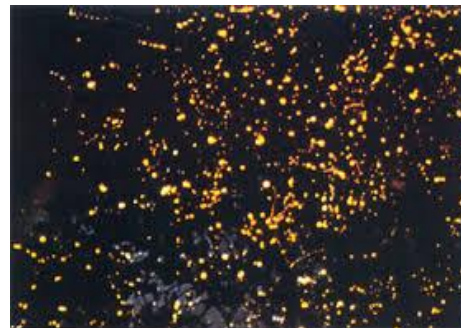


# رفتارهای کرم شب تاب

- کرم های شب تاب از طریق مکانیزم های شیمیایی می توانند انرژی ذخیره شده ای که از طریق غذا یا روش های دیگر کسب کرده اند را به صورت نور از خود ساطع نمایند.
- کرم های شب تاب می توانند الگو یا اصطلاحاً **Pattern** خاصی را تولید بکنند (مانند پیغام های SoS)
- الگوها به صورت منحصر به فرد است و افراد هر گونه فقط به گونه خودشان توجه می کنند.

## • هدف از این موارد :

- ✓ برای جذب سایرین در گروه
- ✓ برای جذب شکار
- ✓ برای دفع افراد مزاحم



# رفتارهای کرم شب تاب (ادامه)

**عامل جذابیت یک کرم شب تاب** ← آنها از طریق نوری که از خود ساطع میکنند ایجاد جذابیت می کنند .  
(Attractiveness)

**عوامل جذب کرم های شب تاب به یکدیگر** ← نورهای ریتمیک (Flash) ، نرخ تابیدن نور (Rate Of Flash) و میزان فاصله زمانی که بین سیگنال های نور وجود دارد .

**نکته :** فاصله در میزان شدت نور تاثیر میگذارد ، هر چه فاصله بین دو کرم بیشتر باشد نور کمتری از یکدیگر دریافت میکنند .

**نتیجه :** یک کرم شب تاب اگر نور بیشتری از خود ساطع کند از نظر سایر کرمهای شب تاب جذاب تر است و کرمهای با نور ضعیفتر و با فاصله ی کمتر را به خود جذب میکند

## عوامل تضعیف نور :

نور به دلیل عوامل زیر دچار تضعیف می شود :

✓ جذب نور توسط هوا

✓ افزایش فاصله

- به دلیل تضعیف نور گرم های شب تاب سعی میکنند در فواصل نزدیک به هم قرار بگیرند

# الگوریتم کرم شب تاب (FA) :

- الگوریتم FA یکی از الگوریتم های بهینه سازی تکاملی است .
- این الگوریتم با الگو برداری از درخشندگی کرم های شب تاب و رفتارهای آنها در طبیعت طراحی شده است.
- الگوریتم کرم شب تاب توسط شخصی به نام Xin-She Yang در سال ۲۰۰۷ و در دانشگاه کمبریج ارائه شد.

## فرضیات پیاده سازی الگوریتم FA:

- همه کرم های شب تاب تک جنسیتی هستند و عامل جذب جفت ها به یکدیگر بدون در نظر گرفتن جنسیت آنها می باشد .
- میزان جذابیت به نسبت درخشندگی آنها می باشد. در واقع برای هر جفت کرم شب تاب ، کرمی که نور کمتری دارد به سمت کرمی که نور بیشتری دارد جذب می شود .
- با افزایش فاصله بین دو کرم ، شدت نور نیز کاهش پیدا می یابد و اگر شدت نور دو کرم شب تاب مشابه یکدیگر باشد ، حرکت آنها به صورت تصادفی می باشد .

## فاکتور های مهم :

- در الگوریتم کرم شب تاب دو مساله مهم است :
  - تغییرات شدت نور (I)
  - فرموله کردن میزان جذابیت ( $\beta$ )
- میزان جذابیت یک کرم شب تاب باید از دید کرم های شب تاب دیگر مورد قضاوت قرار گیرد ، لذا مقدار جذابیت با توجه به میزان فاصله (r) بین دو کرم شب تاب  $i, j$  متغیر می باشد.

## فاکتور شدت نور (I):

$$I = \frac{I_0}{r^2}$$

$I_0$  = شدت نور اولیه

$r$  = فاصله

$I$  = نور دریافتی

- اگر  $r=0$  بشود مشکل بی نهایت پیدا میکند .

- جهت رفع مشکل بی نهایت ، می توان از رابطه زیر استفاده کرد :

$$I = I_0 e^{-\gamma r} \quad \gamma = \text{ضریب جذب نور}$$

## فاکتور شدت نور (۱) (ادامه)

- روابط روبه رو را با هم ادغام می کنیم :

$$\left\{ \begin{array}{l} I = \frac{I_0}{r^2} \\ I = I_0 e^{-\gamma r} \end{array} \right. \longrightarrow I = I_0 e^{-\gamma r^2}$$

- اگر رابطه فوق را از طریق بسط تیلور ، بسط بدهیم خواهیم داشت:

$$I = I_0 e^{-\gamma r^2} \longrightarrow I = \frac{I_0}{1 + \gamma r^2}$$



## فاکتور جذابیت (Attractiveness)

- مقدار جذابیت کرم شب تاب با شدت نوری که توسط کرم های شب تاب مجاور دیده می شود متناسب است ، لذا روابط شدت نور برای جذابیت نیز صدق می کند.

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad \Rightarrow \quad \beta = \frac{\beta_0}{1 + \gamma r^2}$$

$\beta$  = فاکتور جذابیت  
 $\beta_0$  = جذابیت اولیه

- از فاکتور  $\beta$  برای اندازه گیری میزان کشش و جذابیت میان دو حشره استفاده می شود.

## فاکتور جذابیت (Attractiveness) (ادامه)

- هر چه میزان فاصله میان دو حشره بیشتر شود، از میزان جذابیت کمتر می شود.



$$X' = X + \beta(Y - X)$$

- این قضیه نشان می دهد که کرم های شب تاب به سمت حشراتی می روند که نزدیکتر باشند.
- دو فاکتور بهتر بودن و نزدیک بودن اولویت دارد.

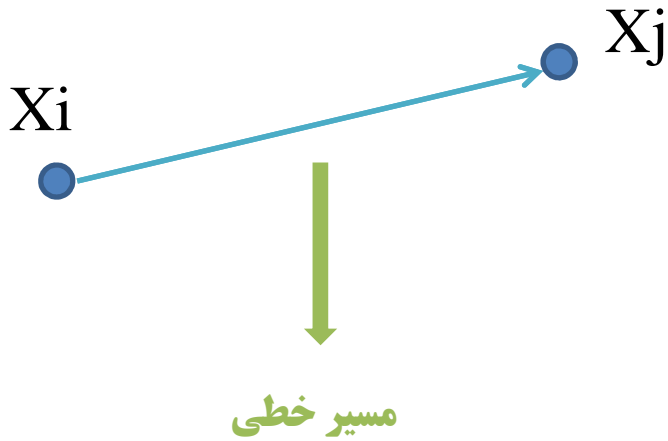
## تعیین فاصله

- فاصله بین دو کرم شب تاب  $i, j$  در دو موقعیت  $x_i$  و  $x_j$  به صورت فاصله دکارتی محاسبه می شود.

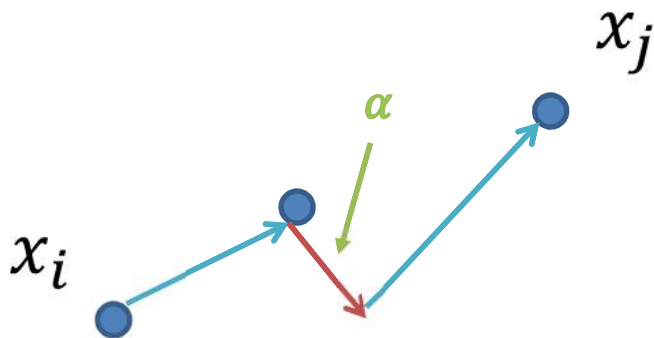
$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

فاصله بین دو کرم شب تاب :  $r_{ij}$   
موقعیت دو کرم شب تاب :  $x_i, x_j$

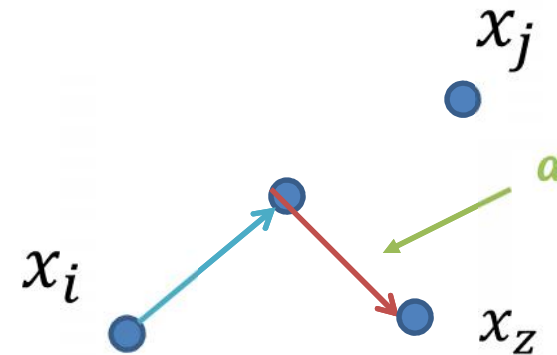
## فرمول جذب (با استفاده از بردار تصادفی)



$$X_i' = X_i + \beta (X_j - X_i)$$



کرم شب تاب از نقطه ی  $x_i$  حرکت میکند و در وسط مسیر دچار یک انحراف میشود و دوباره به سمت  $x_j$  حرکت میکند (این انحراف  $\alpha$  نام دارد)

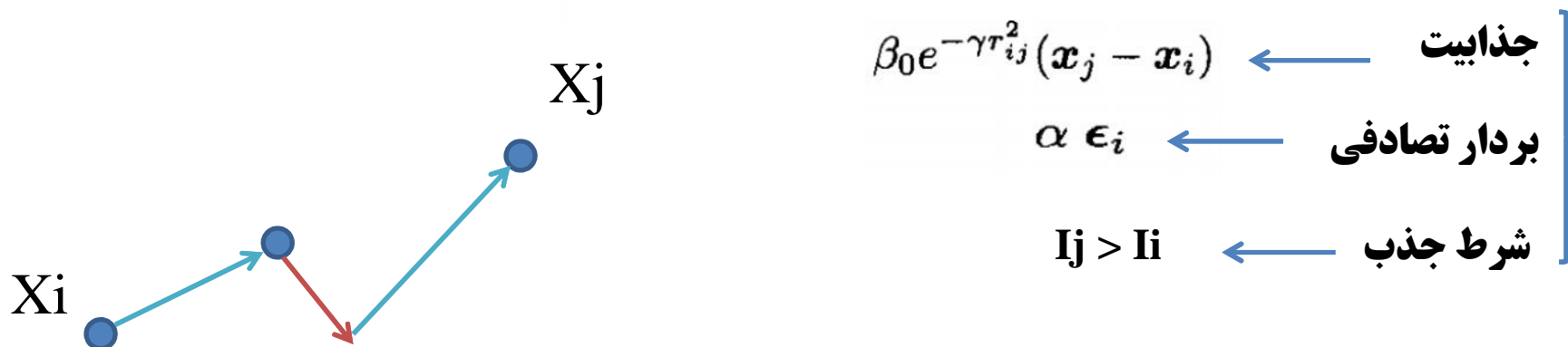


کرم شب تاب از نقطه ی  $x_i$  حرکت میکند و در وسط مسیر دچار یک انحراف میشود و به سمت کرم  $x_z$  حرکت میکند ( نوعی دیگر از  $\alpha$  )

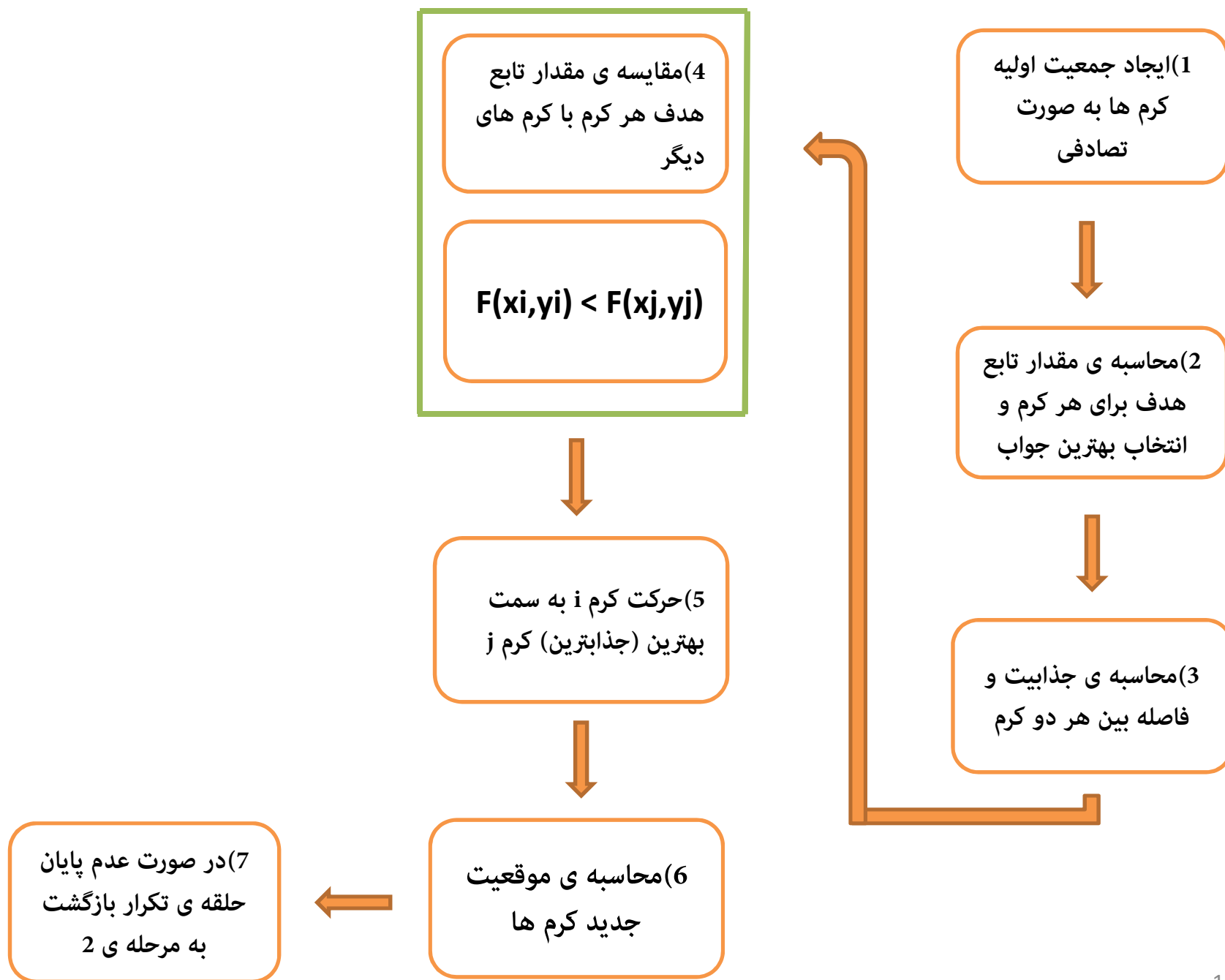
- به سمت نقطه مورد نظر حرکت می کنیم سپس با یک بردار تصادفی آن را جمع می کنیم.

$$x_i = x_i + \boxed{\beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2}} (x_j - x_i) + \alpha \epsilon_i,$$

$\beta$



- با این روش به مسیرهای خطی محدود نمی شویم.



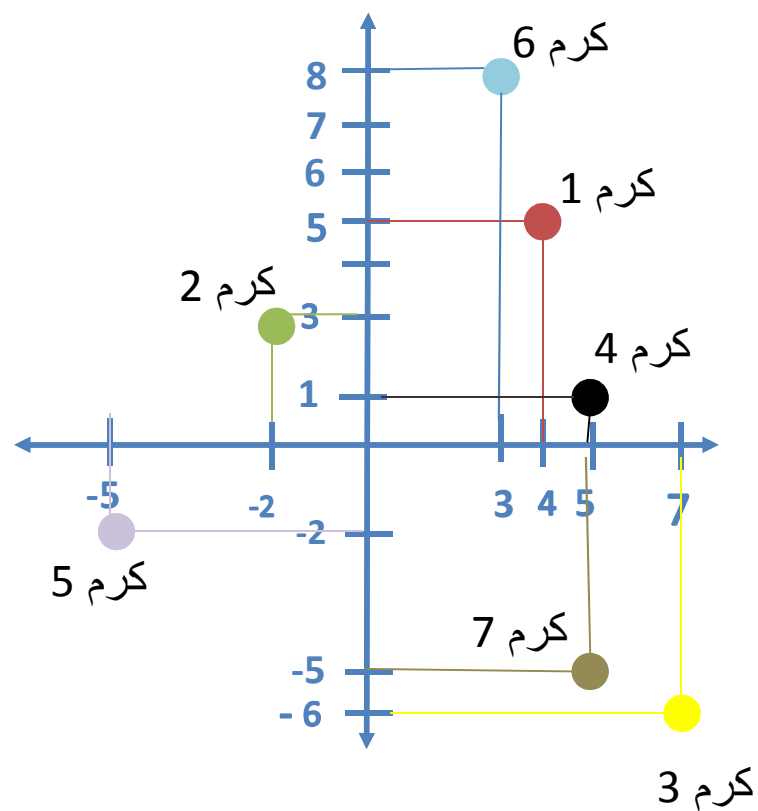
## مثال) هدف : بیشترین مقدار تابع هدف

جذابیت اولیه هر کرم ( $\beta_0$ )	
4	کرم 1
1	کرم شب تاب 2
1.5	کرم شب تاب 3
0.7	کرم شب تاب 4
3	کرم شب تاب 5
4.5	کرم شب تاب 6
2.7	کرم شب تاب 7

پارامتر های مسئله	مقدار پارامتر
تعداد کرم های شب تاب	7
تعداد تکرار حلقه	10
ضریب جذب نور ( $\gamma$ )	0.5
حد بالا و حد پایین $x$	$-10 < x < 10$
حد بالا و حد پایین $y$	$-10 < y < 10$
تابع هدف	$F(x,y) = \frac{x^2}{y^2}$

نکته : جذابیت اولیه هر کرم به صورت تصادفی انتخاب میشود

## مرحله اول : کرم ها به صورت تصادفی در فضای مسئله پراکنده میشوند



بهترین پاسخ را از لحاظ مقدار تابع هدف تعیین می کنیم.

موقعیت اولیه کرمها	Y	X	$F(x,y)=\frac{x^2}{y^2}$
کرم 1	5	4	0.64
کرم 2	3	-2	0.44
کرم 3	-6	7	1.36
کرم 4	1	5	25
کرم 5	-2	-5	6.25
کرم 6	8	3	0.11
کرم 7	-5	5	1



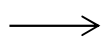
محاسبه ی فاصله ی بین کرم ها (r) :  $r = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$  → فرمول فاصله

r = 6.32	کرم 2 1
r = 11.40	کرم 3 1
r = 14.12	کرم 4 1
r = 11.40	کرم 5 1
r = 3.16	کرم 6 1
r = 1	کرم 7 1
r = 12.72	کرم 3 2
r = 7.28	کرم 4 2
r = 5.83	کرم 5 2
r = 7.07	کرم 6 2
r = 10.63	کرم 7 2

r = 7.28	کرم 4 3
r = 12.64	کرم 5 3
r = 16.49	کرم 6 3
r = 2.23	کرم 7 3
r = 10.44	کرم 5 4
r = 7.28	کرم 6 4
r = 6	کرم 7 4
r = 12.8	کرم 6 5
r = 10.44	کرم 7 5
r = 13.15	کرم 7 6

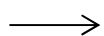
کرم →  $\sqrt{(4 + 2)^2 + (5 - 3)^2}$

جذابیت



$$\beta = \frac{\beta_0}{1 + \gamma r^2}$$

مقدار گاما



$$\gamma = \frac{1}{\beta}$$

میزان جذابیت بین کرم ها ( $\beta$ )	فاصله بین کرمها	
0.19	r = 6.32	کرم 1 2
0.06	r = 11.40	کرم 1 3
0.19	r = 6.32	کرم 1 4
0.04	r = 12.72	کرم 1 5
0.06	r = 11.40	کرم 1 6
0.04	r = 12.72	کرم 1 7
0.04	r = 6.32	کرم 2 1
0.01	r = 12.72	کرم 2 3
0.03	r = 7.28	کرم 2 4
0.05	r = 5.83	کرم 2 5
0.03	r = 7.07	کرم 2 6
0.01	r = 10.63	کرم 2 7
0.02	r = 11.40	کرم 3 1
0.01	r = 12.72	کرم 3 2
0.05	r = 7.28	کرم 3 4
0.01	r = 12.64	کرم 3 5
0.01	r = 16.49	کرم 3 6
0.43	r = 2.23	کرم 3 7
0.03	r = 6.32	کرم 4 1
0.02	r = 7.28	کرم 4 2

میزان جذابیت بین کرم ها ( $\beta$ )	فاصله بین کرمها	
0.02	r = 7.28	کرم 4 3
0.01	r = 10.44	کرم 4 5
0.02	r = 7.28	کرم 4 6
0.03	r = 6	کرم 4 7
0.03	r = 12.72	کرم 5 1
0.16	r = 5.83	کرم 5 2
0.03	r = 12.64	کرم 5 3
0.05	r = 10.44	کرم 5 4
0.03	r = 12.8	کرم 5 6
0.05	r = 10.44	کرم 5 7
0.06	r = 11.40	کرم 6 1
0.17	r = 7.07	کرم 6 2
0.03	r = 16.49	کرم 6 3
0.16	r = 7.28	کرم 6 4
0.05	r = 12.8	کرم 6 5
0.05	r = 13.1	کرم 6 7
0.03	r = 13.15	کرم 7 1
0.04	r = 10.63	کرم 7 2
0.77	r = 2.23	کرم 7 3
0.01	r = 6	کرم 7 4
0.04	r = 10.44	کرم 7 5
0.03	r = 13.1	کرم 7 6

محاسبه  $\beta$  بین هر دو کرم :

نکته: مقدار گاما را خودمان انتخاب میکنیم

جذابیت اولیه هر کرم ( $\beta_0$ )	
4	کرم 1
1	کرم شب تاب 2
1.5	کرم شب تاب 3
0.7	کرم شب تاب 4
3	کرم شب تاب 5
4.5	کرم شب تاب 6
2.7	کرم شب تاب 7

$$\beta = \frac{\beta_0}{1 + \gamma r^2} \longrightarrow$$

فقط مربوط به محاسبه ی جذابیت بین  
کرم های جمعیت اولیه میباشد . و برای  
کرم های جمعیت جدید  $\beta_0$  به  $\beta$   
تبدیل میشود

$$\beta = \frac{\beta}{1 + \gamma r^2} \longrightarrow$$

بتای بالای کسر مقدار قبلیه جذابیت کرمی  
است که هم اکنون میخواهیم مقدار  
جذابیت موقعیت جدیدش را بدست  
بیاوریم

نکته : مقدار  $\alpha$  به صورت تصادفی انتخاب میشود

$(x_i, y_i)' = (x_i, y_i) + \beta * r + \alpha \epsilon_i$	$f(x_i, y_i) \leq f(x_j, y_j)$	i	j
-	$0.64 \leq 0.44$	1	2
<b>X = 5.6      y = 6.6</b>	$0.64 \leq 1.36$	1	3
<b>X = 6.2      y = 7.2</b>	$0.64 \leq 25$	1	4
<b>X = 5.5      y = 6.5</b>	$0.64 \leq 6.25$	1	5
-	$0.64 \leq 0.11$	1	6
<b>X = 5.5      y = 6.5</b>	$0.64 \leq 1$	1	7
<b>X = -1.3      y = 3.7</b>	$0.44 \leq 0.64$	2	1
<b>X = -1.4      y = 3.6</b>	$0.44 \leq 1.36$	2	3
<b>X = -1.3      y = 3.7</b>	$0.44 \leq 25$	2	4
<b>X = -1.3      y = 3.7</b>	$0.44 \leq 6.25$	2	5
-	$0.44 \leq 0.11$	2	6
<b>X = -1.4      y = 3.6</b>	$0.44 \leq 1$	2	7
-	$1.36 \leq 0.64$	3	1
-	$1.36 \leq 0.44$	3	2
<b>X = 7.6      y = -5.4</b>	$1.36 \leq 25$	3	4
<b>X = 8.5      y = -4.5</b>	$1.36 \leq 6.25$	3	5
-	$1.36 \leq 0.11$	3	6
-	$1.36 \leq 1$	3	7
-	$25 \leq 0.64$	4	1
-	$25 \leq 0.44$	4	2

$\alpha$	
1	کرم 1
0.5	کرم شب تاب 2
0.3	کرم شب تاب 3
0.2	کرم شب تاب 4
0.5	کرم شب تاب 5
0.7	کرم شب تاب 6
0.8	کرم شب تاب 7

X	Y	موقعیت اولیه کرمها
4	5	کرم 1
-2	3	کرم 2
7	-6	کرم 3
5	1	کرم 4
-5	-2	کرم 5
3	8	کرم 6
5	-5	کرم 7

میزان جذابیت بین کرم ها ( $\beta$ )	فاصله بین کرمها	
0.19	$r = 6.32$	کرم 1 2
0.06	$r = 11.40$	کرم 1 3
0.19	$r = 6.32$	کرم 1 4
0.04	$r = 12.72$	کرم 1 5
0.06	$r = 11.40$	کرم 1 6
0.04	$r = 12.72$	کرم 1 7
0.04	$r = 6.32$	کرم 2 1
0.01	$r = 12.72$	کرم 2 3
0.03	$r = 7.28$	کرم 2 4
0.05	$r = 5.83$	کرم 2 5
0.03	$r = 7.07$	کرم 2 6
0.01	$r = 10.63$	کرم 2 7
0.02	$r = 11.40$	کرم 3 1
0.01	$r = 12.72$	کرم 3 2
0.05	$r = 7.28$	کرم 3 4
0.01	$r = 12.64$	کرم 3 5

میزان جذابیت بین کرم ها ( $\beta$ )	فاصله بین کرمها	
0.01	$r = 16.49$	کرم 3 6
0.43	$r = 2.23$	کرم 3 7
0.03	$r = 6.32$	کرم 4 1
0.02	$r = 7.28$	کرم 4 2
0.02	$r = 7.28$	کرم 4 3
0.01	$r = 10.44$	کرم 4 5
0.02	$r = 7.28$	کرم 4 6
0.03	$r = 6$	کرم 4 7

$(x_i, y_i)' = (x_i, y_i) + \beta * r + \alpha \epsilon_i$	$f(x_i, y_i) \leq f(x_j, y_j)$	i	j
-	$25 \leq 1.36$	4	3
-	$25 \leq 6.25$	4	5
-	$25 \leq 0.11$	4	6
-	$25 \leq 1$	4	7
-	$6.25 \leq 0.64$	5	1
-	$6.25 \leq 0.44$	5	2
-	$6.25 \leq 1.36$	5	3
X = -3.5      y = 0.5	$6.25 \leq 25$	5	4
-	$6.25 \leq 0.11$	5	6
-	$6.25 \leq 1$	5	7
X = 4.3      y = 9.3	$0.11 \leq 0.64$	6	1
X = 4.9      y = 9.9	$0.11 \leq 0.44$	6	2
X = 4.1      y = 9.1	$0.11 \leq 1.36$	6	3
X = 4.8      y = 9.8	$0.11 \leq 25$	6	4
X = 3.7      y = 8.7	$0.11 \leq 6.25$	6	5
X = 4.3      y = 9.3	$0.11 \leq 1$	6	7
-	$1 \leq 0.64$	7	1
-	$1 \leq 0.44$	7	2
X = 7.5      y = -2.5	$1 \leq 1.36$	7	3
X = 5.8      y = -4.2	$1 \leq 25$	7	4
X = 6.2      y = -3.8	$1 \leq 6.25$	7	5
-	$1 \leq 0.11$	7	6

$\alpha$	
1	کرم 1
0.5	کرم شب تاب 2
0.3	کرم شب تاب 3
0.2	کرم شب تاب 4
0.5	کرم شب تاب 5
0.7	کرم شب تاب 6
0.8	کرم شب تاب 7

X	Y	موقعیت اولیه کرمها
4	5	کرم 1
-2	3	کرم 2
7	-6	کرم 3
5	1	کرم 4
-5	-2	کرم 5
3	8	کرم 6
5	-5	کرم 7

میزان جذابیت بین کرم ها ( $\beta$ )	فاصله بین کرمها	
0.02	r = 7.28	کرم 4 3
0.01	r = 10.44	کرم 4 5
0.02	r = 7.28	کرم 4 6
0.03	r = 6	کرم 4 7
0.03	r = 12.72	کرم 5 1
0.16	r = 5.83	کرم 5 2
0.03	r = 12.64	کرم 5 3
0.05	r = 10.44	کرم 5 4
0.03	r = 12.8	کرم 5 6
0.05	r = 10.44	کرم 5 7

میزان جذابیت بین کرمها ( $\beta$ )	فاصله بین کرمها	
0.06	r = 11.40	کرم 6 1
0.17	r = 7.07	کرم 6 2
0.03	r = 16.49	کرم 6 3
0.16	r = 7.28	کرم 6 4
0.05	r = 12.8	کرم 6 5
0.05	r = 13.1	کرم 6 7
0.03	r = 13.15	کرم 7 1
0.04	r = 10.63	کرم 7 2
0.77	r = 2.23	کرم 7 3
0.01	r = 6	کرم 7 4
0.04	r = 10.44	کرم 7 5
0.03	r = 13.1	کرم 7 6

$(x_i, y_i)' = (x_i, y_i) + \beta * r + \alpha \epsilon_i$	$f(x_i, y_i) \leq f(x_j, y_j)$	i	j
-	$0.64 \leq 0.44$	1	2
<b>X = 5.6      y = 6.6</b>	$0.64 \leq 1.36$	1	3
<b>X = 6.2      y = 7.2</b>	$0.64 \leq 25$	1	4
<b>X = 5.5      y = 6.5</b>	$0.64 \leq 6.25$	1	5
-	$0.64 \leq 0.11$	1	6
<b>X = 5.5      y = 6.5</b>	$0.64 \leq 1$	1	7
<b>X = -1.3      y = 3.7</b>	$0.44 \leq 0.64$	2	1
<b>X = -1.4      y = 3.6</b>	$0.44 \leq 1.36$	2	3
<b>X = -1.3      y = 3.7</b>	$0.44 \leq 25$	2	4
<b>X = -1.3      y = 3.7</b>	$0.44 \leq 6.25$	2	5
-	$0.44 \leq 0.11$	2	6
<b>X = -1.4      y = 3.6</b>	$0.44 \leq 1$	2	7
-	$1.36 \leq 0.64$	3	1
-	$1.36 \leq 0.44$	3	2
<b>X = 7.6      y = -5.4</b>	$1.36 \leq 25$	3	4
<b>X = 8.5      y = -4.5</b>	$1.36 \leq 6.25$	3	5
-	$1.36 \leq 0.11$	3	6
-	$1.36 \leq 1$	3	7
-	$25 \leq 0.64$	4	1
-	$25 \leq 0.44$	4	2

از میان ۷ بار مقایسه فقط در ۴ مورد آن مقدار فیتنس کرم i از کرم j کمتر است و از میان این ۴ مورد گزینه ای که بیشترین مقدار جذابیت بین ۲ کرم را دارد انتخاب میکنیم

۷ بار مقایسه و ۵ مورد مقدار فیتنس کرم i از کرم j کمتر است و جذابیت بین کرم ۲ و ۵ از سایر گزینه ها بیشتر است

- خانه های از جدول مقایسه ی فیتنس کرم i و کرم j که دارای خط تیره می باشند به این معنی است که مقدار تابع فیتنس کرم i از کرم j بیشتر است و کرم i هیچ حرکتی به سمت کرم j نمیکند.

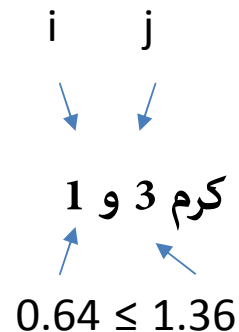
- بعد از اینکه تمام کرم ها مقدار تابع فیتنسشان با هم مقایسه شد تمام کرم های i ای که مقدار فیتنسشان کمتر از کرم j ای که با آن مقایسه شده باشد انتخاب میشوند و موقعیت جدید آنها را محاسبه میکنیم و سپس از میان آنها کرمی که مقدار جذابیتش (رجوع شود به جدول جذابیت بین کرم ها ) بیشتر از بقیه کرم ها است به عنوان کرم مناسب انتخاب میشود .

- حل یک نمونه از نحوه ی بدست آوردن موقعیت جدید یک کرم :

$$\alpha = 1 \text{ (کرم 1)}$$

$$r = 11.40$$

$$\beta = 0.06$$



$$(x_i, y_i)' = (x_i, y_i) + \beta * r + \alpha \epsilon_i$$

$$(4, 5) + \underbrace{0.06 * 11.40 + 1}_{1.6}$$

$$\longrightarrow (4, 5) + 1.6 = (4.6, 6.6)$$

## جمعیت اولیه

X	Y	موقعیت اولیه کرمها
4	5	کرم 1
-2	3	کرم 2
7	-6	کرم 3
5	1	کرم 4
-5	-2	کرم 5
3	8	کرم 6
5	-5	کرم 7



## جمعیت جدید

X	Y	جمعیت جدید کرمها
6.2	7.2	کرم 1
-1.3	3.7	کرم 2
7.6	-5.4	کرم 3
5	1	کرم 4
-3.5	0.5	کرم 5
4.9	9.9	کرم 6
7.5	-2.5	کرم 7

سپس بعد از ایجاد جمعیت جدید کرم ها شرط خاتمه حلقه را بررسی میکنیم اگر به ۱۰ رسیده بود که به پایان حلقه رسیدیم در غیر این صورت کلیه مراحل را که تا کنون طی کردیم دوباره برای جمعیت جدید تکرار میکنیم .