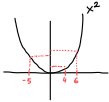


PSO - Parçacık Sürü Optimizasyonu

Örnek-1

$f(x) = x^2$
 parçacık = 3
 $C_1 = 0,7$
 $C_2 = 0,7$
 $r_1 = 0,2$
 $r_2 = 0,4$
 $i = 3$
 $W = 0,5$



Rastgele oluşturulan parçacıklar

S		
x_1	x_2	x_3
4	6	-5
4,5	5,96	-4,78
4,39	3,96	-2

Pbest

x_1	x_2	x_3
4	6	-5
4	5,96	-4,78
4	3,96	-2

V

v_1	v_2	v_3
1	-1	2
0,5	-0,06	0,22
-0,11	x	y

$$g_{best} = \frac{1}{-2}$$

$$V_i(i+1) = W \cdot V_i(t) + C_1 \cdot r_1 (pbest_i - x_i(t)) + C_2 \cdot r_2 (g_{best} - x_i(t))$$

$$Güncel : x(i+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$$

1. iterasyon

$$v_1(i+1) = 0,5 \cdot 1 + 0 + 0 = 0,5$$

$$v_2(i+1) = 0,5 + 0 + (0,7 \cdot 0,4 \cdot (4 - 6)) = -0,06$$

$$v_3(i+1) = 0,5 \cdot (-1) + 0 + 0,7 \cdot 0,6 \cdot (4 - 6) = 0,22$$

2. iterasyon

$$v_1 = 0,5 \cdot 0,5 + 0,7 \cdot 0,2 \cdot (4 - 4,5) + 0,7 \cdot 0,4 \cdot (4 - 4,5) = -0,11$$

$$v_2 = 0,5 \cdot (-0,06) + 0,7 \cdot 0,2 \cdot (5,96 - 6) + 0,7 \cdot 0,4 \cdot (4 - 5,96) = x$$

$$v_3 = 0,5 \cdot 0,22 + 0,7 \cdot 0,2 \cdot (-4,78 - (-5)) + 0,7 \cdot 0,4 \cdot (4 - (-5)) = y$$

pozisyon + yeni hız = yeni pozisyon

Örnek-2

$$f(x) = x^2$$

$$W = 0,5$$

$$C_1 = 1 \quad C_2 = 2$$

$$r_1 = 0,1 \quad r_2 = 0,5$$

S

x_1	x_2	x_3
2	3	-3
2,25	2,75	1,25

Pbest

x_1	x_2	x_3
2	3	-3
2	2,75	1,75
1,85	1,625	1,75

V

v_1	v_2	v_3
0,5	1,5	-0,5
0,25	-0,25	4,75
-0,4	-1,25	2,75

$$G_{best} = \frac{2}{1,625} \checkmark$$

$$V_i(i+1) = W \cdot V_i(t) + C_1 \cdot r_1 (pbest_i - x_i(t)) + C_2 \cdot r_2 (g_{best} - x_i(t))$$

$$v_1 = 0,5 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0 + 2 \cdot 0,1 \cdot (2 - 2) = 0,25$$

$$v_2 = 0,5 \cdot 1,5 + 0,1 \cdot 0 + 2 \cdot 0,1 \cdot (2 - 3) = 0,75 - 1 = -0,25$$

$$v_3 = 0,5 \cdot (-0,5) + 0,1 \cdot 0 + 2 \cdot 0,1 \cdot (2 + 3) = -0,25 + 5 = 4,75$$

$$x_1 = 2 + 0,25 = 2,25$$

$$x_2 = 3 - 0,25 = 2,75$$

$$x_3 = -3 + 4,75 = 1,75$$

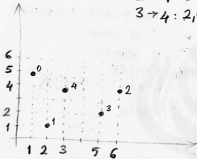
Genetik Algoritma Örnek

→ Gezgin satıcı problemi

• 5 şehir var

mesafeleri

0 (1,5)	0 → 1 : 4,12
1 (2,1)	0 → 2 : 5,09
2 (6,4)	0 → 3 : 5
3 (5,2)	0 → 4 : 2,23
4 (3,4)	1 → 2 : 5
	1 → 3 : 3,16
	1 → 4 : 3,17
	2 → 3 : 2,23
	2 → 4 : 3
	3 → 4 : 2,82



E=2 (elitizm:2)

Adım1 : popülasyon üretimi

A1: 0 2 3 4 1

A2: 3 1 4 0 2

A3: 4 0 1 1 3

A4: 1 2 3 4 0

Adım2 : fitness hesap

A1 : 13,31 *

A2 : 13,65

A3 : 15,48

A4 : 12,28 *

Adım3 : seçim

Turnuva :

parents

T1 : A2 ↔ A4 → A4

T2 : A2 ↔ A3 → A2

Adım4 : Cross over

One point :

A4 : 1 2 | 3 4 0

A2 : 3 1 | 4 0 2

point = 2 olsun

C1 : 12 4 0 2

C2 : 31 3 4 0

her şehre uğramadığı için

order

Hepsine uğrama
kısıtı vardı

C1 : 12403

C2 : 31240

Adım5 : mutasyon

insertion :

C1 : 12403

C1 : 12430

C2 : 31240

Adım6 : elitizm/yeni pop. ve fitness

A4 : 12340 = 12,24

A1 : 02341 = 13,31

C1 : 12430 = 15,82

C2 : 31240 = 13,39

Örnek

$$F(x, y) = x^2 + y^2$$

Fonksiyonunun Farksal gelişim algoritması ile minimize edil. çözüm?

$$Np: 5$$

$$F: 0,5$$

$$Cr: 0,7$$

$$V = x_{r1} + F \cdot (x_{r2} - x_{r3})$$

$$u_{ij} = \begin{cases} v_{ij}, & \text{eğer rand}(0-1) > Cr \\ x_{ij} \end{cases}$$

$$pop = \{(1,2), (4,7), (3,3), (2,9), (5,1)\}$$

$$pop2 = \{(1,2), (4,05), (-0,5,3)\}$$

1. iterasyon1.birey

$$x_1 = (1,2)$$

$$x_{r1} = (3,3)$$

$$x_{r2} = (5,1)$$

$$x_{r3} = (2,9)$$

$$v_x = 3 + 0,5(5-2) = 4,5$$

$$v_y = 3 + 0,5(1-9) = -1$$

$$v_{xy} = (4,5, -1)$$

$$u_{ij} = (4,5, 2)$$

$$f(x_1) = 5 \quad \leftarrow$$

$$f(u_{ij}) = 24,25$$

2.birey

$$x_2 = (4,7)$$

$$x_{r1} = (5,1)$$

$$x_{r2} = (1,2)$$

$$x_{r3} = (3,3)$$

$$v_x = 5 + 0,5(1-3) = 4$$

$$v_y = 1 + 0,5(2-3) = 0,5$$

$$v_{xy} = (4, 0,5)$$

$$u_{ij} = (4, 0,5)$$

$$f(x_2) = 65$$

$$f(u_{ij}) = 16,25 \quad \leftarrow$$

3.birey

$$x_3 = (3,3)$$

$$x_{r1} = (1,2)$$

$$x_{r2} = (2,9)$$

$$x_{r3} = (5,1)$$

$$v_x = 1 + 0,5(2-5) = -0,5$$

$$v_y = 2 + 0,5(9-1) = 6$$

$$v_{xy} = (0,5, 6)$$

$$u_{ij} = (-0,5, 3)$$

$$f(x_3) = 18$$

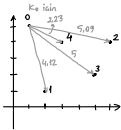
$$f(u_{ij}) = 9,25 \quad \leftarrow$$

ACO - Karınca Kolonisi

Örnek

Buharlaştırma = 0,5

Şehirler = $\begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ (1,5), (2,1), (6,4), (5,2), (3,4) \end{matrix}$



= Mesafeler =

0→1: 4,12
0→2: 5,09
0→3: 5
0→4: 2,23
1→2: 5
1→3: 3,16
2→3: 2,23
2→4: 3
3→4: 2,82

K₀ için

$K_0 \Rightarrow 0 \Rightarrow 1$ maliyeti

$$P_{0,1} = \frac{1 \times \frac{1}{4,12}}{(1 \times \frac{1}{4,12}) + (1 \times \frac{1}{5,09}) + (1 \times \frac{1}{5}) + (1 \times \frac{1}{2,23})} = \frac{0,2427}{1,0876} = 0,2231 \approx \%22$$

→ Tüm ihtimaller

$$P_{0,2} = \frac{1 \times \frac{1}{5,09}}{1,0876} = \frac{0,1964}{1,0876} = 0,1805 \approx \%18$$

$$P_{0,3} = \frac{1 \times \frac{1}{5}}{1,0876} = \frac{0,2}{1,0876} = 0,1838 \approx \%19$$

$$P_{0,4} = \frac{1 \times \frac{1}{2,23}}{1,0876} = \frac{0,4484}{1,0876} = 0,4122 \approx \%41$$

0,18	0,19	0,22	0,41
0,18	0,37	0,59	1

Rand [0-1]

0,80

0 - 0,18 \Rightarrow 2
0,18 - 0,37 \Rightarrow 3
0,37 - 0,59 \Rightarrow 1
0,59 - 1 \Rightarrow 4



P_{0,1}

P_{0,2}

P_{0,3}

2. adım sonrasında
1. adım ve
4. adımı belirlenince
varsayalım

sonuç:

$K_0 = [0 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 0]$

Toplam maliyet =

0→4: 2,23
4→2: 3
2→3: 2,23
3→1: 3,16
1→0: 4,12

} 14,74

K₁ için $K_1 = [1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 0 \rightarrow 1]$

varsayalım

Toplam maliyet =

1→2: 5
2→3: 2,23
3→4: 2,82
4→0: 2,23
0→1: 4,12

} 16,40

Feromon (başlangıçta)

	0	1	2	3	4
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1

$K_0 = [0 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 0] \Rightarrow$ Toplam maliyet = 14,74

$K_1 = [1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 0 \rightarrow 1] \Rightarrow$ Toplam maliyet = 16,40

Feromon güncelle = $F_{eski} \cdot \beta + \frac{1}{K_{yeni}}$

↳ buharlaşma

$$K_1 = \frac{1}{14,74} = 0,07$$

$$K_0 = \frac{1}{16,40} = 0,06$$

Feromon Güncelle

	0	1	2	3	4
0	0,5	0,56	0,5	0,5	0,56
1	0,56	0,5	0,56	0,5	0,5
2	0,5	0,5	0,5	0,67	0,5
3	0,5	0,56	0,5	0,5	0,56
4	0,56	0,5	0,56	0,5	0,5

→ Karıncaların geçirdiği yolu hesaba katıyoruz.

Örnek

ABC-Yapay Arı Kolonisi

$f(x) = x^2$ Fonksiyonunu ABC algoritması ile

optimize edelim.

$N_p = 4$ (popülasyon sayısı)

$X_{min} = -10$

$X_{max} = 10$

iterasyon sayısı = 1

$x = [2, -3, 1, -4]$

$x_{limit} = [1, 1, 0, 0]$ sayılar güncellenme olmadığında artırıldığında 0 yap

İşçi Arı Fazı

$x_1 = 2$ $x_3 = 1$ $rand = 0,5$

$V_1 = x_1 + rand \cdot (x_1 - x_k)$
 $= 2 + 0,5 \cdot (2 - 1)$
 $= 2,5$

$Fit(x_1) = 4$ $Fit(x_1) = \frac{1}{1 + f(x_1)} = 0,2$ fit(x_1) < fit(x_2)
güncelleme yok
 $Fit(v_1) = \frac{1}{1 + f(v_1)} = 0,13$

$x_2 = -3$

$x_3 = 1$ $v_2 = -3 + 0,5 \cdot (-3 - 1) = -5$ fit(v_2) < fit(x_2)
güncelleme yok
 $Fit(x_2) = 0,1$
 $Fit(v_2) = 0,04$

$x_3 = 1$

$x_1 = 2$ $v_3 = 1 + 0,5 \cdot (1 - 2) = 0,5$ fit(v_3) > fit(x_3)
güncelleme var
 $Fit(x_3) = 0,5$
 $Fit(v_3) = 0,8$

$x_4 = -4$

$x_2 = -3$ $v_4 = -4 + 0,5 \cdot (-4 - (-3)) = -3,5$ fit(v_4) > fit(x_4)
güncelleme var
 $Fit(x_4) = 0,05$
 $Fit(v_4) = 0,07$

$x = [2, -3, 0,5, -3,5]$

Görlemö Arı Fazı

$x = [2, -3, 0,5, -3,5]$

$Fit(x) = [0,2, 0,1, 0,8, 0,07]$

$P_1 = \frac{Fit(x_1)}{\sum_{j=1}^N Fit(x_j)} = 1,17$

$P_1 = \frac{0,2}{0,2 + 0,1 + 0,8 + 0,07} = 0,17$

$P_2 = \frac{0,1}{1,17} = 0,08$

$P_3 = \frac{0,8}{1,17} = 0,68$

$P_4 = \frac{0,07}{1,17} = 0,05$

$P(x) = [0,17, 0,08, 0,68, 0,05]$

x_1	x_2	x_3	x_4
0,05	0,08	0,17	0,68
0,05	0,13	0,30	1,0

$0 - 0,05 = x_4$
 $0,05 - 0,13 = x_2$
 $0,13 - 0,30 = x_1$
 $0,30 - 1 = x_3$

$Rand = [0,7, 0,5, 0,1, 0,32]$
 $[x_3, x_2] \times x_1 \times x_3 \times x_2 \times x_3$

$x_3 = 0,5$

$x_1 = 2$
 $rand = 0,5$

$v_3 = 0,5 + 0,5 \cdot (0,5 - 2) = -0,25$

$Fit(x_3) = 0,8$

$Fit(v_3) = 0,94$

$Fit(v_3) > Fit(x_3)$ güncelleme var

$x_2 = -3$

$x_3 = 0,5$

$v_2 = 4,75$

$Fit(x_3) = 0,1$

$Fit(v_2) = 0,04$

$Fit(v_2) < Fit(x_3)$ güncelleme yok

$x = [2, -3, -0,25, -3,5]$

Kasit Arı Fazı

Eşik = 3

$x = [2, -3, -0,25, -3,5]$

$x_{limit} = [3, 0, 0, 2]$ olduğunu varsayalım

x_1 için

$x_1 = x_{min} + rand \cdot (x_{max} - x_{min})$
 $= -10 + 0,7 \cdot (10 - (-10)) = 4$

Best poz = 0,25
 Best f(x) = 0,62

$f(x) = x^2 - 2x$ fonksiyonunu SCO algoritması ile optimize ediniz

$$\text{maxitr} = 10$$

$$p = 0$$

$$ub = 10$$

$$m = 2$$

$$lb = -10$$

Formüller

$$\text{Kesif: } x_i = \begin{cases} g_{\text{best}} + w \cdot |g_{\text{best}}|, & \text{Rnd} < 0,5 \\ g_{\text{best}} - w \cdot |g_{\text{best}}|, & \text{Rnd} \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\text{Local Arama: } x_i = \begin{cases} g_{\text{best}} + \text{Rnd} \cdot w \cdot (ub - lb), & \text{Rnd} < 0,5 \\ g_{\text{best}} - \text{Rnd} \cdot w \cdot (ub - lb), & \text{Rnd} \geq 0,5 \end{cases}$$

$$x_i = \begin{cases} g_{\text{best}} + \text{Rnd} \cdot (ub - lb), & \text{Rnd} < 0,5 \\ g_{\text{best}} - \text{Rnd} \cdot (ub - lb), & \text{Rnd} \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{\text{maxitr}}{3}$$

$$\alpha = 3 \text{ iterasyon}$$

ilk atama

$$\begin{aligned} x &= lb + \text{Rnd} \cdot (ub - lb) \\ &= -10 + 0,8 \cdot (10 - (-10)) \\ x &= 6 \end{aligned}$$

$$\text{Rnd} = 0,8$$

1. iterasyon

$$\text{Rnd} = 0,1$$

$$x_i = 6 + 0,9 \cdot 6 = 11,4$$

$$lb < 11,4 < ub \quad \times$$

2. iterasyon

$$\text{Rnd} = 0,4$$

$$x_i = 6 + 0,81 \cdot 6 = 10,86$$

$$lb < x_i < ub \quad \times$$

3. iterasyon

$$\text{Rnd} = 0,6$$

$$x_i = 6 - 0,74 \cdot 6 = 1,56$$

$$ub < 1,56 < lb \quad \checkmark$$

$$\begin{aligned} f(x) &= (1,56)^2 - 2 \cdot (1,56) \\ &= -0,68 \end{aligned}$$

$$f(g_{\text{best}}) = 6^2 - 2 \cdot 6 = 24$$

$$f(x) < f(g_{\text{best}}) \quad \checkmark$$

$$g_{\text{best}} = 1,56 \quad \text{Güncelleme var}$$

Local Arama Fazı

4. iterasyon

$$\text{Rnd} = 0,9 \quad p = 0 \quad w = 0,67$$

$$x_i = 1,56 - 0,9 \cdot (0,67) \cdot (10 - (-10)) = -10,5$$

$$ub < x_i < lb \quad \times$$

5. iterasyon

$$\text{Rnd} = 0,3 \quad p = 0 \quad w = 0,60$$

$$x_i = 1,56 + 0,60 \cdot 0,3 \cdot 20 = 5,16$$

$$f(x_i) = 16,3$$

$$f(g_{\text{best}}) = -0,68$$

$$f(x) < f(g_{\text{best}}) \quad \times$$

güncelleme yok!

6. iterasyon

$$\text{Rnd} = 0,01 \quad p = 1 \quad w = 0,54$$

$$x_i = 1,56 + 0,54 \cdot 0,01 \cdot 20 = 1,66$$

$$f(x_i) = 0,55$$

$$f(g_{\text{best}}) = -0,68$$

$$f(x_i) < f(g_{\text{best}}) \quad \times$$

güncelleme yok!

7. iterasyon

$$\text{Rnd} = 0,003 \quad p = 2 \quad w = 0,49$$

$$x_i = 1,56 + 0,003 \cdot 20 = 1,58$$

$$f(x_i) = -0,65$$

$$f(g_{\text{best}}) = -0,68$$

$$f(x_i) < f(g_{\text{best}}) \quad \times$$

$w(t)$
0,90
0,81
0,74
0,67
0,60
0,54
0,49
0,44
0,40
0,36

- GWO - Gri Kurt Optimizasyonu

1. kurtun güncellemesini yapıp bırakacağız
çünkü işlemler çok uzun.

Örn: $f(x) = x^2$ fonksiyonunu GWO ile optimize ediniz.

Başlangıç pozisyonları = $x = [\underbrace{4}_{x_1}, \underbrace{-3}_{x_2}, \underbrace{2.5}_{x_3}, \underbrace{-1.5}_{x_4}, \underbrace{1}_{x_5}]$

$n = 5 \rightarrow$ kurt sayısı
 $T = 10 \rightarrow$ iteras. sayısı
 $a = 2$

formüller:

$$A = 2 \cdot a \cdot R_1 - a \quad C = 2 \cdot R_2 \quad D_\alpha = |C \cdot x_\alpha - x_i|$$

Not: R_1 ve R_2 0-1 arasında random belirlenir.

$$x_i^\alpha = x_\alpha - A \cdot D_\alpha \rightarrow i. \text{ iterasyondaki } \alpha \text{ katkısı}$$

$$x_i^{\text{yeni}} = \frac{x_i^\alpha + x_i^\beta + x_i^\delta}{3} \Rightarrow \text{ birey güncelleme form.}$$

Gözüm: 1. iterasyon:

$$f(x)'e \text{ bakarsak } x_\alpha = 1 = x_5 \quad x_\beta = -1.5 = x_4 \quad x_\delta = 2.5 = x_3$$

\hookrightarrow yani minimal optimuma en yakın 3 bireyi hiyerarsik seçtik.

$$x_1 = 4 \text{ için: } R_1 = 0,7 \quad R_2 = 0,5$$

$$A_1 = 2a \cdot R_1 - a = 2 \cdot 2 \cdot 0,7 - 2 = 0,8$$

$$C_1 = 2 \cdot R_2 = 2 \cdot 0,5 = 1$$

$$D_\alpha = |C \cdot x_\alpha - x_i| = |1 \cdot 1 - 4| = 3$$

$$x_1^\alpha = x_\alpha - A \cdot D_\alpha = 1 - 0,8 \cdot 3 = \underline{-1,4}$$

$\hookrightarrow \alpha$ katkısını bulduk, şimdi β ve δ katkısını da bulup
bunların aritmetik ortalamasını alacağız.

$$\beta \text{ katkısı: } R_1 = 0,4 \quad R_2 = 0,8$$

$$A_2 = 2a \cdot R_1 - a = 2 \cdot 2 \cdot 0,4 - 2 = -0,4$$

$$C_2 = 2 \cdot R_2 = 2 \cdot 0,8 = 1,6$$

$$D_\beta = |C_2 \cdot X_\beta - x_i| = |1,6 \cdot (-1,5) - 4| = 6,4$$

$$X_1^\beta = X_\beta - A_\beta \cdot D_\beta = -1,5 - (-0,4) \cdot 6,4 = \underline{\underline{1,06}}$$

$$\delta \text{ katkısı: } R_1 = 0,3 \quad R_2 = 0,5$$

$$A_3 = 2a \cdot R_1 - a = 2 \cdot 2 \cdot 0,3 - 2 = -0,8$$

$$C_3 = 2 \cdot R_2 = 2 \cdot 0,5 = 1$$

$$D_\delta = |C_3 \cdot X_\delta - x_i| = |1 \cdot 2,5 - 4| = 1,5$$

$$X_1^\delta = X_\delta - A_\delta \cdot D_\delta = 2,5 - (-0,8) \cdot 1,5 = \underline{\underline{3,7}}$$

$$\text{yeni pozisyon} = X_1^{\text{yeni}} = \frac{X_1^\alpha + X_1^\beta + X_1^\delta}{3} = \frac{-1,4 + 1,06 + 3,7}{3} = \underline{\underline{1,12}}$$

Devam etseydik, diğer kurtlar için de aynı işlemi yapacaktık. Sonrasında yeni α , β ve δ 'ları seçerek bu işlemi 10 iterasyon boyunca devam ettirecektik.

Örnek

BA - Yarasa Algoritması

$f(x) = x^2$ Fonk. BA algoritması ile optimize ediniz $[-10, 10]$

Başlangıç parametreleri

$$\begin{aligned} A_1, A_2, A_3 &= 1 \\ r_1, r_2, r_3 &= 0,5 \\ V_1, V_2, V_3 &= 0 \\ f_{\min} &= 0 \quad f_{\max} = 2 \end{aligned} \quad \alpha = 0,9$$

$$x_1 = 3 \quad x_2 = -2 \quad x_3 = 1$$

$$f(x_1) = 9 \quad f(x_2) = 4 \quad f(x_3) = 1$$

$$x_{\text{best}} = x_3 = 1$$

1. iterasyon

frekans güncelle $f_i = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min}) \cdot \text{rand}$

$$f_1 = 0 + (2 - 0) \cdot 0,6 = 1,2$$

$$f_2 = 0 + (2 - 0) \cdot 0,3 = 0,6$$

$$f_3 = 0 + (2 - 0) \cdot 0,8 = 1,6$$

Hız güncelle $V_i = V_i + (x_i - x_{\text{best}}) \cdot f(i)$

$$V_1 = 0 + (3 - 1) \cdot 1,2 = 2,4$$

$$V_2 = 0 + (-2 - 1) \cdot 0,6 = -1,8$$

$$V_3 = 0 + (1 - 1) \cdot 1,6 = 0$$

Pozisyon güncelle $x_{i+1} = x_i + V_i$

$$x_{1 \text{ yeni}} = 3 + 2,4 = 5,4$$

$$x_{2 \text{ yeni}} = -2 + (-1,8) = -3,8$$

$$x_{3 \text{ yeni}} = 1 + 0 = 1$$

Kontrol $x_{1 \text{ yeni}}, x_{2 \text{ yeni}}, x_{3 \text{ yeni}} \in [-10, 10]$

Yerel Arama Fazı $x_i = x_{\text{best}} + E \cdot \text{Rand}_i$ ($E = 0,1$)

x_1 için; $\text{Rand} = 0,7$ $\text{Rand} > r_1$ ✓ $x_1 = 1 + 0,1 \cdot 0,3 = 1,3$

x_2 için; $\text{Rand} = 0,4$ $\text{Rand} < r_2$ ✗ **yerel arama yapma**

x_3 için; $\text{Rand} = 0,8$ $\text{Rand} > r_3$ ✓ $x_3 = 1 + 0,1 \cdot (-0,2) = 0,98$

Kabul kontrolü

$x_1 = 1,3$ için $= f(x_{\text{yeni}}) < f(x)$ ve $\text{rand} < A_1$ ✓ $x_1 = 1,3$
 $\text{rand} = 0,4$

$x_2 = -3,8$ için $= f(x_{\text{yeni}}) < f(x_2)$ ve $\text{rand} < A_2$ ✗ $x_2 = -2$
 $\text{rand} = 0,6$

$x_3 = 0,98$ için $= f(x_{\text{yeni}}) < f(x_3)$ ve $\text{rand} < A_3$ ✓ $x_3 = 0,98$
 $\text{rand} = 0,5$

Yeni Parametreleri Güncelle

$$A_i = A_i \alpha \rightarrow 0,9$$

$$A_1 = 1 \cdot 0,9 = 0,9$$

$$A_2 = \text{Güncelleme olmadı}$$

$$A_3 = 1 \cdot 0,9 = 0,9$$

$$r_i = r_i \cdot (1 - e^{-3t})$$

$$\begin{aligned} t &= 2 \\ 3 &= 0,9 \end{aligned}$$

$$r_1 = 0,5 \cdot (1 - e^{-(0,9 \cdot 2)}) \approx 0,42$$

$$r_2 = x$$

$$r_3 \approx 0,42$$