

Un ejemplo de Temple simulado (Simulated Annealing, SA)

Dada la función:

$$f(x) = x^3 - 60x^2 + 900x + 100$$

queremos hallar el máximo de dicha función entre los puntos $x = 0$ y $x = 31$.

A continuación se describe cómo se puede resolver este problema utilizando un algoritmo de temple simulado. Antes de empezar, debemos tener en cuenta que existen diversas versiones sobre este algoritmo, pero todas se basan en el mismo principio: buscar un esquema de "temperatura" que haga que el descenso sea lo suficientemente significativo al principio para permitir "saltos" (siempre gobernados por procesos aleatorios) en el espacio de estados que impidan que nos estancuemos en un mínimo (o máximo) local y poco a poco ir disminuyendo dicho descenso para que podamos encontrar el extremo relativo global.

1) Discretizamos el rango de valores de x con vectores binarios de 5 componentes entre 00000 y 11111. Estos 32 vectores constituyen el conjunto S de las soluciones factibles del problema. Para cada

$$i \in S \text{ definimos } N(i) = \{j / j \text{ resulta de cambiar una componente de } i\}$$

es decir, $N(i)$ tiene 5 elementos.

Por ejemplo, si $i = 10100$ (20), los cinco componentes serán:

$$N(j = 5) = 00100 \text{ (4)}$$

$$N(j = 4) = 11100 \text{ (28)}$$

$$N(j = 3) = 10000 \text{ (16)}$$

$$N(j = 2) = 10110 \text{ (22)}$$

$$N(j = 1) = 10101 \text{ (21)}$$

(Nótese que cuanto más significativo es el bit que se cambia, mayor es el salto en el valor de x que figura entre paréntesis)

2) Asignamos **un valor inicial a T** intuitivamente, por ejemplo, $T_0 = 100$ o 500 y en cada iteración del algoritmo lo reduciremos en 10%, es decir, $T_i = 0.9 T_{i-1}$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

1. $i = \text{GeneraUnEstadoInicial}()$
2. $T = T_0; g := 0$
4. **mientras** ($\text{CondicionesParoNoActivas}(g, T)$) **hacer**
3. $j = \text{TomaUnVecinoAleatorioDe}(i)$
4. **si** $f(j) > f(i)$
5. $i = j$
6. **si no**
7. **si** ($\text{Aleatorio}(0, 1) < \exp(f(j) - f(i)/T)$)
8. $i = j$
9. **fin si**
10. **fin si**
11. $g = g + 1$
12. $T = \text{Actualiza}(g, T)$
13. **fin mientras**

El algoritmo de temple simulado trabajará de la siguiente forma:

Elegimos una solución i

Establecemos al azar un valor de j de $N(i)$ y reemplazamos j por i si $f(j) > f(i)$

En caso contrario rechazar j si $f(j) \leq f(i)$ y $\xi > e^{-\frac{f(j)-f(i)}{T_k}}$, siendo ξ un número al azar en el intervalo $(0,1)$

A continuación se muestran los valores de la función según los valores de x , tanto en binario como en decimal:

Binario	Decimal	$f(x)$	Binario	Decimal	$f(x)$
00000	0	100	10000	16	3236
00001	1	941	10001	17	2973
00010	2	1668	10010	18	2692
00011	3	2287	10011	19	2399
00100	4	2804	10100	20	2100
00101	5	3225	10101	21	1801
00110	6	3556	10110	22	1508
00111	7	3803	10111	23	1227
01000	8	3972	11000	24	964

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

En la siguiente tabla mostramos cinco iteraciones partiendo de un T inicial de 100.

El algoritmo llega a 10000 y no puede salir de la atracción de este valor en las siguientes 50 iteraciones. El valor 10000 ($x=16$) es un máximo relativo dentro del entorno $N(10000)$. Esto muestra que el valor inicial de T es muy bajo para sacarlo de la trampa en que cae partiendo de 10011.

T	bit	vecino(x)	f(vecino)	delta f	¿cambiar?²	x
						10011
100	1	00011	2287	112	no	10011
90	3	10111	1227	1172	no	10011
81	5	10010	2692	<0	si	10010
73	2	11010	516	2176	no	10010
66	4	10000	3236	<0	si	10000
59	3	10100	2100	1136	no	10000

Y en la siguiente tabla se muestran 9 iteraciones partiendo de un T inicial de 500 y se llega al óptimo 01010 ($x=10$) en la iteración 7. En las 150 iteraciones restantes el valor visitado fue el óptimo o uno de sus vecinos. Esto muestra la importancia de fijar acertadamente T_0 y el esquema de trabajo.

T	bit	vecino(x)	f(vecino)	delta f	¿cambiar?²	x
						10011
500	1	00011	2287	112	si	00011
450	3	00111	3803	<0	si	00111
405	5	00110	3556	247	si	00110
364	2	01110	3684	<0	si	01110
328	4	01100	3988	<0	si	01100
295	3	01000	3972	16	si	01000
266	4	01010	4100*	<0	si	01010
239	5	01011	4071	29	si	01011
215	1	11011	343	3728	no	01011



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**