individuos seleccionados son los que tengan peor valor de la función de adecuación, es por ello que cogemos este criterio para ordenarlos de menor a mayor; cogemos los cuatro peores y los sustituimos por los hijos 1 y 2.

Individuo	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	F. Adecuación
Hijo 1	0,39	-9,48	7,28	8,60	8,72	2,09	-8,27	0,889428
Hijo 2	2,06	-13,86	-6,80	8,85	8,94	0,64	-9,41	0,472218
Hijo 1	0,39	-9,48	7,28	8,60	8,72	2,09	-8,27	0,889428
Hijo 2	2,06	-13,86	-6,80	8,85	8,94	0,64	-9,41	0,472218
9	5,11	-9,48	3,10	9,33	9,34	1,21	-11,47	0,317639
8	-9,59	-5,62	-10,13	-9,15	4,05	6,15	-6,48	0,439391
2	-1,48	2,92	-7,76	-3,75	-0,90	4,44	-5,19	0,973516
6	-6,83	-10,73	-4,95	9,22	11,02	5,65	-7,11	1,032429
3	-2,66	-9,48	-2,83	8,12	8,32	-0,23	-6,21	1,209867

Tabla 19 - Población evolucionada a la nueva generación.

Los resultados de esta primera generación evolucionada con respecto a la anterior, los podemos comparar en la siguiente tabla:

	Funciones de adecuación **Variante 2**		
	Antes (t=0)	**Después(t=1)**	**Porcentaje de mejora**
Máximo	1,209867	1,209867	**0%**
Mínimo	0,114896	0,317639	**64%**
Medio	0,528378	0,744014889	**29%**

Tabla 20 - Conclusiones una vez ejecutada la variante 2.

Es curioso ver que la única mejora más significativa ha sido en el valor mínimo con respecto a la población inicial t=0. También resulta interesante las diferencias tan significativas entre los resultados de la Variante 1 con los de la Variante 2, donde ésta última, su población evolucionada t=1, no ha mejorado significativamente.

5. Comentarios

Siempre opino que para entender algo y aprender con claridad conceptos abstractos, lo mejor es buscar su aplicación práctica con ejemplos simples y/o ejercicios. Esta actividad es un ejemplo más de ello.

He encontrado ciertas dificultades al principio para entender que es lo que buscábamos y que había que hacer, la bibliografía ha sido de gran ayuda junto con el documento de descripción de la actividad; los foros e Internet han sido también de ayuda.

En definitiva, esta práctica me ha permitido entender con claridad el funcionamiento de los algoritmos genéticos y en general de lo que es la computación evolutiva. Interesante y enriquecedor trabajo.

6. Bibliografía

Libros

- *Inteligencia Artificial: técnicas, métodos y aplicaciones. José T. Palma y Roque Marín Morales.*
- *Algoritmos evolutivos: un enfoque práctico. Araujo y Cervigón*

Direcciones/Documentos Web

- *https://www.ecured.cu/Algoritmo_gen%C3%A9tico*
- *https://www.ecured.cu/Algoritmos_Gen%C3%A9ticos*
- *https://elvex.ugr.es/decsai/iaio/slides/G2%20Genetic%20Algorithms.pdf*

Video tutoriales

- *Video Dr. José Miguel Castillo. Universidad Internacional de La Rioja.* https://www.youtube.com/watch?v=-rxGSe2ROX4
- *Video MinmachineTV:* https://www.youtube.com/watch?v=Bhme3i8jHpU