



**باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان قزوین  
برگزار می نماید :**

# **کارگاه آموزشی بهینه سازی به کمک الگوریتم های فرا ابتکاری در MATLAB**



**مهندس وحید حاجی پور**

(مدرس دانشگاه آزاد اسلامی قزوین)

**زمان : چهارشنبه ۳۰ مهرماه ۱۳۹۳**

**ساعت : ۸/۳۰ الی ۱۶/۳۰**

**مکان : اتاق دفاعیه سالن علامه رفیعی دانشگاه آزاد اسلامی قزوین  
(شرکت در کارگاه برای عموم دانشجویان رایگان است)**

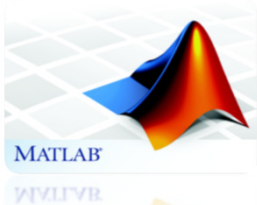
علاقه مندان جهت ثبت نام و کسب اطلاعات بیشتر به دفتر باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان قزوین ، واقع در طبقه ی چهارم دانشکده مدیریت مراجعه و یا با شماره ۰۲۸-۳۶۶۵۲۷۵۳ داخلی ۴۰۰۴ تماس حاصل فرمایید.



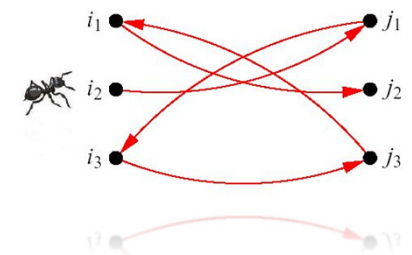
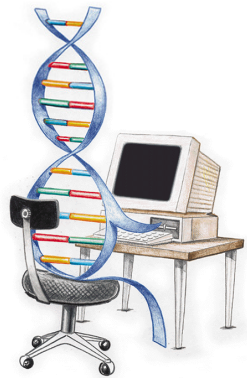
به نام پروردگار بخشنده



# بهینه سازی به کمک الگوریتمهای فراابتکاری (تئوری و پیاده سازی)



## Optimization By Meta-Heuristics (Theory and Implementations)



نیمسال اول ۹۳-۹۲



# ارائه دهنده

**Vahid Hajipour, PhD Candidate**

*Faculty of Engineering, Industrial Engineering  
Department, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.*

**E-mail Address:** [v.hajipour@yahoo.com](mailto:v.hajipour@yahoo.com)  
[v.hajipour@basu.ac.ir](mailto:v.hajipour@basu.ac.ir)

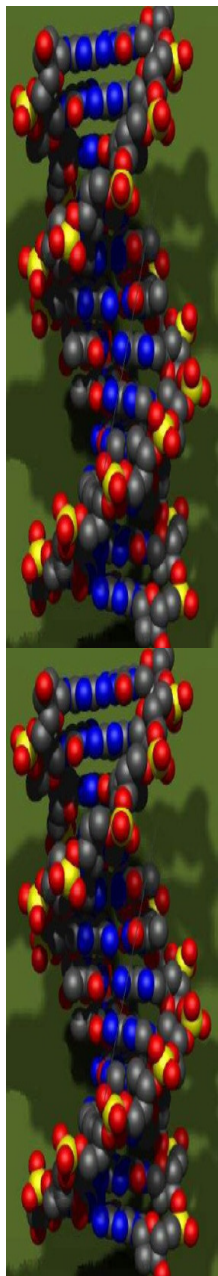


# الگوریتم های ژنتیک (Genetic Algorithms)





# فهرست مطالب



اهداف اصلی ارائه

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی

مروری بر مفاهیم ژنتیک

آشنایی با الگوریتم ژنتیک

ساختار الگوریتم ژنتیک

مراحل الگوریتم ژنتیک

مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک

مراجع پیشنهادی

# فهرست مطالب

## اهداف اصلی ارائه



مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی



مروری بر مفاهیم ژنتیک



آشنایی با الگوریتم ژنتیک



ساختار الگوریتم ژنتیک



مراحل الگوریتم ژنتیک



مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک



پیاده سازی الگوریتم ژنتیک



مراجع پیشنهادی



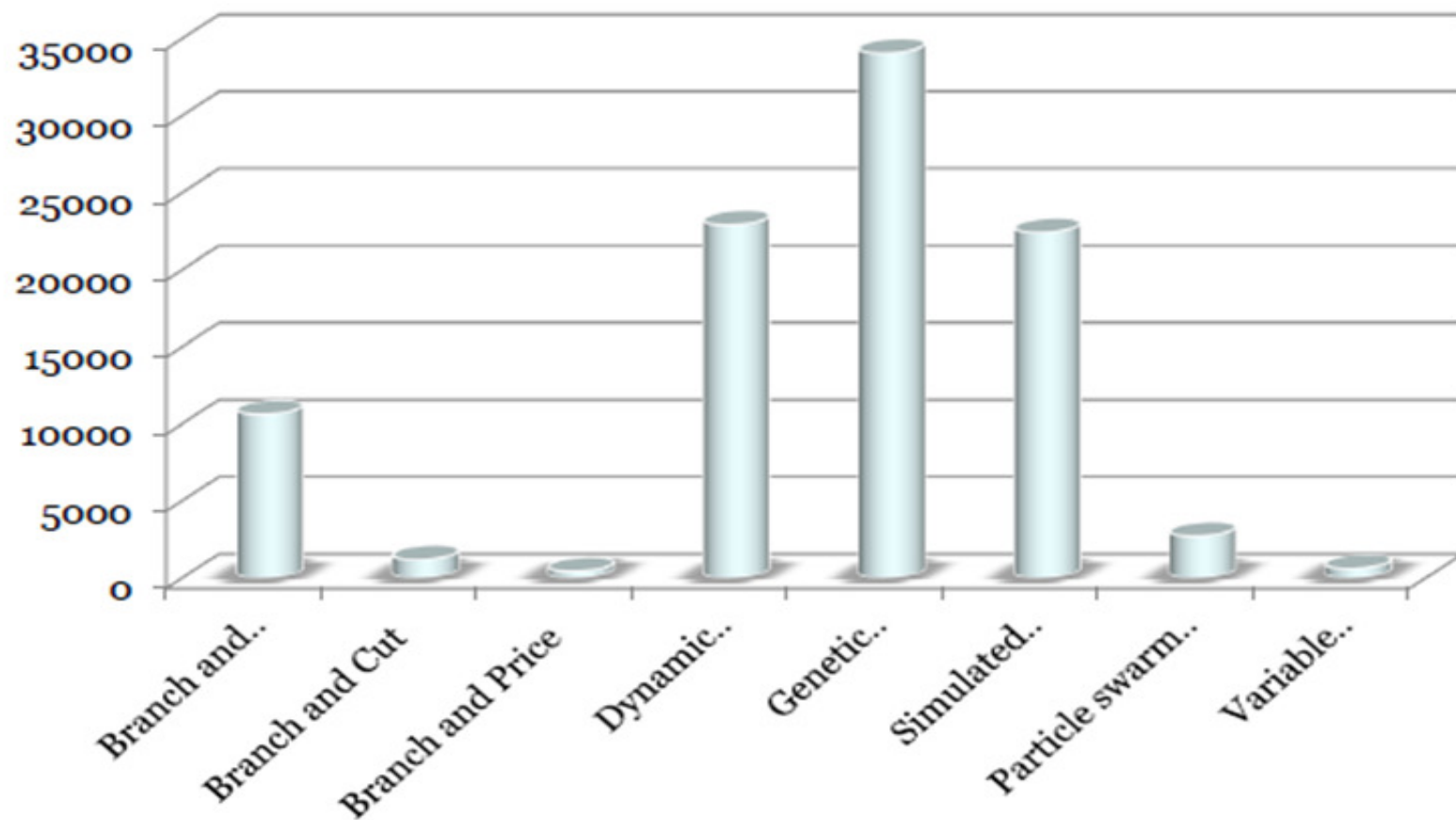
# اهداف اصلی ارائه

□ آشنایی با الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از پرکاربردترین الگوریتم های تکاملی جهت **بهینه یابی** مسائل مختلف

□ پیاده سازی الگوریتم ژنتیک در نرم افزار MATLAB با استفاده از **جعبه ابزار** موجود و **برنامه نویسی**



# اهداف اصلی ارائه





# فهرست مطالب

اهداف اصلی ارائه 

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی 

مروری بر مفاهیم ژنتیک 

آشنایی با الگوریتم ژنتیک 

ساختار الگوریتم ژنتیک 

مراحل الگوریتم ژنتیک 

مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک 

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک 

مراجع پیشنهادی 

# مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی

## جهانی که در آن زندگی می کنیم

- به طور مداوم در حال تغییر است
- جهت بقا در محیط نیاز است هر موجودی خود را با شرایط وفق دهد
- این تغییر یافتن جهت رسیدن به موفقیت بیشتر است

***Survival of the fittest***



# مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی - (ادامه)

\* طرح چند مثال:



# مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی – (ادامه)

\* طرح چند مثال:



# مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی – (ادامه)

- تئوری داروین (Natural Selection)
- این فرآیند تطبیق به نام تکامل (Evolution)
- تکامل حاصل پدیده هایی چون:

– انتخاب طبیعی (Natural Selection)

– تولید مثل (Reproduction)

– جهش (Mutation)

– همزیستی (Symbiosis)



# مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی – (ادامه)

□ طرح اولیه یک الگوریتم تکاملی

(۱) ایجاد مجموعه ای از جواب های تصادفی

(۲) ارزیابی جواب ها

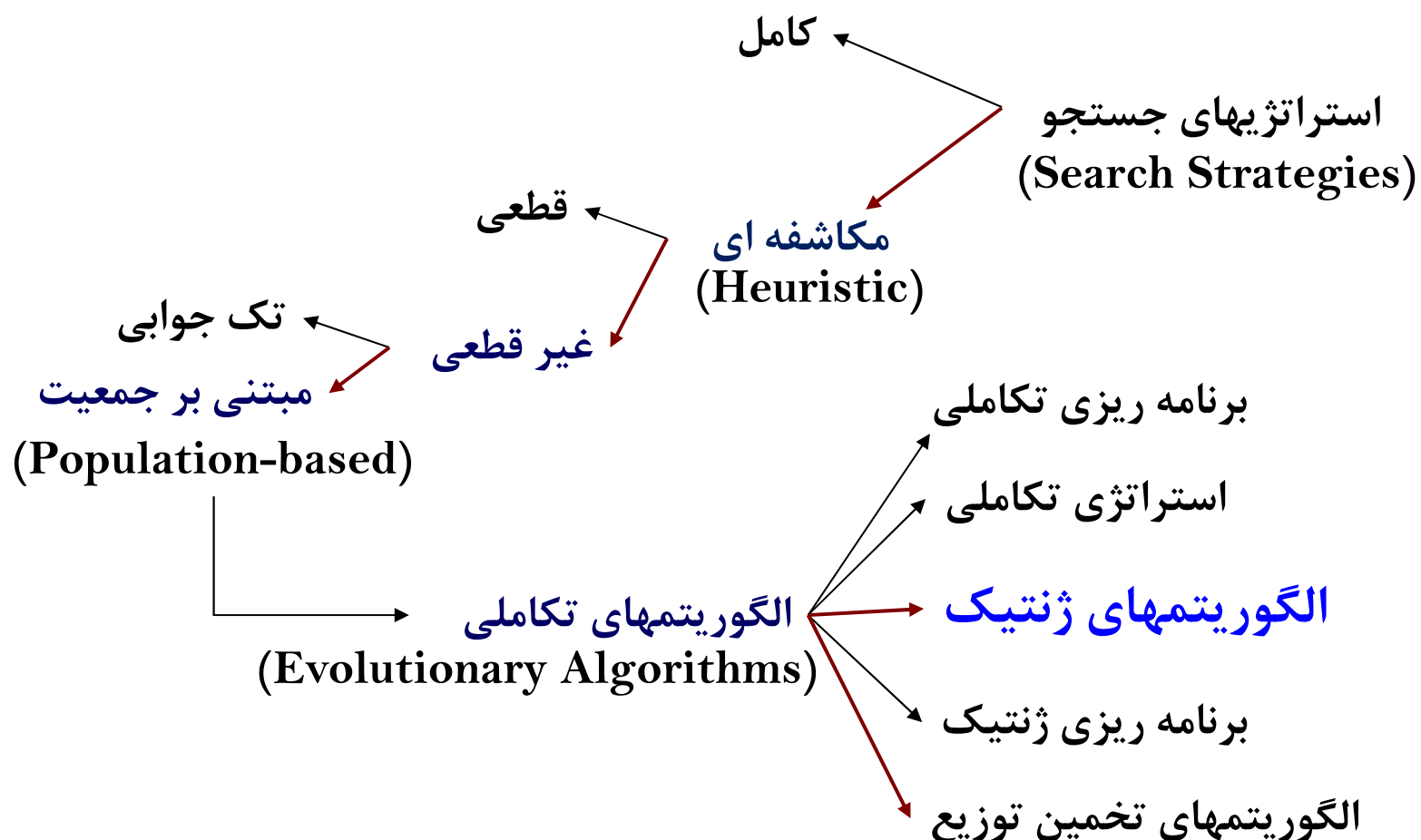
(۳) مقایسه جواب ها؛ رتبه بندی آنها؛ انتخاب بهترین ها

(۴) تولید مثل و ادغام جواب ها بدست با جواب های قبلی

(۵) در صورت عدم برقراری شرط توقف بازگشت به مرحله دوم

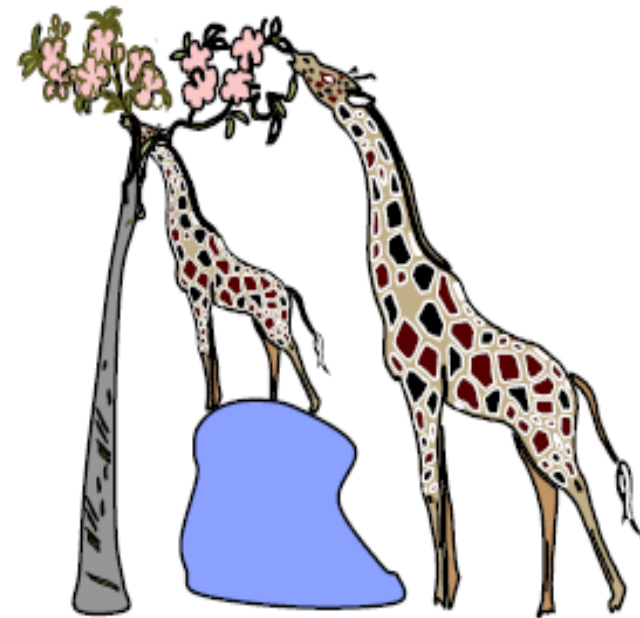


# مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی - (ادامه)

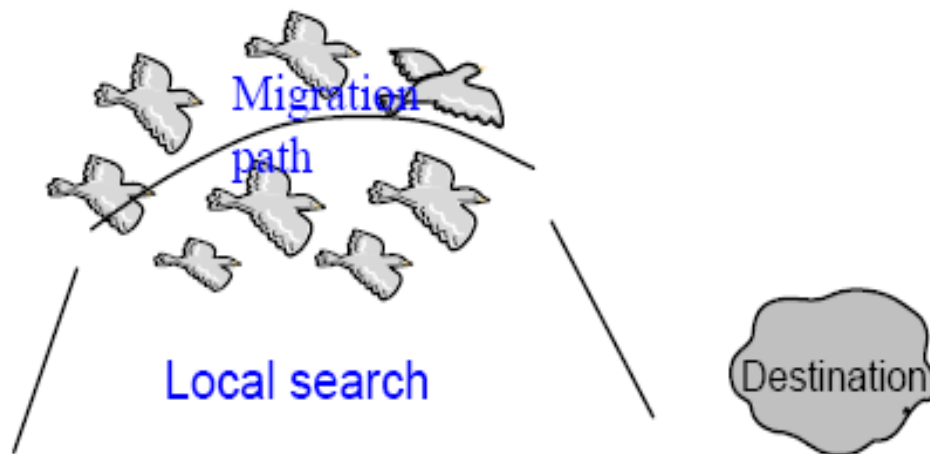




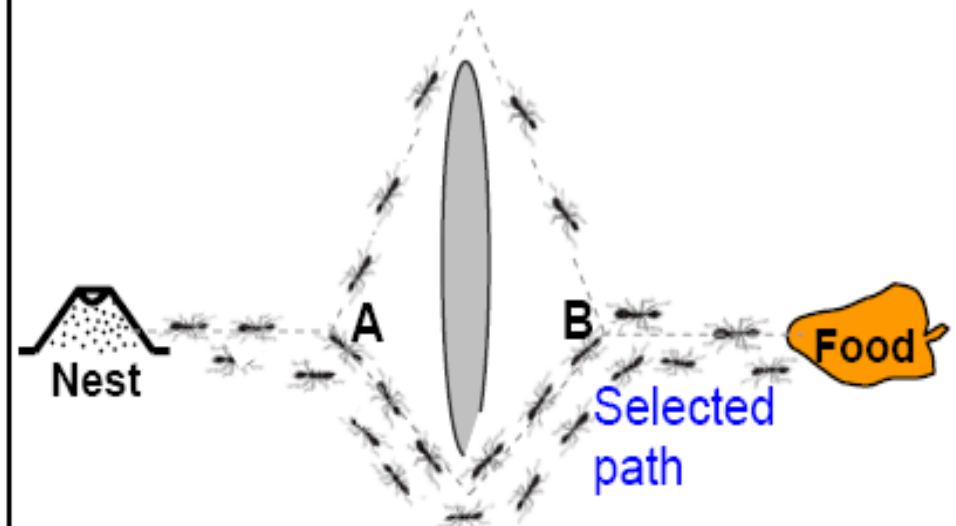
a) Genetic algorithms: Survival of the genetically fittest (i.e., tallest)



b) Memetic algorithms: Survival of the genetically fittest and most experienced



c) Particle swarm: Flock migration



d) Ant colony: Shortest path to food source

# فهرست مطالب

اهداف اصلی ارائه 

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی 

مروری بر مفاهیم ژنتیک 

آشنایی با الگوریتم ژنتیک 

ساختار الگوریتم ژنتیک 

مراحل الگوریتم ژنتیک 

مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک 

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک 

مراجع پیشنهادی 



# مروری بر مفاهیم ژنتیک

- عناصر شیمیایی به عنوان زیربنای تشکیل دهنده تمامی موجودات زنده
- بهره جستن طبیعت از عناصر شیمیایی جهت ذخیره سازی اطلاعات مربوط به هر گونه زیستی
- ذخیره سازی اطلاعات مربوط به هر موجود زنده در یک ساختار پیچیده شیمیایی به نام DNA
- DNA به شکل یک نردبان مارپیچ شامل چهار بخش **تیمین، آدنین، گوانین،** و **سایتوزین**

# مروری بر مفاهیم ژنتیک – (ادامه)

- ژن به عنوان هر ترکیبی از چهار بخش DNA
- ذخیره سازی اطلاعات مربوط به هر موجود زنده در توالی خاصی از ترکیب های شیمیایی معرفی شده؛ طرح یک نکته
- رابطه یک به یک میان هر موجود زنده و رشته ژنی اش
- در واقع، موجودات امروزه نتیجه هزاران بار تکرار یک الگوریتم بهینه سازی قدرتمند هستند با هدف افزایش توان بقای موجودات زنده
- استفاده از این مکانیزم طبیعت جهت بهینه سازی

## مروری بر مفاهیم ژنتیک – (ادامه)

- ژن (Gene): هر ژن یک خصیصه را کد می کند
- کروموزوم (Chromosome): در هر سلول مجموعه ای از موجودات هم شکل بنام کروموزوم وجود دارد
- آلل (Allele): مجموعه های ممکن برای یک خصیصه
- ژنوتیپ (Genotype): یک مجموعه خاص از ژن ها – عناصر پایه
- فنوتیپ (Phenotype): تغییر نوع دادن ژنوتیپ و بوجود آمدن فنوتیپ ها
- جمعیت (Population): مجموعه کروموزوم ها در هر نسل
- تابع برازندگی (Fitness Function): ارزیابی میزان سازگاری کروموزوم ها با محیط



# فهرست مطالب

اهداف اصلی ارائه 

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی 

مروری بر مفاهیم ژنتیک 

آشنایی با الگوریتم ژنتیک 

ساختار الگوریتم ژنتیک 

مراحل الگوریتم ژنتیک 

مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک 

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک 

مراجع پیشنهادی 



# آشنایی با الگوریتم ژنتیک

- با تلاش های فراوان جهت شبیه سازی پدیده تکامل بر روی کامپیوترها، در سال ۱۹۷۰ **جان هالند** توانست الگوریتم ژنتیک را به عنوان ابزار عمومی برای بهینه سازی معرفی نماید
- **دیوید گولدبرگ** تحقیقات هالند را جمع آوری کرد و در قالب یک کتاب منتشر نمود
- **GA** به عنوان سومین الگوریتم بهینه سازی تکاملی
- حل مسائل با الهام از روند تکاملی طبیعت

# فهرست مطالب

اهداف اصلی ارائه 

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی 

مروری بر مفاهیم ژنتیک 

آشنایی با الگوریتم ژنتیک 

ساختار الگوریتم ژنتیک 

مراحل الگوریتم ژنتیک 

مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک 

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک 

مراجع پیشنهادی 



# ساختار الگوریتم ژنتیک

جواب



جستجوی ژنتیکی



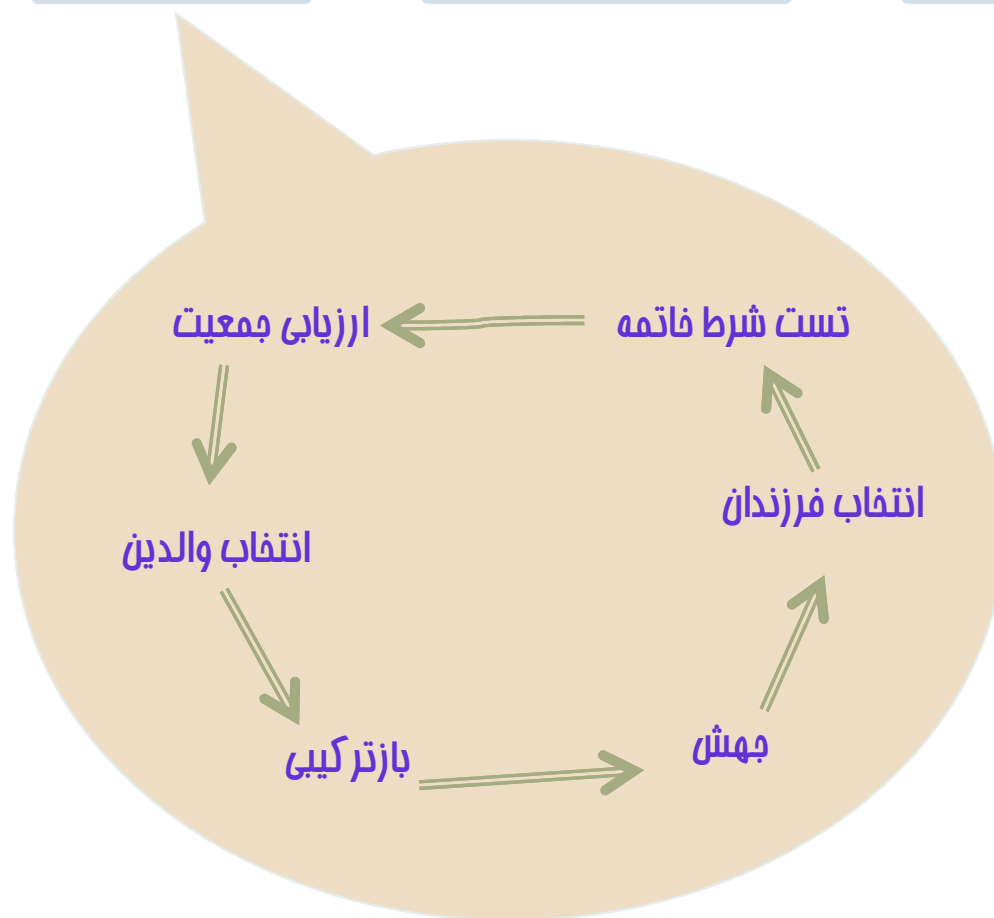
تشکیل جمعیت اولیه



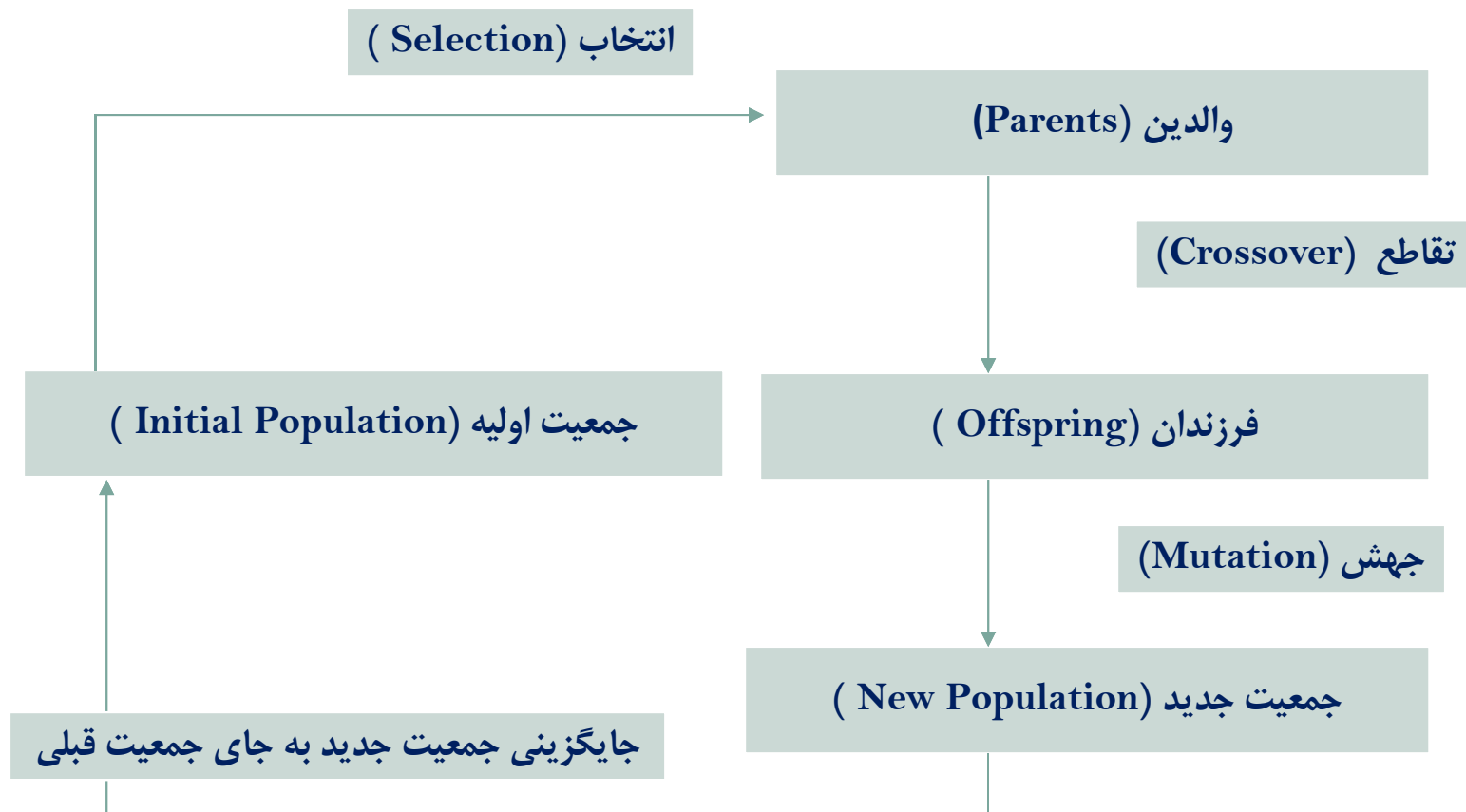
مدلسازی مساله



مساله



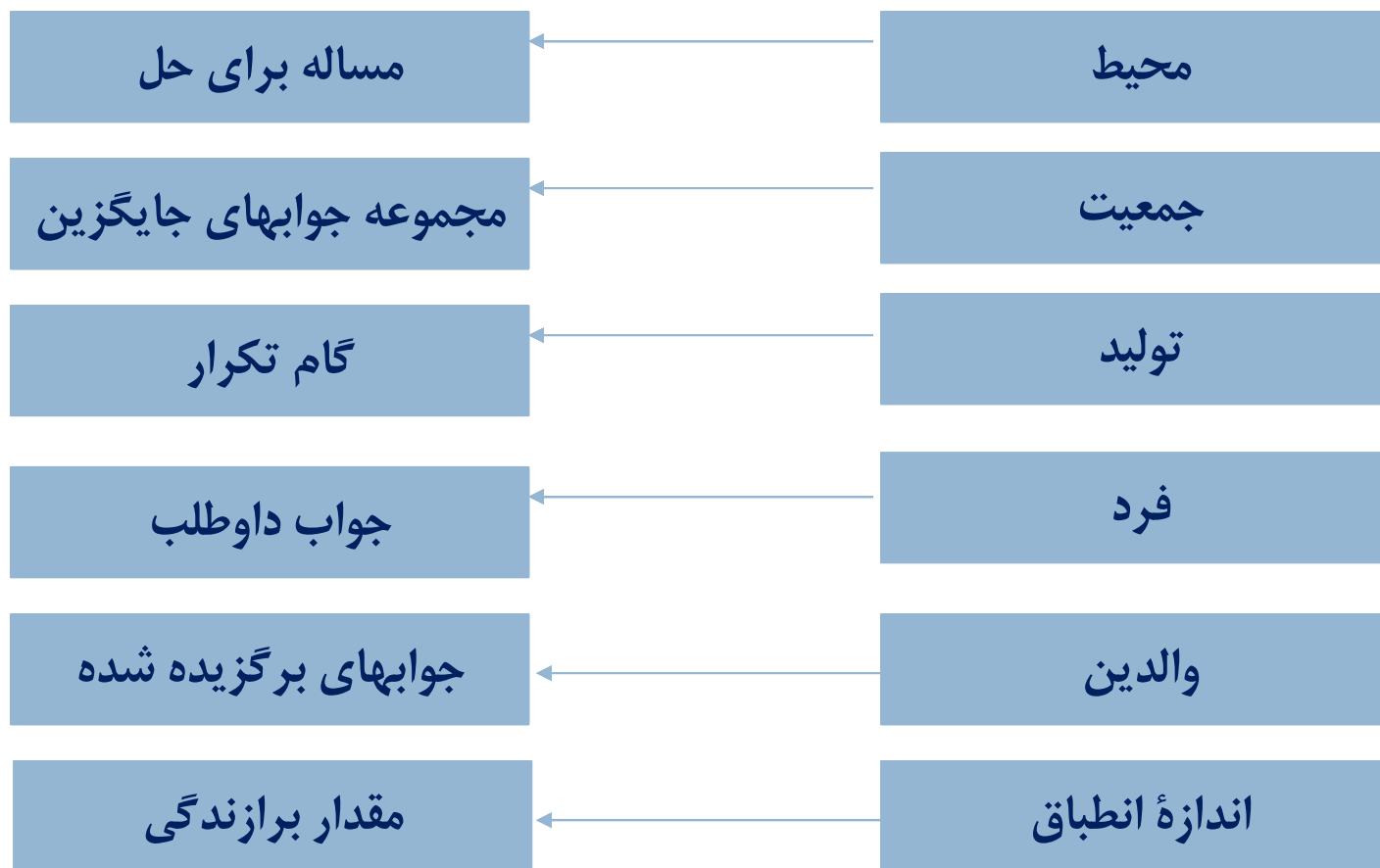
# ساختار الگوریتم ژنتیک – (ادامه)



# ساختار الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

## الگوریتم ژنتیک GA

## سیر تکاملی طبیعی





# ساختار الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

## الگوریتم ژنتیک GA

## سیر تکاملی طبیعی



# فهرست مطالب

اهداف اصلی ارائه 

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی 

مروری بر مفاهیم ژنتیک 

آشنایی با الگوریتم ژنتیک 

ساختار الگوریتم ژنتیک 

مراحل الگوریتم ژنتیک 

مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک 

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک 

مراجع پیشنهادی 



# مراحل الگوریتم ژنتیک

- ۱- ایجاد جمعیت اولیه
- ۲- ارزیابی و مرتب سازی جمعیت و حذف جواب های اضافی
- ۳- انتخاب والدین
- ۴- اعمال عملگر تقاطع
- ۴- اعمال عملگر جهش
- ۵- ادغام جمعیت ها
- ۶- بررسی شرط توقف

# مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

## ۱- ایجاد جمعیت اولیه:

- ❑ روشهای متنوع ایجاد جمعیت اولیه در الگوریتم های مبتنی بر جمعیت
- ❑ جمعیت اولیه به صورت تصادفی
- ❑ استفاده از الگوریتم های هیورستیک یا متاهیورستیک

## مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

۲- ارزیابی و مرتب سازی جمعیت و حذف جواب های اضافی:

- جهت تعیین **برازندگی** معیاری تعریف می شود تا بر اساس آن موجودات بهتر را تشخیص دهیم
- توابع **جریمه** مختلف
- سپس با توجه به میزان تابع برازندگی تمامی اعضای جمعیت **مرتب سازی** می شود
- **حذف** جواب های اضافی

## مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

### ۳- انتخاب والدین:

□ سوق دادن جستجو به بخشهایی از فضا که امکان یافتن جوابهای با

کیفیت بالاتر وجود دارد

□ روشهای مختلفی برای انتخاب والدین:

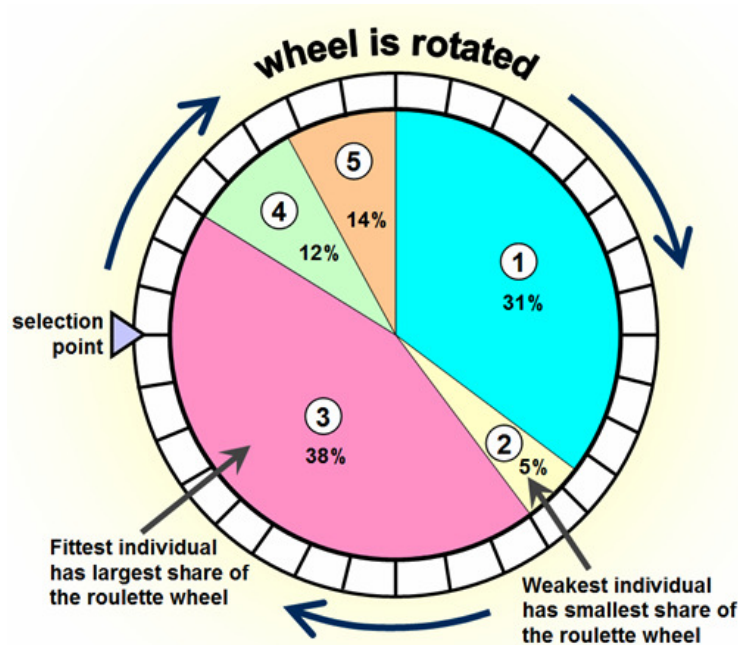
– انتخاب بر اساس چرخ رولت

– انتخاب بر اساس تورنامنت

– انتخاب بر اساس بهترین ها

– انتخاب به صورت تصادفی

– و ...





## مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

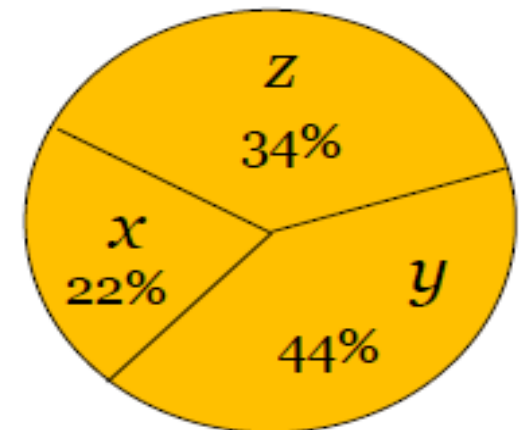
### ۲- انتخاب والدین:

□ انتخاب بر اساس چرخ رولت ( Roulette Wheel Selection )

○ ایده اصلی: شانس انتخاب هر جواب نسبتی از مقدار برازندگی آن

○ پیاده سازی ماکسیمم سازی:

جواب	$f$	$fitness$	شانس	تجمعی
$x$	10	10	10/45	0.22
$y$	20	20	20/45	0.66
$z$	15	15	15/45	1
جمع		45	1	



$$r = \text{random}[0, 1] \begin{cases} r = 0.63 \Rightarrow \text{Parent} = y \\ r = 0.19 \Rightarrow \text{Parent} = x \end{cases}$$

## مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

### ۴- عملگر تقاطع :

□ انواع عملگرهای تقاطع:

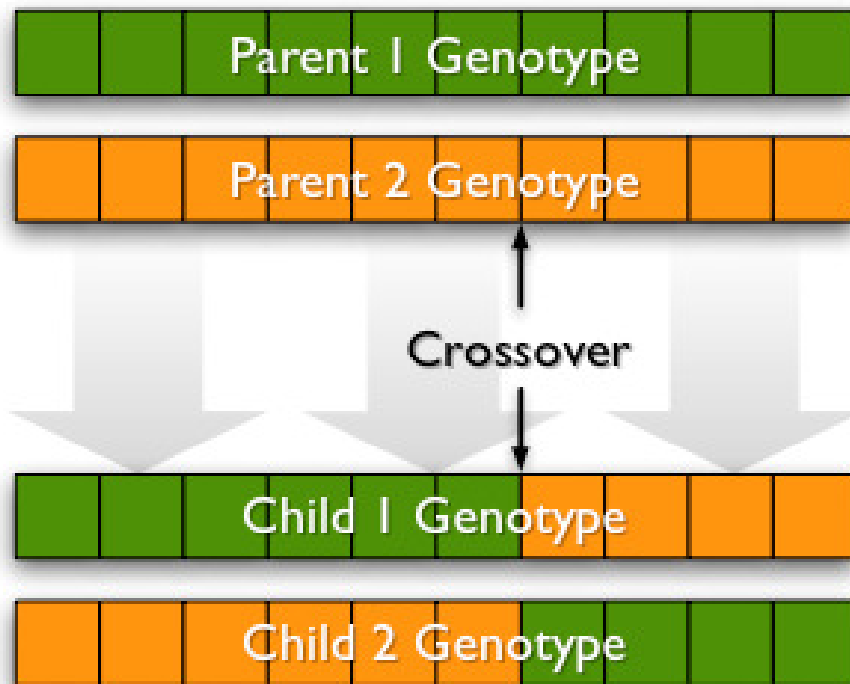
– تقاطع تک نقطه ای

– تقاطع دو نقطه ای

– تقاطع چند نقطه ای

– تقاطع پیوسته

– و ...



## مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

### ۴- عملگر تقاطع :

□ عملگر تقاطع پیوسته (Continuous uniform crossover):

Beta	0.03	0.45	0.75	0.27	0.11	0.87
Parent 1	0.23	0.04	0.56	0.54	0.10	0.98
Parent 2	0.33	0.54	0.65	0.23	0.16	0.43

$$offspring_1 = \beta \times parent1 + (1 - \beta) \times parent2$$

$$offspring_2 = \beta \times parent2 + (1 - \beta) \times parent1$$

## مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

### ۴- عملگر جهش :

□ انواع عملگرهای جهش:

- جهش بیتی

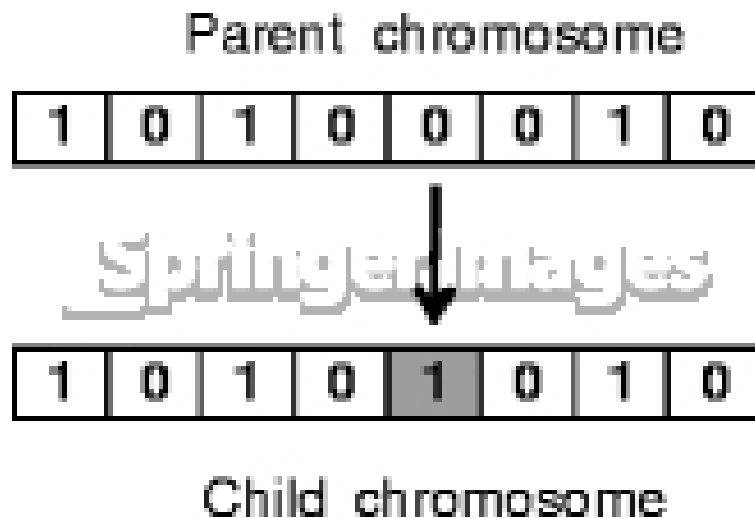
- جهش جانشینی (Swap)

- جهش ابتکاری

- جهش یکنواخت

- جهش غیر یکنواخت

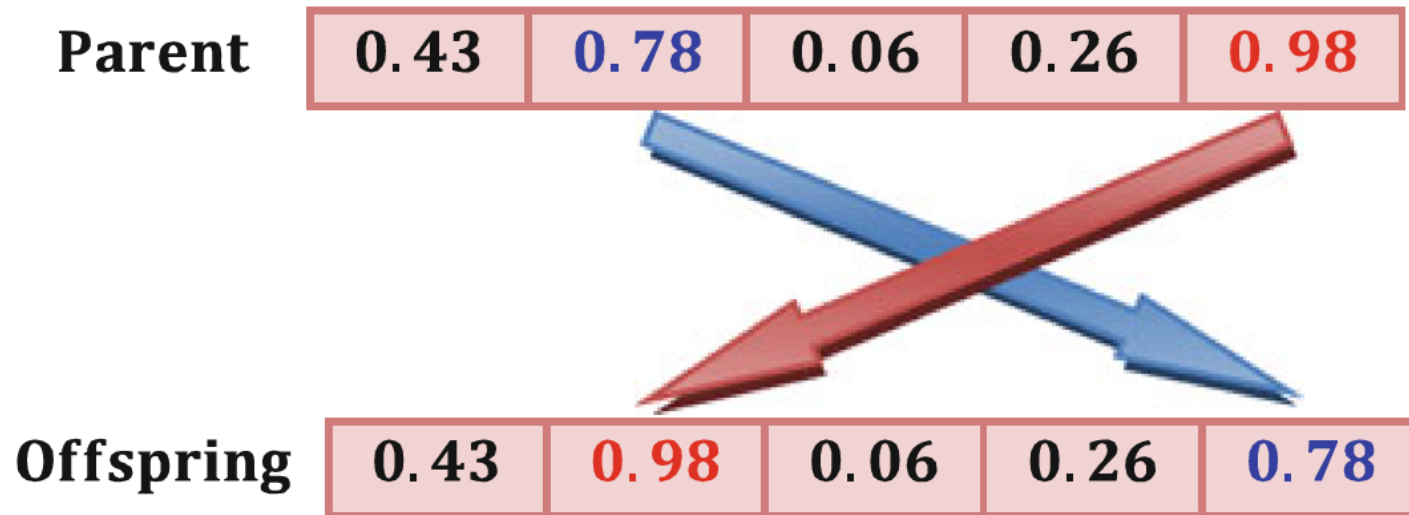
- و ...



## مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

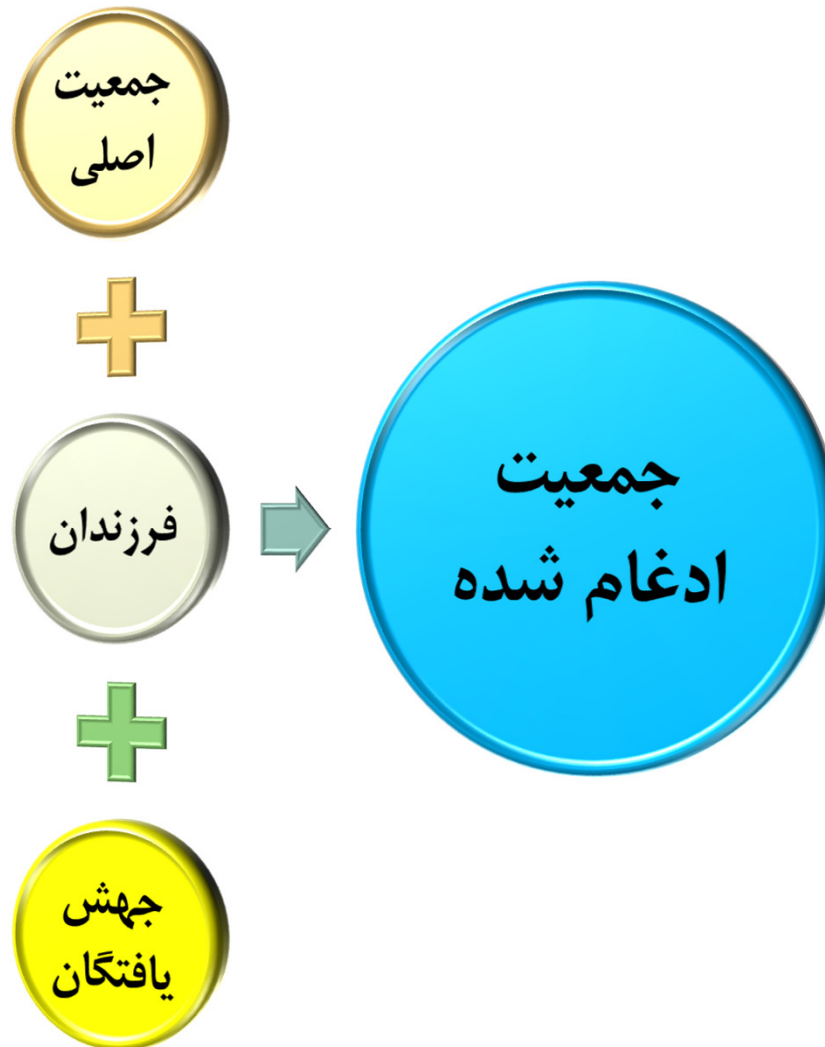
۴- عملگر جهش :

□ عملگر جهش جانشینی (Swap Mutation):



## مراحل الگوریتم ژنتیک - (ادامه)

۵- ادغام جمعیت ها :

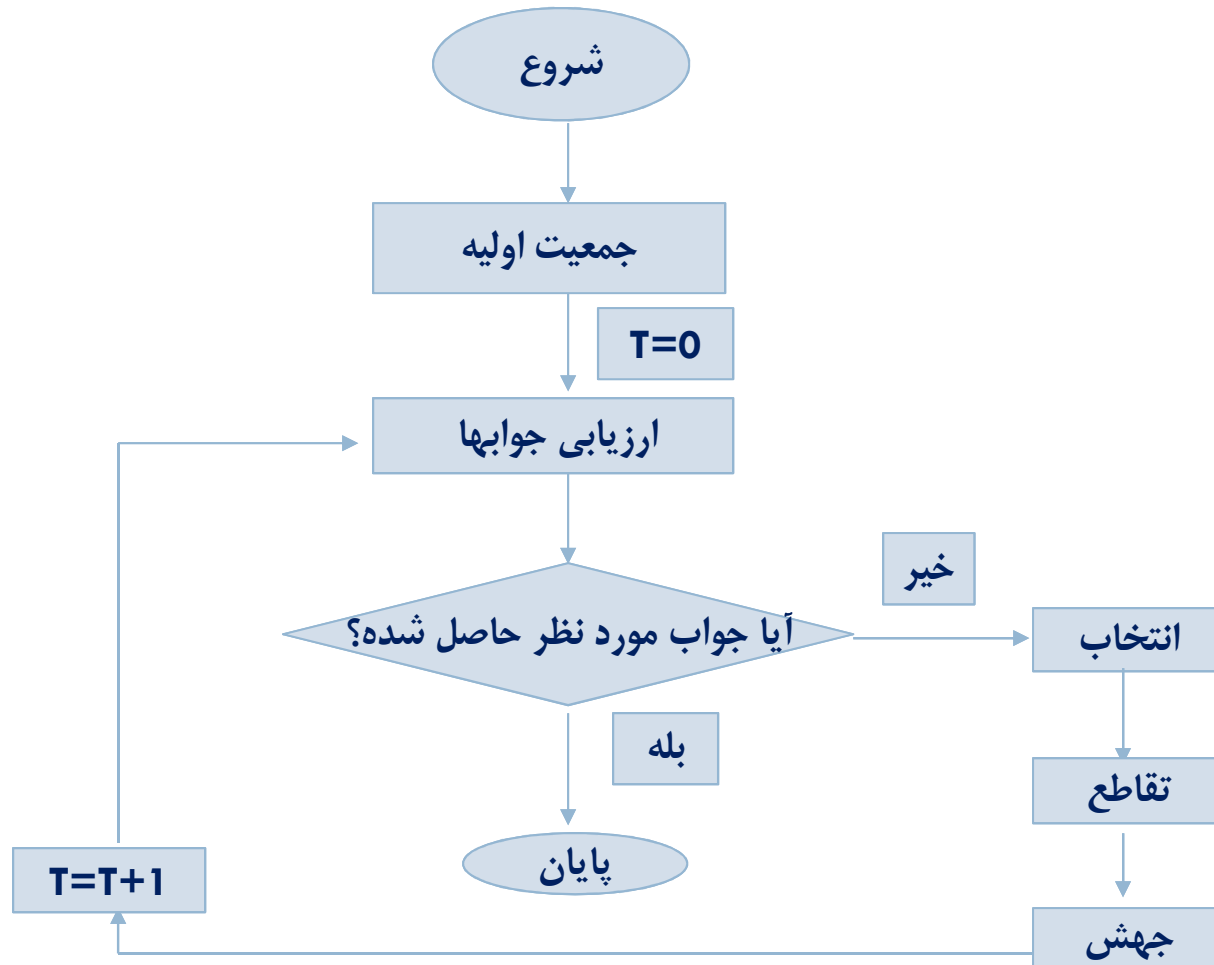


## مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

۶- شرط توقف :

- ☐ تعداد معینی از تکرارها
- ☐ رسیدن به حد مطلوبی از جواب
- ☐ سپری شدن تعداد معینی از تکرارها بدون مشاهده بهبود
- ☐ و ...

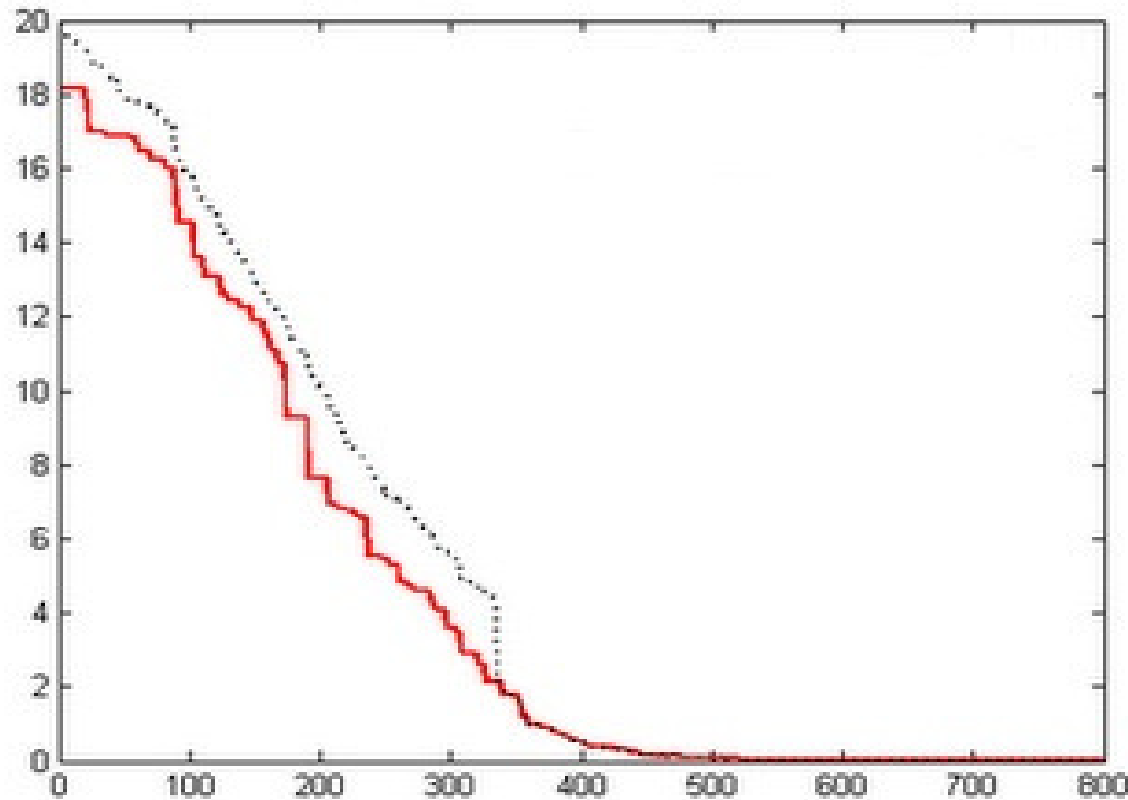
# مراحل الگوریتم ژنتیک - (ادامه)





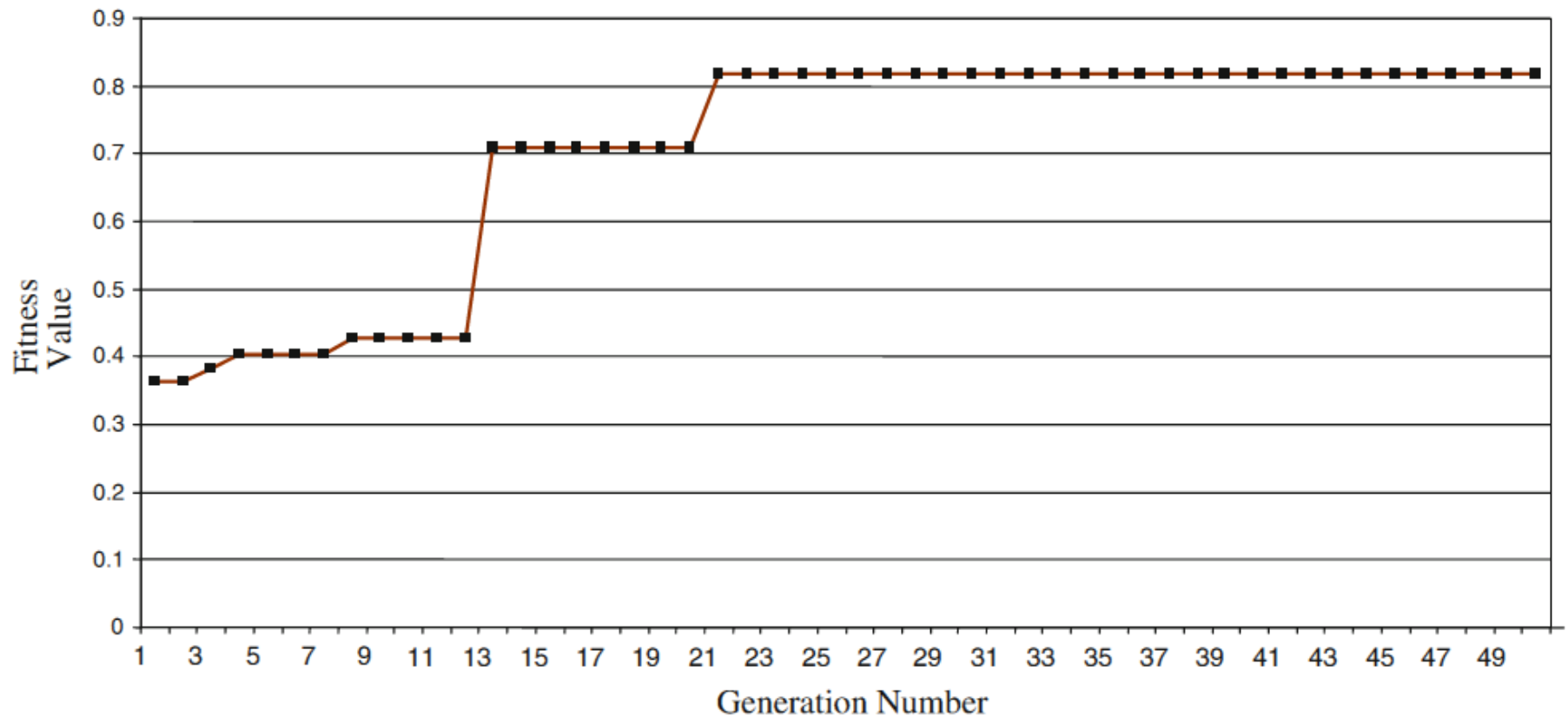
# مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

## *Convergence Diagram*



# مراحل الگوریتم ژنتیک – (ادامه)

## *Convergence Diagram*



# فهرست مطالب

اهداف اصلی ارائه 

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی 

مروری بر مفاهیم ژنتیک 

آشنایی با الگوریتم ژنتیک 

ساختار الگوریتم ژنتیک 

مراحل الگوریتم ژنتیک 

مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک 

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک 

مراجع پیشنهادی 



# مزایا و معایب الگوریتم ژنتیک

## \* مزایا :

- این الگوریتم ها همواره یک جواب نسبتاً خوب پیدا می کنند
- پشتیبانی از بهینه سازی چند تابعی
- همواره جواب با گذشت زمان بهتر می شود
- روشهای مختلفی جهت افزایش سرعت و کارایی الگوریتم
- انعطاف پذیر برای کاربرد های ترکیبی و مسائل چند هدفه
- بهره جستن از قواعد انتقال احتمالی

# مزایا و معایب الگوریتم ژنتیک

## \* معایب :

- ❑ عدم توانایی دستیابی به جواب بهینه
- ❑ پشتوانه ریاضی قدرتمندی ندارد
- ❑ به علت حساسیت الگوریتم به میزان پارامترهایش، تنظیم کردن پارامترهای الگوریتم خود یک مساله بهینه‌سازی می باشد

# فهرست مطالب

اهداف اصلی ارائه 

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی 

مروری بر مفاهیم ژنتیک 

آشنایی با الگوریتم ژنتیک 

ساختار الگوریتم ژنتیک 

مراحل الگوریتم ژنتیک 

مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک 

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک 

مراجع پیشنهادی 



# فهرست مطالب

اهداف اصلی ارائه 

مفاهیم مقدماتی الگوریتم های تکاملی 

مروری بر مفاهیم ژنتیک 

آشنایی با الگوریتم ژنتیک 

ساختار الگوریتم ژنتیک 

مراحل الگوریتم ژنتیک 

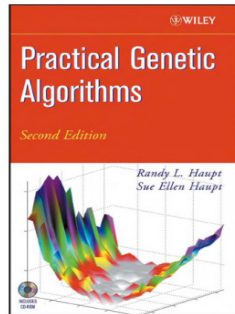
مزایا و معایب الگوریتم های ژنتیک 

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک 

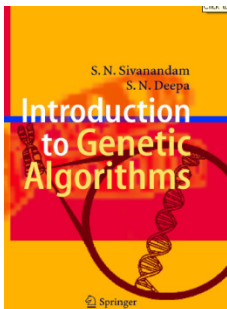
مراجع پیشنهادی 



# مراجع پیشنهادی



[1] Randy L. Haupt and Sue Ellen Haupt, “Practical Genetic Algorithms”, Second Edition, 2004.



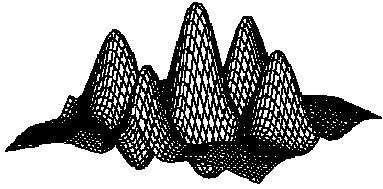
[2] Sivanandam S.N and Deepa S.N, “Introduction to Genetic Algorithm”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.

[3] Naderi B., Evolutionary algorithms Presentation.

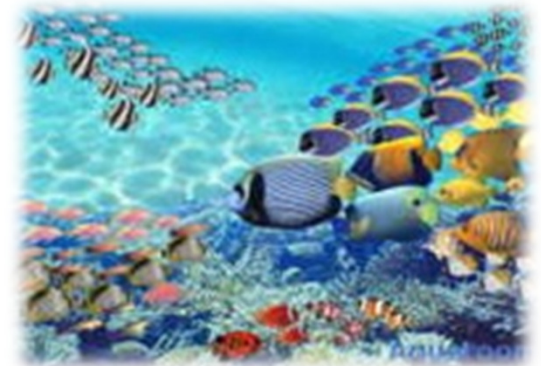
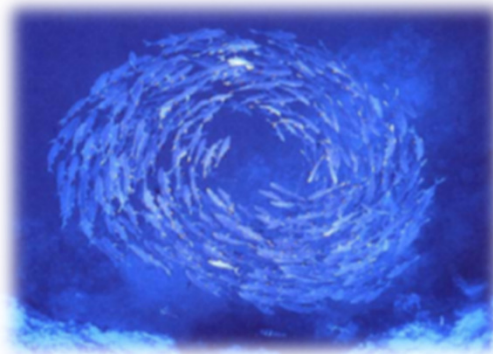
[4] MatlabSite Presentations of Evolutionary algorithms and Metaheuristics.

[5] Zandieh M., Genetic Algorithm Presentation.





# الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات (Particle Swarm Optimization)



# فهرست مطالب

هوش مصنوعی

هوش جمعی

الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات

ایده اصلی توسعه الگوریتم

همکاری و ارتباط

قوانین تعیین موقعیت جدید

فضای جستجو و موقعیت ذرات

مدلسازی ریاضی الگوریتم

شماتیک کارکرد الگوریتم

ساختار همسایگی

شماتیک عملکرد الگوریتم

مراجع پیشنهادی

# هوش مصنوعی

۱- یادگیری ماشینی

۲- هوش محاسباتی



شبکه های عصبی

الگوریتم های تکاملی

هوش جمعی (Swarm Intelligence)

و ...



## هوش جمعی



\*\*\* قوانین هوش جمعی

□ نیاز به داشتن جریان اطلاعاتی (نگهداشتن فاصله با اطرافیان در حد ثابت)

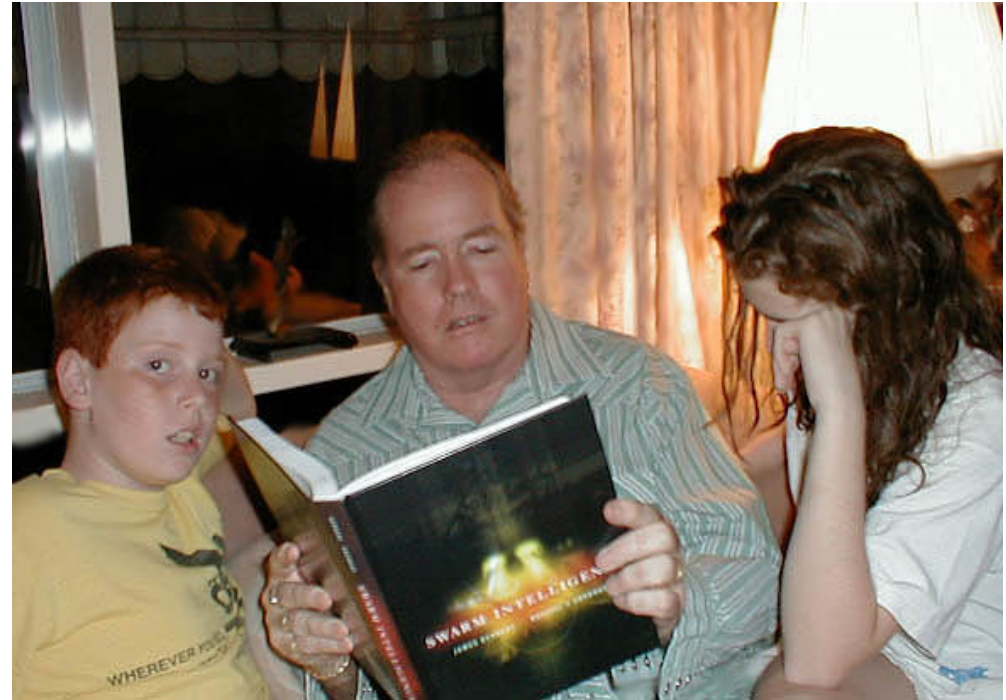
□ اصل خود ترتیبی (حرکت در جهتی که بقیه حرکت می کنند)

# الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات

۵۳



**Russell Eberhart**



**James Kennedy**

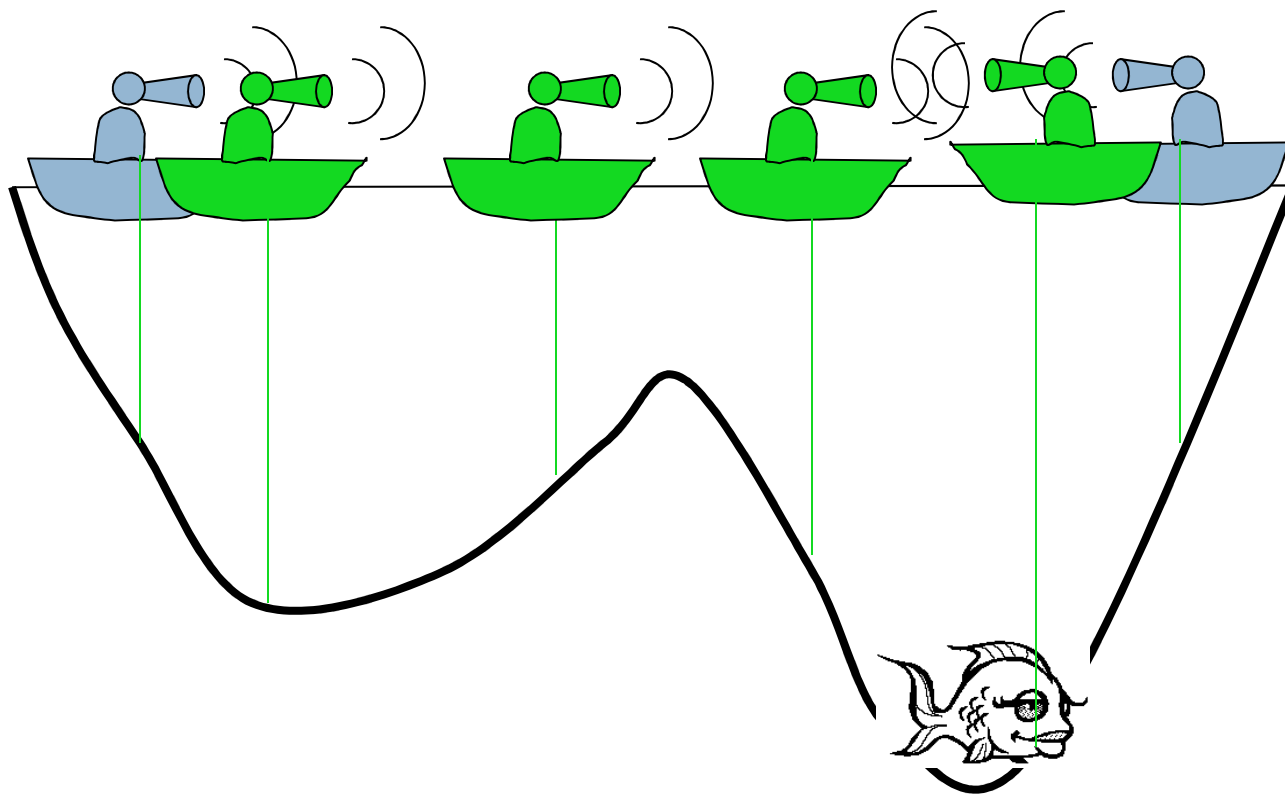
# ایده اصلی توسعه الگوریتم PSO

- الگو برداری از قوانین حاکم بر پرواز دسته جمعی پرندگان یا حرکت دسته جمعی ماهی ها برای یافتن غذا
- کمینه کردن خطر موجود با استفاده از تقسیم گروه به چندین بخش و سپس برگشتن به گروه قبلی
- هر موجود زنده = یک ذره در فضای جستجو
- ذرات در فضای جستجو پراکنده شده و با توجه به تجربیات خود دیگران موقعیت شان را در فضای جستجو به روز می کنند



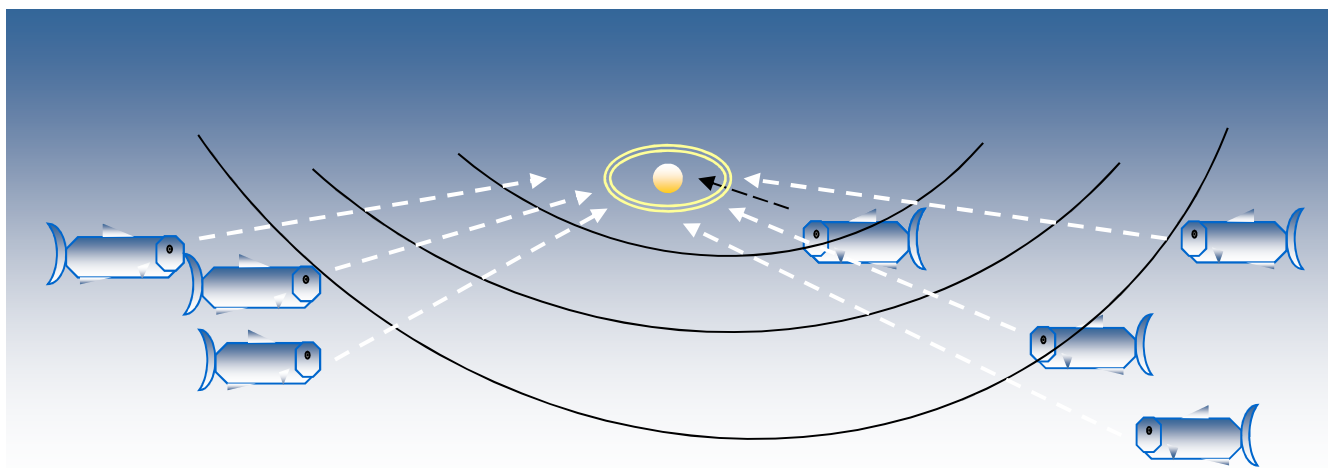
# همکاری و ارتباط

\* طرح چند مثال:



# همکاری و ارتباط

\* طرح چند مثال:





# قوانین تعیین موقعیت جدید

(۱) هر پرنده به سمت مکان غذا حرکت میکند

شرط اول پرنده را مجبور میکند تا در مسیر حرکتش به حرکت ادامه دهد  
(Inertia Term)

(۲) هر پرنده تجربیاتش را از نزدیک ترین مکان غذا به خاطر می آورد  
شرط دوم پرنده را به سمت بهترین محل تجربه شده بوسیله خودش هدایت میکند  
(Cognitive Term)

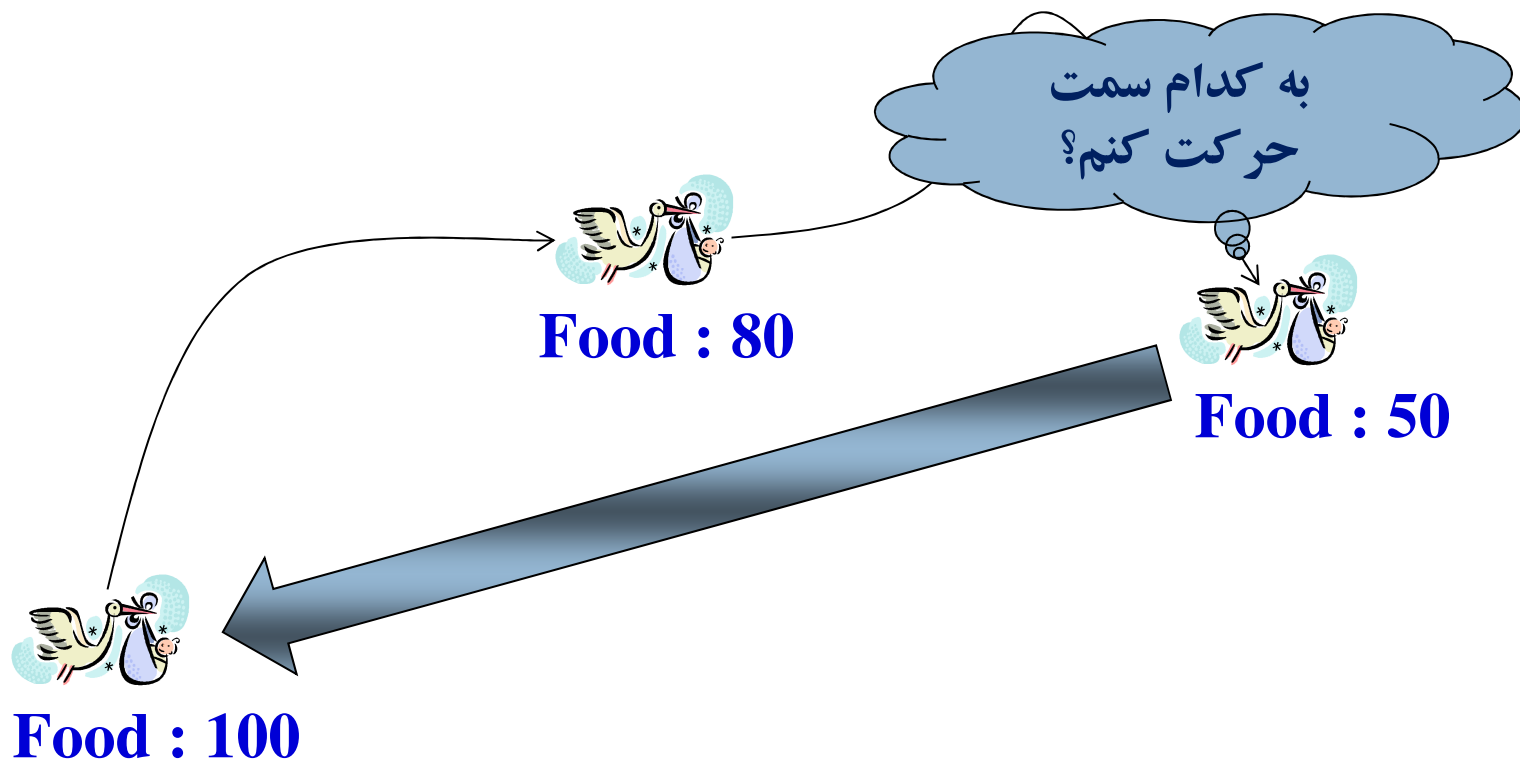
(۳) هر پرنده اطلاعات خود را درباره ی نزدیک ترین نقطه به غذا با سایر پرندگان تقسیم میکند  
شرط سوم پرنده را به سمت نزدیک ترین مکان تجربه شده بوسیله سایر پرندگان هدایت می کند  
(Social Learning Term)



# قوانین تعیین موقعیت جدید

(1) ضریب اینرسی (W): تمایل اجسام برای حفظ حالت

(۲) ضریب یادگیری (C1): ضریب یادگیری فردی



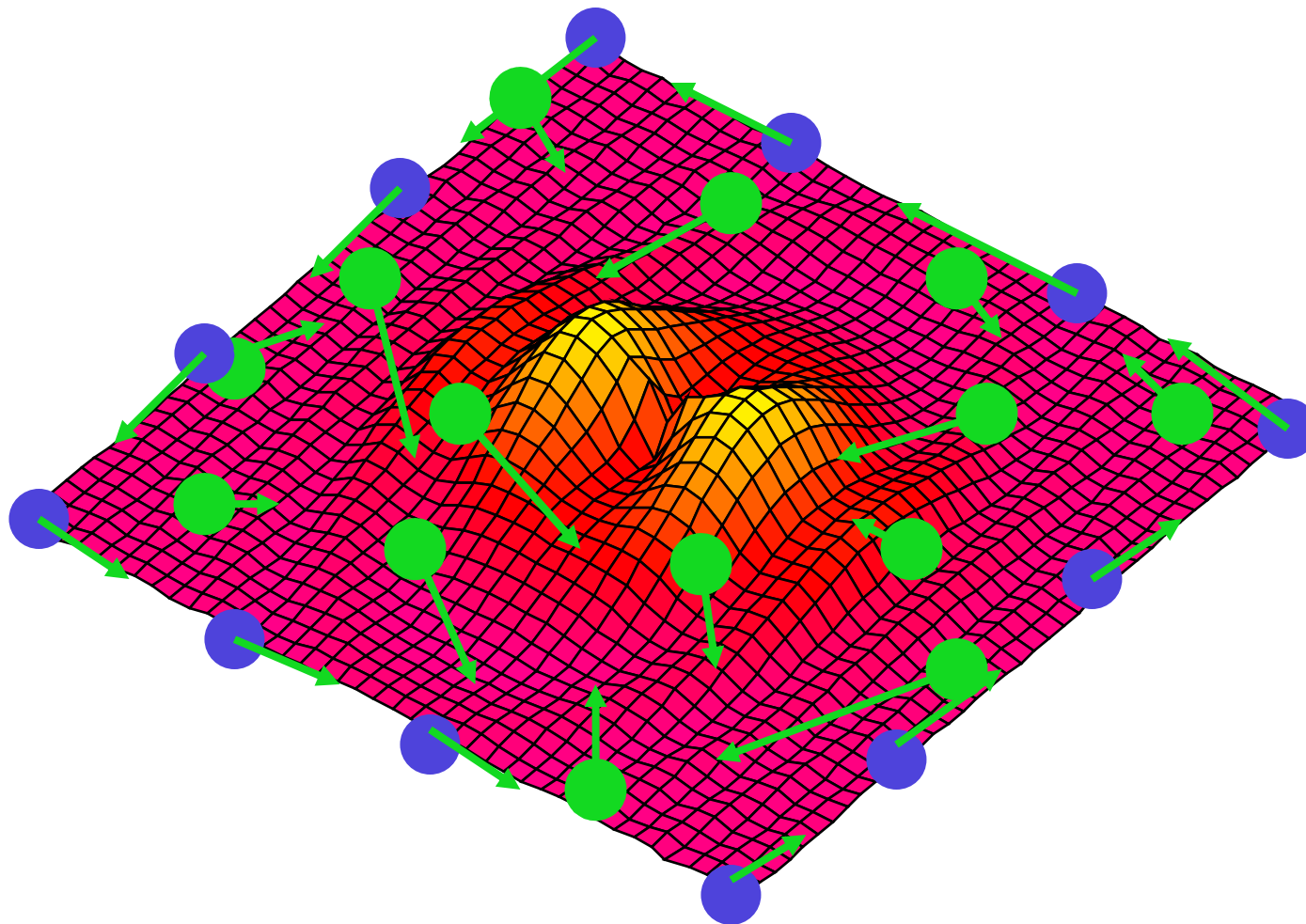
# قوانین تعیین موقعیت جدید

(3) ضریب یادگیری (C2): ضریب یادگیری جمعی



# فضای جستجو و موقعیت ذرات

۶۰



# مدلسازی ریاضی الگوریتم PSO

پارامترها:

- **Population** ;  $Pop = [X_1, X_2, \dots, X_n]$ .
- **Particle Location** ;  $X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id}]$ .
- **Particle Velocity** ;  $V_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id}]$ .
- **Best Position of each Particle** ;  $PB_i = [pb_{i1}, pb_{i2}, \dots, pb_{id}]$ .
- **Global Best Position** ;  $GB = [gb_1, gb_2, \dots, gb_d]$ .

# مدلسازی ریاضی الگوریتم PSO

$$v_k^i = wv_{k-1}^i + c_1r_1(p^i - x_{k-1}^i) + c_2r_2(p_{k-1}^g - x_{k-1}^i)$$

$i \rightarrow$  particle

$k \rightarrow$  iteration number

$v_k^i \rightarrow$  velocity of iteration  $k$  of the  $i$ th particle

$x \rightarrow$  position

$r_1, r_2 \rightarrow$  random numbers in  $[0,1]$

$c_1, c_2 \rightarrow$  acceleration constants

$w \rightarrow$  inertia weight

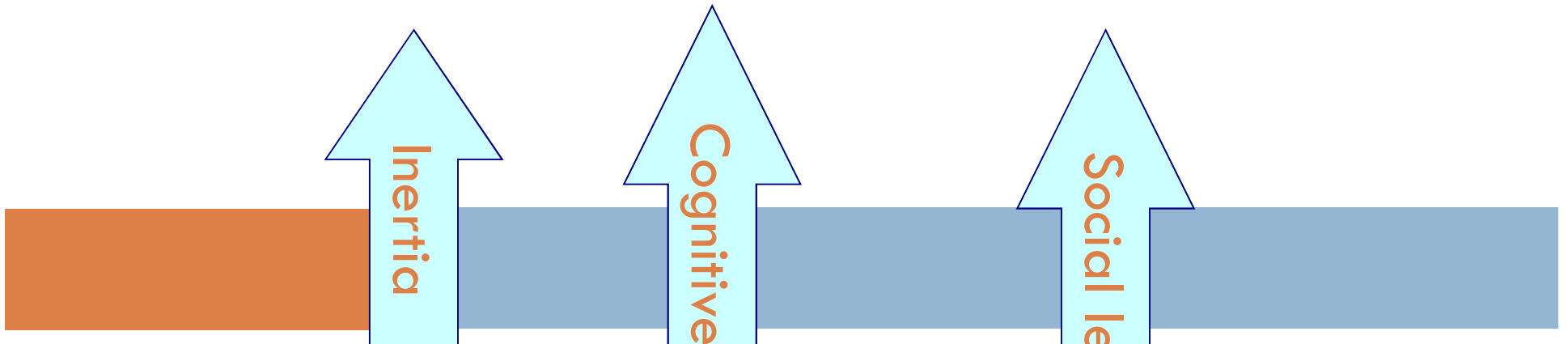
$p^i \rightarrow$  best position attained by particle  $i$  so far

$p_{k-1}^g \rightarrow$  global best position attained by the swarm at iteration  $k - 1$

# مدلسازی ریاضی الگوریتم PSO

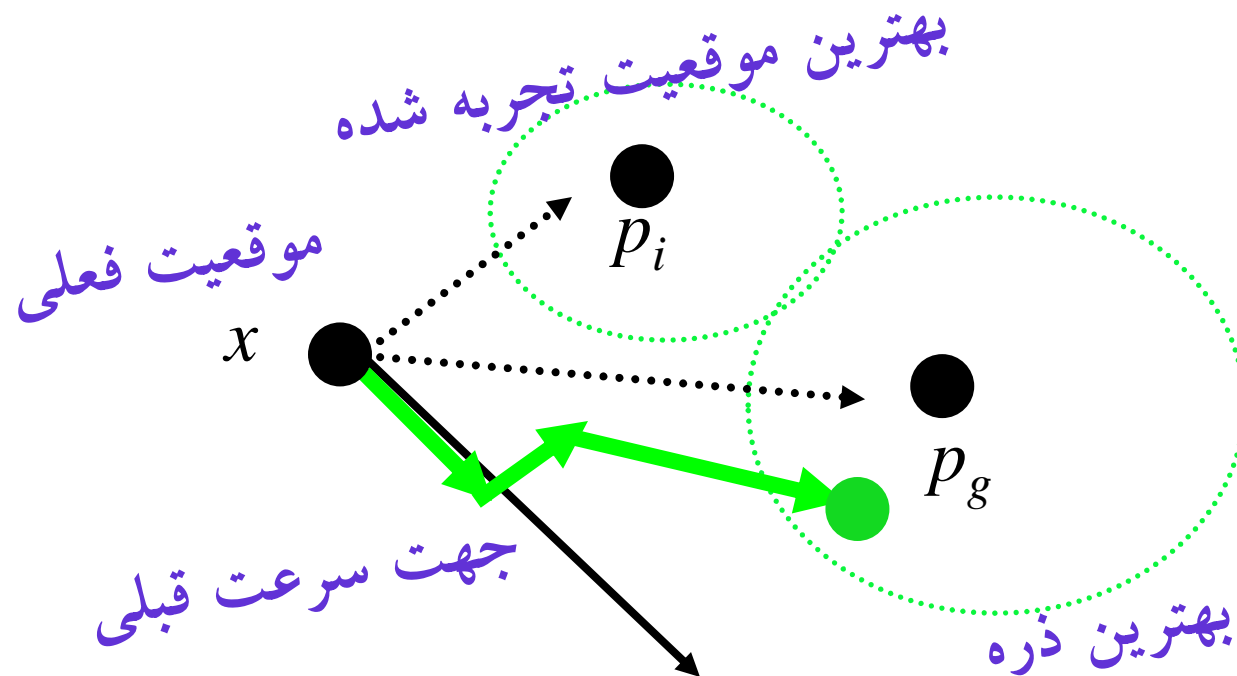
$$x_i^k = x_i^{k-1} + v_k^i$$

$$v_k^i = wv_{k-1}^i + c_1r_1(p^i - x_{k-1}^i) + c_2r_2(p_{k-1}^g - x_{k-1}^i)$$



# شماتیک کارکرد الگوریتم PSO

۱۴

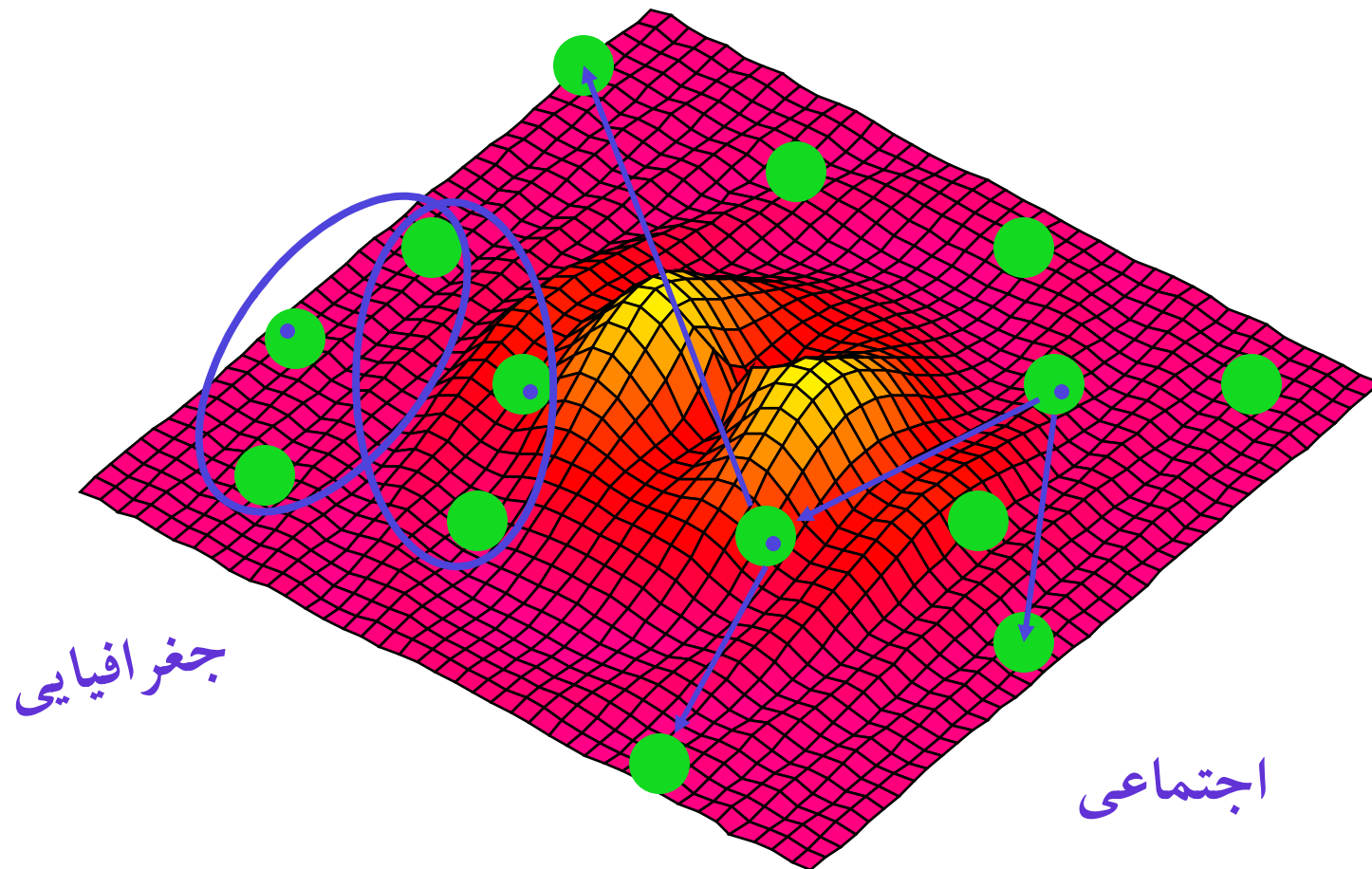


$$v_k^i = wv_{k-1}^i + c_1r_1(p^i - x_{k-1}^i) + c_2r_2(p_{k-1}^g - x_{k-1}^i)$$



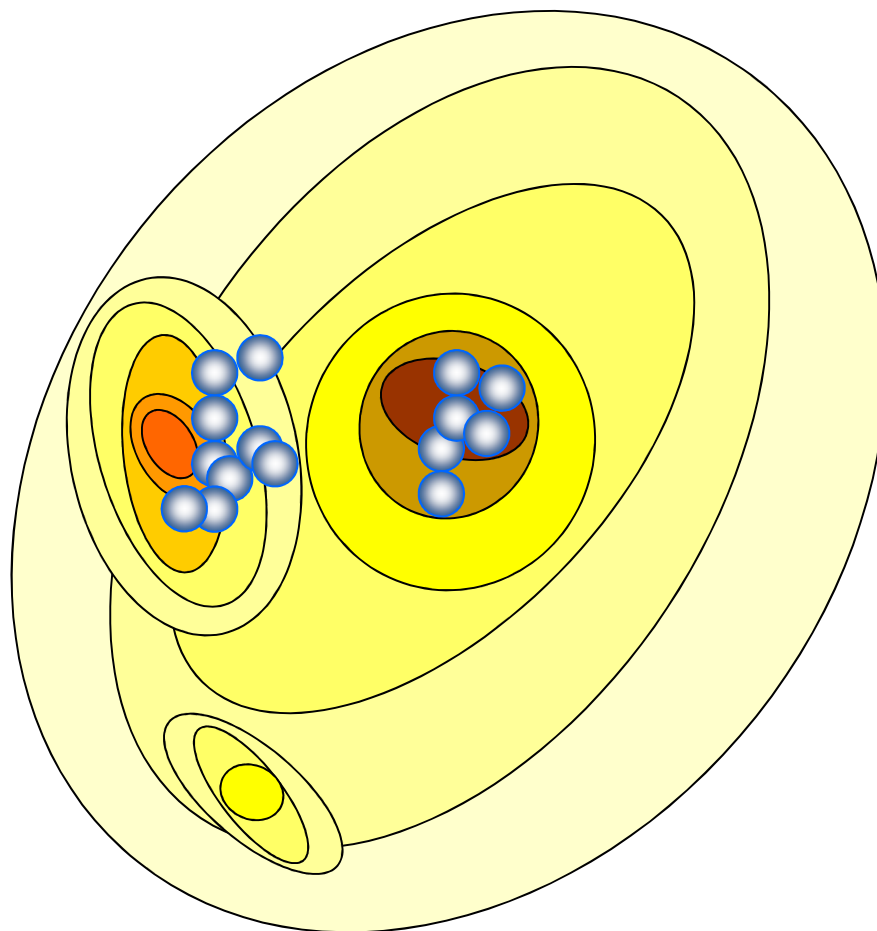
# ساختار همسایگی

10

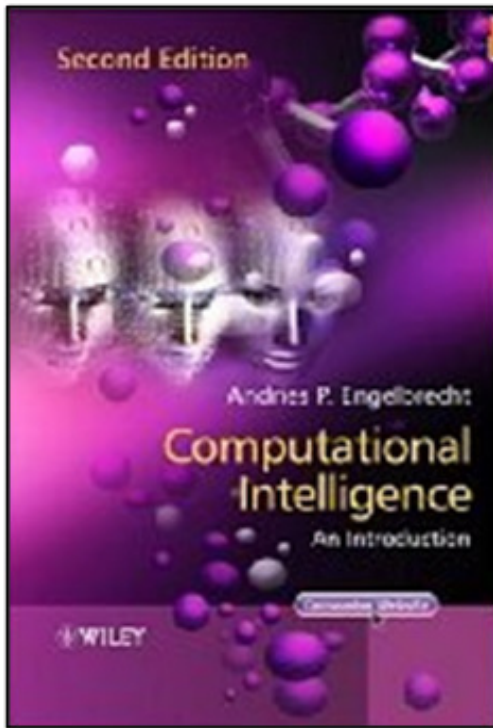


# شماتیک عملکرد الگوریتم PSO

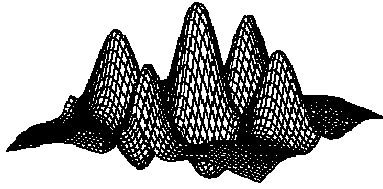
۶۶



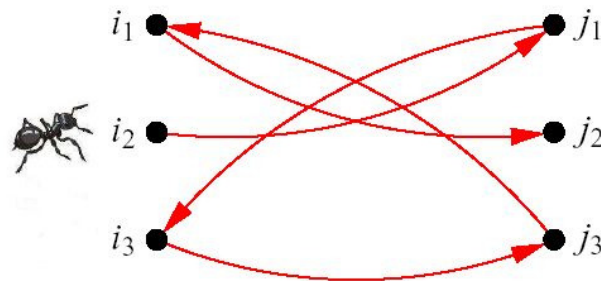
# مراجع پیشنهادی



- [1] Kennedy J. & Eberhart R. (1995). “Particle swarm optimization”. In Proceedings of the 1995 IEEE international conference on neural network, IV, 4, 1942–1948.
- [2] Poli R., Kennedy J., Blackwell T., “Particle swarm optimization An overview”, *Swarm Intell*, 1, 33–57, 2007.
- [3] Kennedy J. & Eberhart R. (1995), PSO algorithms Presentation.
- [4] MatlabSite Presentations of Evolutionary algorithms and Metaheuristics.



# الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان (Ant Colony Optimization)



# فهرست مطالب

هوش مصنوعی

هوش جمعی

همکاری و ارتباط

ایده اصلی توسعه الگوریتم

قوانین تعیین موقعیت جدید

رفتار مورچه ها در آزمایش گاس

الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان

ساختار همسایگی

مراجع پیشنهادی

# هوش مصنوعی

۱- یادگیری ماشینی

۲- هوش محاسباتی



شبکه های عصبی

الگوریتم های تکاملی

هوش جمعی (Swarm Intelligence)

و ...



## هوش جمعی



\*\*\* قوانین هوش جمعی

□ نیاز به داشتن جریان اطلاعاتی (نگهداشتن فاصله با اطرافیان در حد ثابت)

□ اصل خود ترتیبی (حرکت در جهتی که بقیه حرکت می کنند)



# هوش جمعی



نحوه ارتباط و همکاری حشرات اجتماعی :

مورچه ها

زنبورها

موریانه ها



عملکرد حیوانات جمعی :

پرندگان

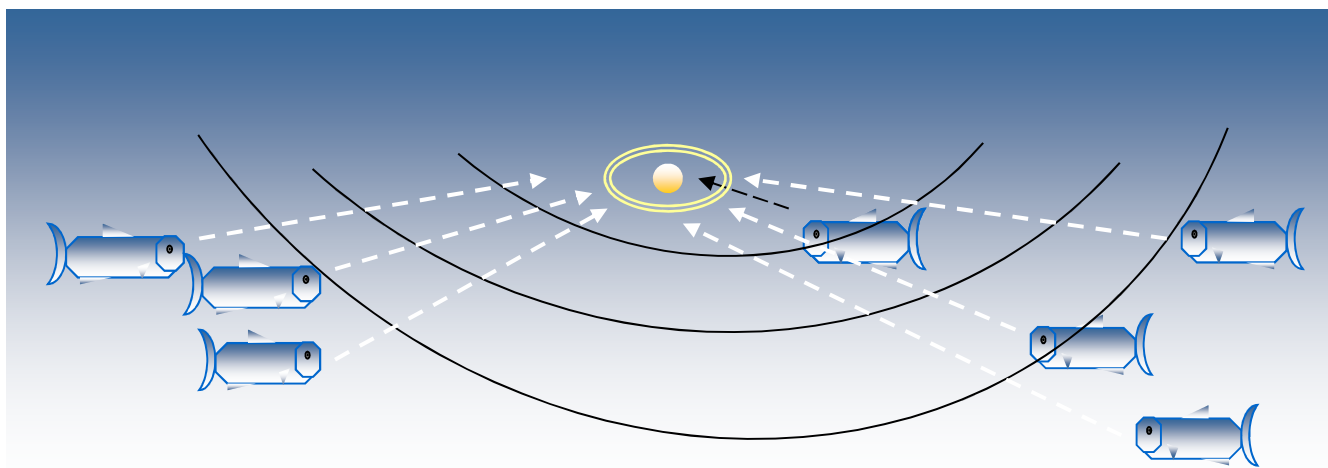
ماهی ها





# همکاری و ارتباط

\* طرح چند مثال:



# ایده اصلی توسعه الگوریتم ACO

□ آزمایش گاس

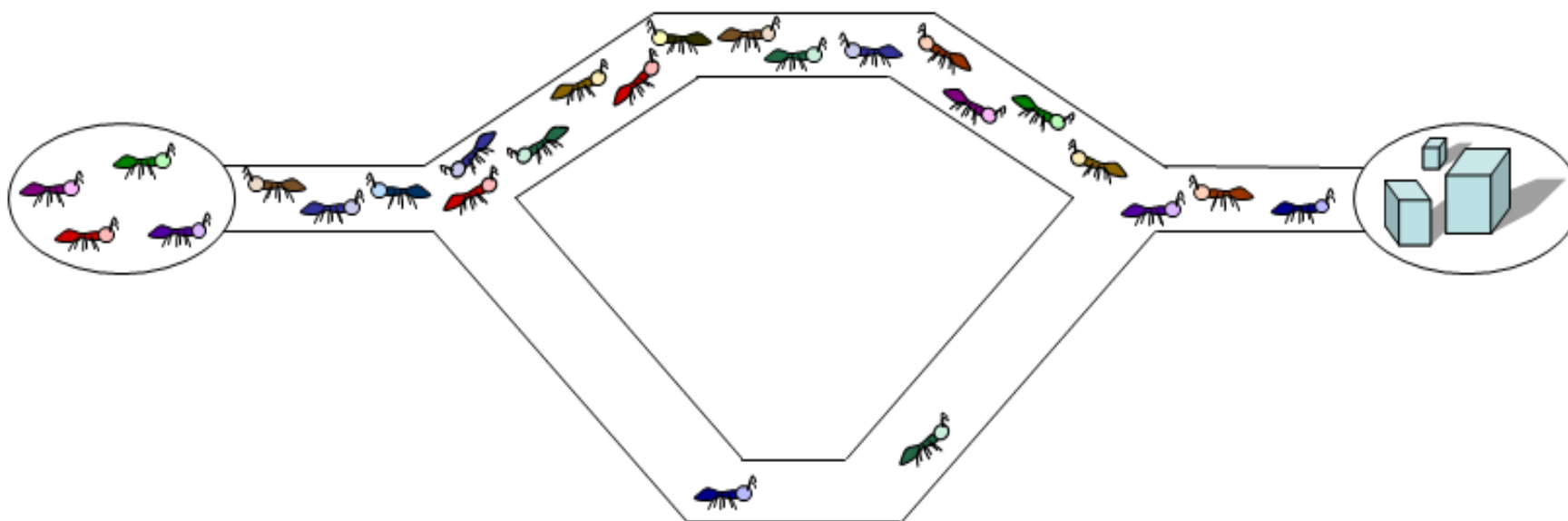
□ انتخاب کوتاهترین مسیر در طی گذر زمان

□ معرفی ACO در تز دکترای مارکو دوریگو



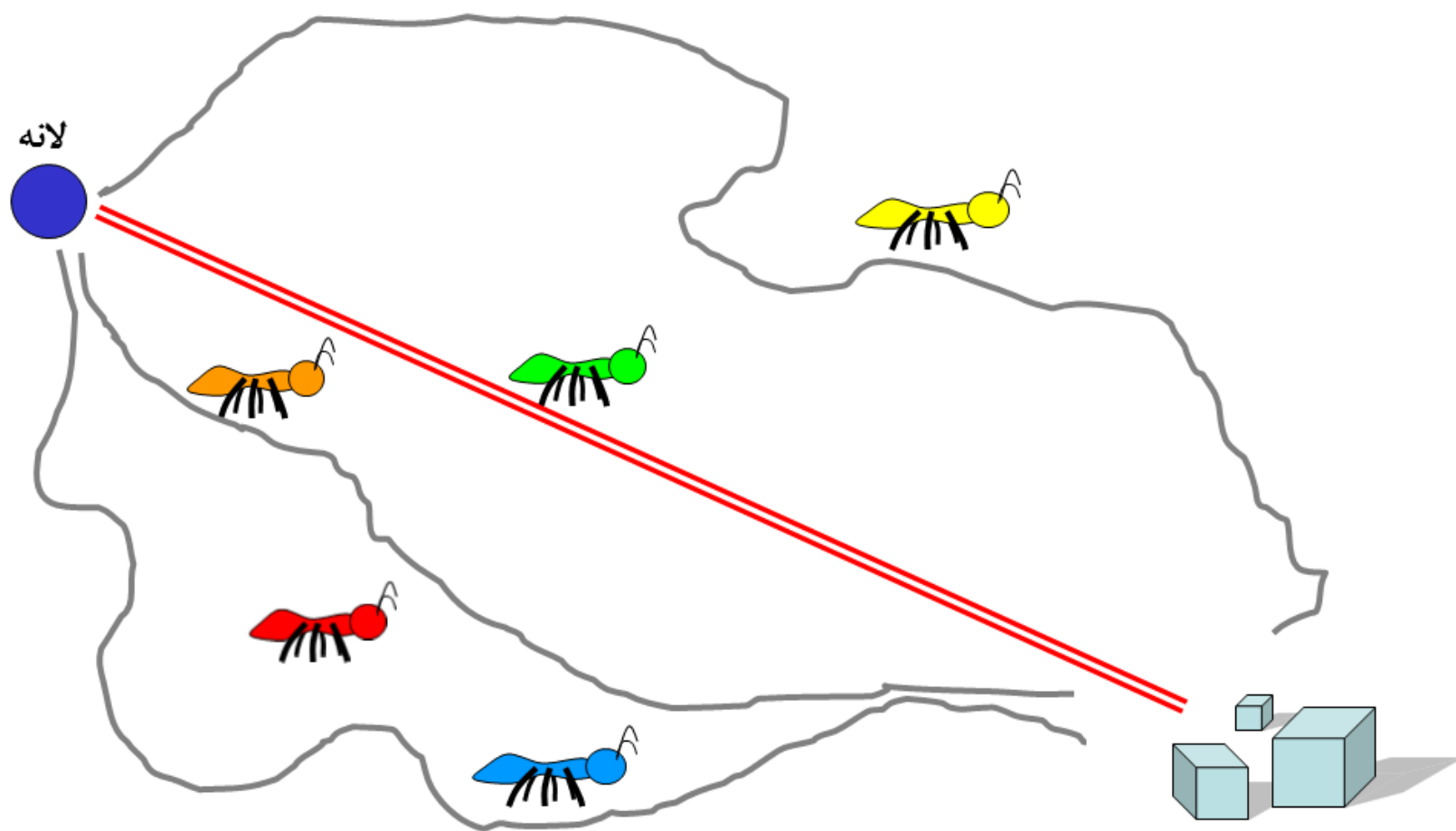
# رفتار مورچه ها در آزمایش گاس

۷۵



# رفتار مورچه ها در آزمایش گاس

۷۶



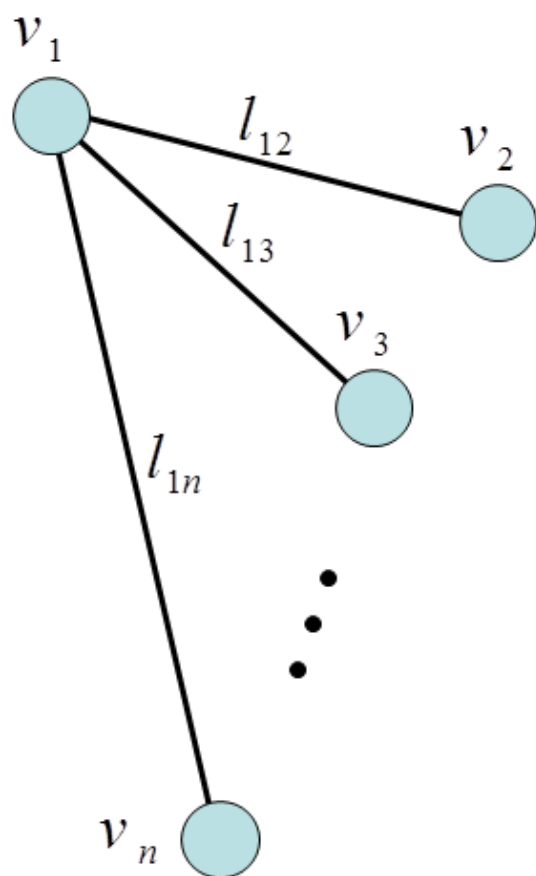
# قوانین تعیین موقعیت جدید

(۱) ذخیره سازی اطلاعات هم برای خود هم برای دیگران

(۲) جایگزینی اطلاعات بعد از مدتی از طریق تبخیر فرمون



# تعريف



$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$$

$$L = \{l_{ij} \mid (v_i, v_j) \in W \subseteq V \times V\}$$

$$G = (V, L)$$

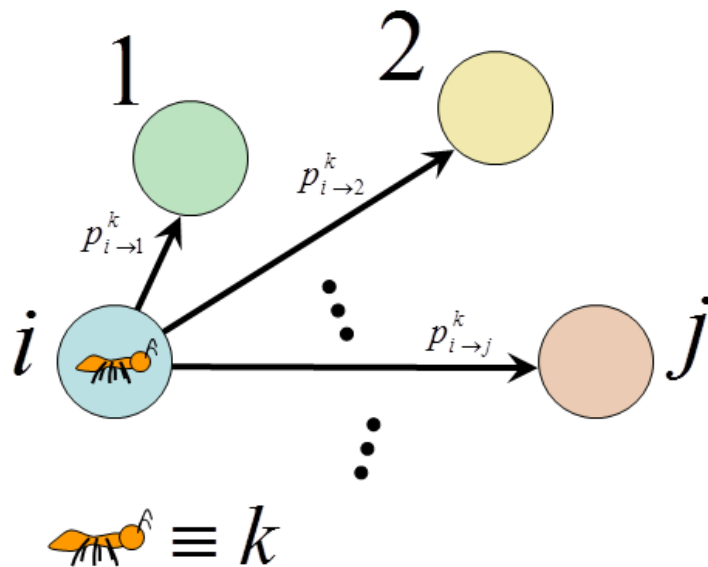
$$J : L \rightarrow \mathbb{R}^{\geq 0}$$

$$J(l_{ij}) = d_{ij}$$

$$D = [d_{ij}]_{n \times n}, d_{ii} = 0$$

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

# الگوریتم مورچه ها: مسیریابی



$$p_{i \rightarrow j}^k = p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{(\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta}{\sum_{m \in \mathcal{N}_i^k} (\tau_{im})^\alpha (\eta_{im})^\beta} & , j \in \mathcal{N}_i^k \\ 0 & , j \notin \mathcal{N}_i^k \end{cases}$$

$$\mathcal{N}_i = \{m \mid l_{im} \in L\}$$

$$\mathcal{N}_i^k = \{m \mid m \in \mathcal{N}_i \wedge m \notin \Psi^k\} = \mathcal{N}_i - \Psi^k$$

# الگوریتم مورچه ها: تغییر فرمون

۸۰

$$\tau_{ij} \leftarrow \tau_{ij} + \sum_k \Delta \tau_{ij}^k$$

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}$$

Ant System

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{J(\Psi^k)} & , l_{ij} \in \Psi^k \\ 0 & , l_{ij} \notin \Psi^k \end{cases}$$

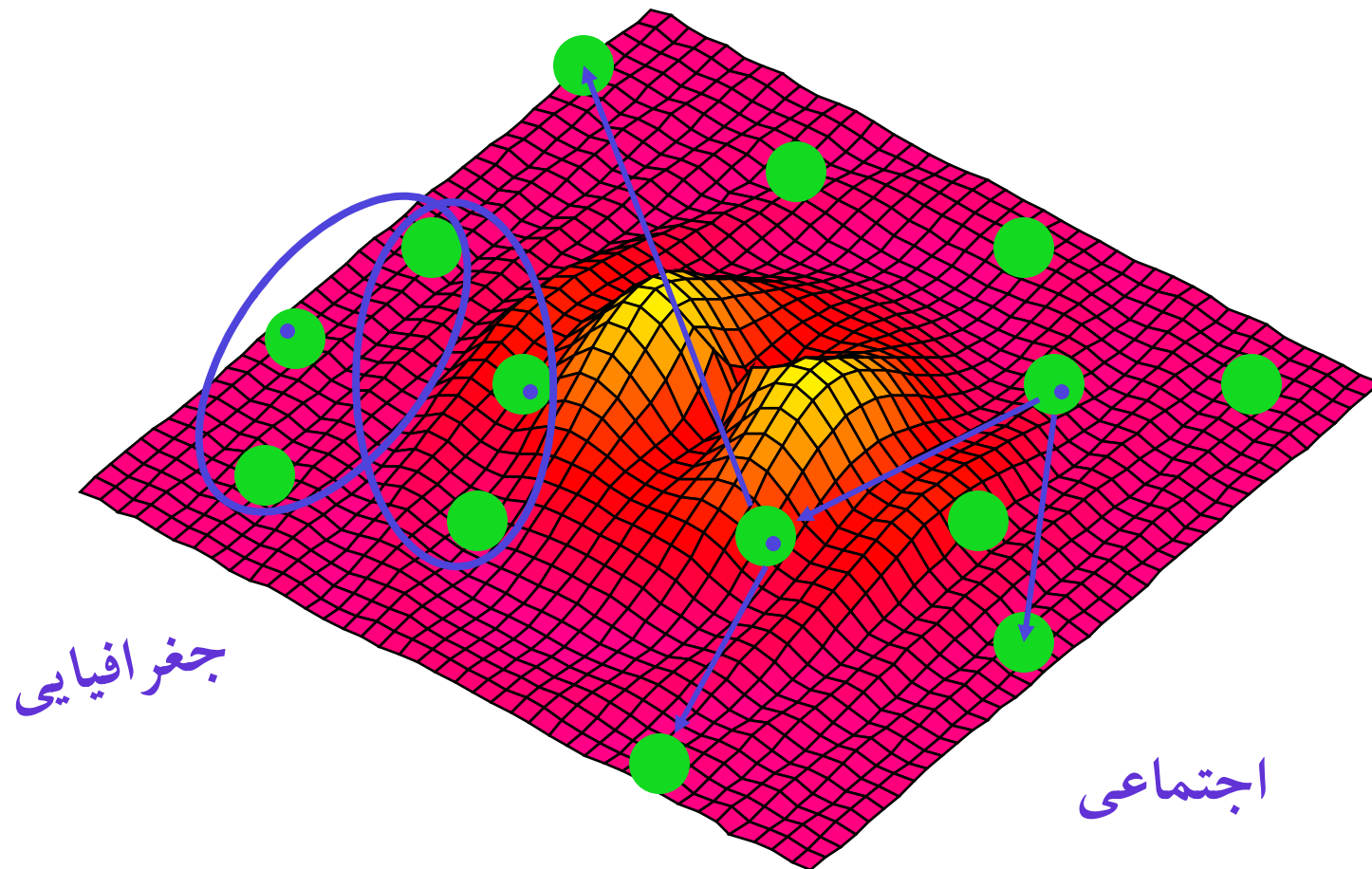
Ant Colony System

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{\rho}{(1 - \rho)J(\Psi^+)} & , l_{ij} \in \Psi^k = \Psi^+ \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$

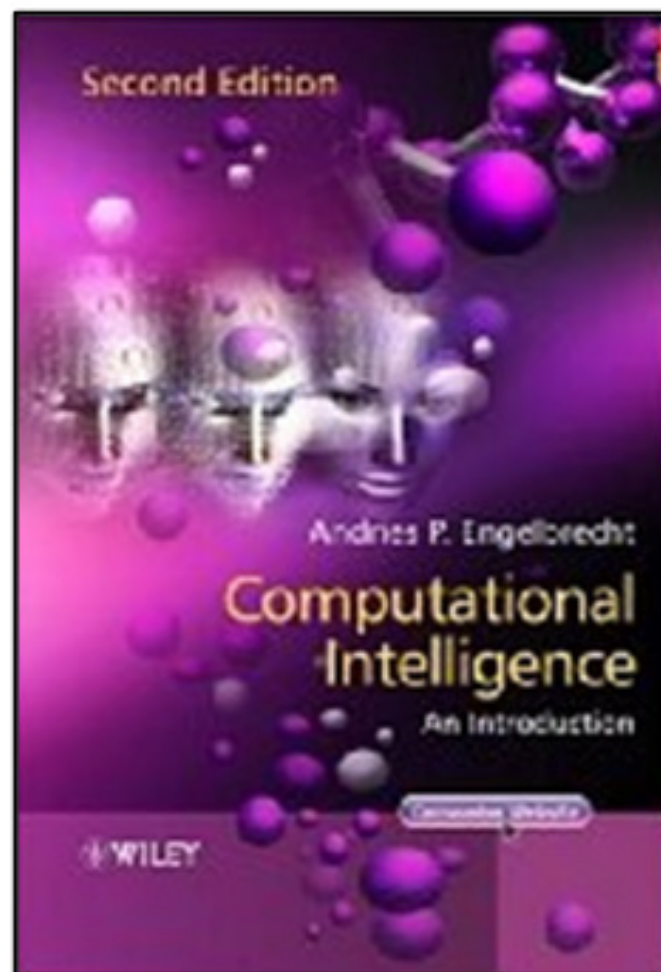


# ساختار همسایگی

۸۱



# مراجع پیشنهادی



# پیاده سازی الگوریتم ها در MATLAB

مراجعه به محیط نرم افزار

MATLAB®



با تشکر

