طبقه‌بندی چند معیاره موجودیها

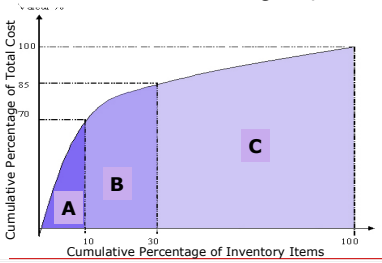
Multi-Criteria ABC Classification

طبقه‌بندی موجودی

- هدف
  - متناسب‌سازی میزان کنترل اقلام با درجه‌ی اهمیت آن اقلام.
  - استفاده از سیستم‌های دقیقتر کنترل موجودی برای اقلام مهمتر.
- معیار طبقه‌بندی
  - هزینه یا حجم قطعه
- روش طبقه‌بندی
  - اصل پارتو: ۸۰ درصد ثروت جامعه در اختیار ۲۰ درصد از افراد جامعه.

طبقه‌بندی موجودی

- نتیجه مطالعات تجربی
  - ۲۰–۵ ٪ اقلام موجودی در بر گیرنده‌ی ۷۰– ۵۰٪ هزینه کل موجودیها.
  - ۳۰–۲۰ ٪ اقلام موجودی در بر گیرنده‌ی ۳۰– ۲۰٪ هزینه کل موجودیها.
  - ۷۰–۵۰ ٪ اقلام موجودی در بر گیرنده‌ی ۲۰– ۵٪ هزینه کل موجودیها.
- طبقه‌بندی
  - طبقه **A** : اقلام خیلی مهم
  - طبقه **B** : اقلام با اهمیت متوسط
  - طبقه **C** : اقلام کم اهمیت



طبقه‌بندی چند معیاره موجودی

- معیارهای مرسوم در طبقه‌بندی چند معیاره
  - هزینه‌ی سالیانه
  - حجم
  - زمان تدارک[1]
  - دوام
  - دسترس پذیری
  - عمومیت داشتن
  - قابلیت تعویض

1- Lead Time (LT)

طبقه‌بندی چند معیاره

- مثالهایی از طبقه‌بندی چند معیاره
  - رتبه‌بندی اعتباری[1] مشتریان حقوقی
  - طبقه‌بندی شرکتها به ورشکسته و غیر ورشکسته
  - طبقه‌بندی تامین‌کنندگان
  - طبقه‌بندی توزیع‌کنندگان یا نمایندگیهای فروش
- تفاوت بین مسئله‌ی طبقه‌بندی و مسئله‌ی خوشه‌بندی[2]

1- Credit Scoring 2- Clustering

تمرین

- راجع به خوشه‌بندی تحقیق نموده و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
  - بطور دقیق خوشه‌بندی را تعریف نمائید.
  - حداقل چهار کاربرد خوشه‌بندی را توضیح دهید.
  - چه روشهایی برای خوشه‌بندی وجود دارد؟ روشهای خوشه‌بندی را دسته‌بندی کنید.
  - چه نرم‌افزارهایی برای خوشه‌بندی وجود دارد.

1- Credit Scoring 2- Clustering

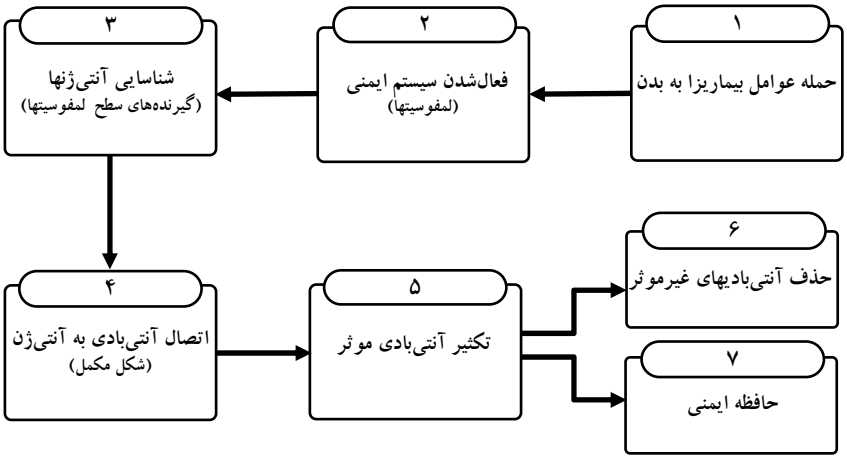
طبقه‌بندی چند معیاره موجودیها

- تحلیل سلسله‌مراتبی
  - فلورانس و اولسون(۱۹۹۲)، پرتوی و برتون (۱۹۹۳)، گاپچال و همکاران (۱۹۹۴) و جولای و همکارانش (۱۳۸۳و ۲۰۰۵)
- الگوریتم ژنتیک
  - آلتای و ارل (۱۹۹۸)
- شبکه عصبی
  - پرتوی و آناندراجان (۲۰۰۲)

سیستم ایمنی

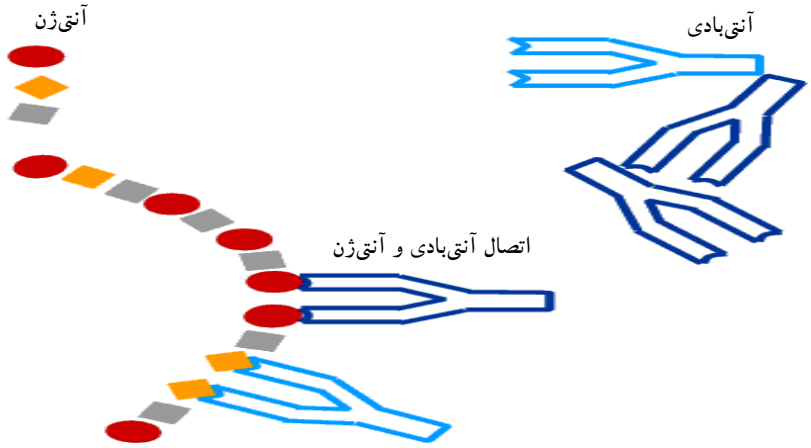
- زندگی تمام موجودات وابسته به این سیستم است.
- شامل تعداد وسیعی از مولکولها و سلولهایی است که برای حفظ زندگی موجودات با هم همکاری می‌کنند.
- عمده‌ترین وظیفه سیستم ایمنی، شناسایی عوامل بیماریزا و حذف آنها است.

نحوه عملکرد سیستم ایمنی

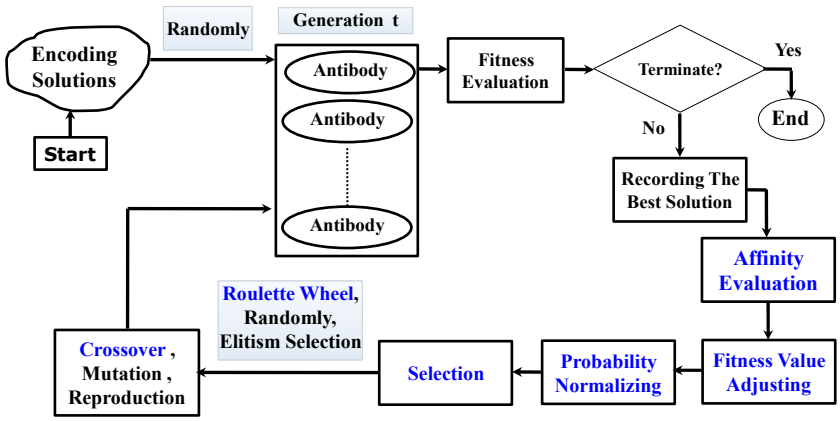


نحوه عملکرد سیستم ایمنی

نحوه عملکرد سیستم ایمنی



رویه کلی الگوریتم ایمنی مصنوعی



روش طبقه‌بندی

- ابتدا از شخص تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود که تعدادی از اقلام را که مطمئن است در هر کدام از طبقات قرار دارند را اعلام کند.
- الگوریتم با استفاده از این اقلام آموزش دیده و وزن هر معیار را به دست می‌آورد.
- بقیه اقلام را بر اساس وزنهای به دست آمده، طبقه‌بندی خواهد کرد.
- مشخصات مسئله‌ی مورد مطالعه
  - قلمرو مکانی: انبار یک دانشگاه
  - تعداد اقلام موجود: ۱۴۵ قلم موجودی.
  - تعداد اقلام برای آموزش الگوریتم: ۳۰ قلم موجودی.
  - معیارهای طبقه‌بندی: ۴ معیار هزینه سالیانه، تقاضای سالانه، زمان تدارک و قابلیت تعویض.

روش نمایش جواب (آنتی‌بادی)

- هر آنتی‌بادی شامل ۴ مولفه‌ی وزن برای معیارها و ۲ مولفه برای نقاط برش بین طبقات است (همه‌ی مولفه بین صفر و یک هستند).

w_1	w_2	w_3	w_4	x_{AB}	x_{BC}

$$\sum_{j=1}^{4} w_j = 1$$

$$x_{AB} > x_{BC}$$

طبقه‌بندی یک قلم موجودی براساس یک آنتی‌بادی خاص

- قدم ۱: محاسبه ی مجموع وزنی قلم i براساس یک آنتی‌بادی خاص a
  - w_j : وزن معیار j
  - i_j : مقدار معیار j در قلم i
  - $\min j$: کمترین مقدار معیار j
  - $\max j$: بیشترین مقدار معیار j

$$ws(a,i)=\sum_{j=1}^{4} w_j \frac{i_j-\min j}{\max j-\min j}$$

طبقه‌بندی یک قلم موجودی براساس یک آنتی‌بادی خاص

- مثال: محاسبه‌ی مجموع وزنی قلم $i=3$ براساس آنتی‌بادی زیر:

$$a=\left(w_1=0/1,\ w_2=0/2,\ w_3=0/3,\ w_4=0/4,\ x_{AB}=0/73,\ x_{BC}=0/16\right)$$

قلم i	معیار j=1	معیار j=2	معیار j=3	معیار j=4
1				
2				
3	5500	70	12	0.60
....				
145				
max	11000	110	16	0.95
min	1000	60	11	0.45

$$ws(a,3)=(0/1)\frac{5500-1000}{11000-1000}+(0/2)\frac{70-60}{110-60}+(0/3)\frac{12-11}{16-11}+(0/4)\frac{0/60-0/45}{0/95-0/45}=0/265$$

طبقه‌بندی یک قلم موجودی براساس یک آنتی‌بادی خاص

- قدم ۲: مقایسه‌ی مجموع وزنی قلم i با مولفه‌های برش طبقات:

$$Class(a,i)=\begin{cases} A & If \quad x_{AB} \le ws(a,i) \\ B & If \quad x_{BC} \le ws(a,i) < x_{AB} \\ C & Otherwise \end{cases}$$

- مثال: در جدول قبل:

$$a=\left(w_۱=۰/۱,\ w_۲=۰/۲,\ w_۳=۰/۳,\ w_۴=۰/۴,\ x_{AB}=۰/۷۳,\ x_{BC}=۰/۱۶\right)$$

$$ws(a,۳)=۰/۲۶۵ \Rightarrow Class(a,۳)=B$$

تابع برازندگی

- مبنای برازندگی یک آنتی‌بادی، دقت طبقه‌بندی اقلامی است که برای آموزش بکار می‌روند.

$$\delta_i=\begin{cases} ۱ & ; \ Class(a,i)=Class(i) \\ ۰/۴ & ; \ \left|Class(a,i)-Class(i)\right|=۱ \\ ۰ & ; \ Otherwise \end{cases}$$

$$fitness(a)=\frac{۱}{۳۰}\sum_{i=۱}^{۳۰}\delta_i$$

عملگر تقاطع

- ترکیب خطی محدب[1]
  - همواره جواب موجه تولید می‌کند.

$$C = \lambda . P^1 + (1-\lambda) P^2$$

$$0 < \lambda < 1$$

$\lambda = 0/4$

$P^1 = [p_i^1]$	0.2	0.4	0.1	0.3	0.2	0.10
$P^2 = [p_i^2]$	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.05
$C^1 = [c_i^1]$	0.14	0.34	0.28	0.24	0.26	0.07
$C^2 = [c_i^2]$	0.16	0.36	0.22	0.26	0.24	0.08

$c_i^1 = 0/4\, p_i^1 + 0/6\, p_i^2$

$c_i^2 = 0/6\, p_i^1 + 0/4\, p_i^2$

1- Linear Combination

عملگر جهش

- تغییر تصادفی یکی از وزنها

$P^1 = [p_i^1]$	0.2	0.4	0.1	0.3	0.2	0.1
$C^1 = [c_i^1]$	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1
$C'^1 = [c_i'^1]$	0.25	0.25	0.125	0.375	0.2	0.1

$$c_i'^1 = \frac{c_i^1}{\sum_{i=1}^{4} c_i^1}$$

تابع ارزیابی میزان شباهت[1]

- تئوری آنتروپی
  - آبراسمُن[2]، مقدار آنتروپی را برای یک متغیر تصادفی گسسته به صورت زیر محاسبه می‌کند:

$$X \in \{x_1, x_2, ..., x_n\}; \qquad f(x_i) = P(X = x_i) = p_i$$

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{n} h_i = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i$$

  - میزان شباهت بردار j با بردار مرجع (ref) را به صورت زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$X_{ref} : [x_{ref1}, x_{ref2}, ..., x_{refn}]; \quad X_j : [x_{j1}, x_{j2}, ..., x_{jn}]$$

$$x_{ref\,i} = x_{j\,i} \Rightarrow p_{ji} = 1; \quad h_{ji} = -(1)\log(1) = 0$$

$$x_{ref\,i} \neq x_{j\,i} \Rightarrow p_{ji} = 0/35; \; h_{ji} = -(0/35)\log(0/35) = 0/16; \; Affinity(j) = \frac{1}{1 + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} h_{ji}}$$

1- Affinity Function 2- Abrasmon

مقایسه آنتروپی برای چند توزیع یکنواخت

n	pi	H=-Σ(pi)Log(pi)
1	1.0000	0.00
2	0.5000	0.30
4	0.2500	0.60
5	0.2000	0.70
8	0.1250	0.90
10	0.1000	1.00
16	0.0625	1.20
20	0.0500	1.30
25	0.0400	1.40
40	0.0250	1.60
50	0.0200	1.70
80	0.0125	1.90
100	0.0100	2.00
200	0.0050	2.30
1000	0.0010	3.00
2000	0.0005	3.30
10000	0.0001	4.00

تابع ارزیابی میزان شباهت

- دامنه‌ی تغییرات تابع شباهت
  - شباهت کامل

$$\forall i;\ x_{ref\,i} = x_{j\,i} \Rightarrow p_{ji} = ۱;\ h_{ji} = -(۱)\log(۱) = ۰$$
$$\Rightarrow Affinity(j) = \frac{۱}{۱ + \frac{۱}{n}\sum_{i=۱}^{n}(۰)} = ۱$$

  - تفاوت کامل

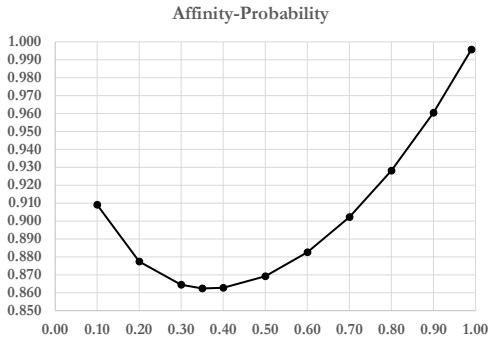
$$\forall i;\ x_{ref\,i} \neq x_{j\,i} \Rightarrow p_{ji} = ۰/۳۵;\ h_{ji} = -(۰/۳۵)\log(۰/۳۵) = ۰/۱۶$$
$$\Rightarrow Affinity(j) = \frac{۱}{۱ + \frac{۱}{n}\sum_{i=۱}^{n}(۰/۱۶)} = ۰/۸۶۲$$

  - برد تابع شباهت

$$Affinity(j) \in [۰/۸۶۲,\ ۱]$$

رفتار تابع شباهت بر حسب مقدار p

p	log p	plog p	Affinity
0.99	-0.004	-0.004	**0.996**
0.90	-0.046	-0.041	**0.960**
0.80	-0.097	-0.078	**0.928**
0.70	-0.155	-0.108	**0.902**
0.60	-0.222	-0.133	**0.883**
0.50	-0.301	-0.151	**0.869**
0.40	-0.398	-0.159	**0.863**
0.35	-0.456	-0.160	**0.862**
0.30	-0.523	-0.157	**0.864**
0.20	-0.699	-0.140	**0.877**
0.10	-1.000	-0.100	**0.909**



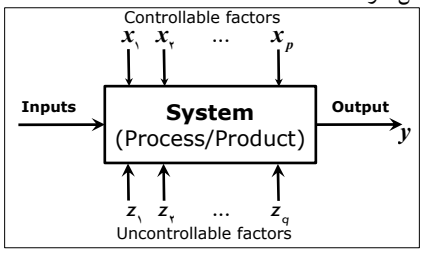
تصحیح پیوستگی

$$Delta = \left| x_{ref\ i} - x_{j\,i} \right| \Rightarrow p_{ji} = ?$$

Delta	p	Affinity
0.01	0.99	0.996
0.02	0.95	0.979
0.03	0.90	0.960
0.04	0.80	0.928
0.05	0.70	0.902
0.06	0.60	0.883
0.07	0.50	0.869
0.08	0.40	0.863
>0.09	0.35	0.862

طراحی آزمایش

- تعیین عواملی که بیشترین اثر را بر روی میانگین و واریانس متغیر پاسخ دارند.
- تعیین سطحی از عوامل تاثیرگذار به گونه‌ای که:
  - میانگین پاسخ در بهترین وضعیت ممکن واقع شود.
  - تغییرپذیری پاسخ کمینه شود.
  - اثرات ناشی از عوامل غیرقابل کنترل حداقل شود.



تنظیم پارامترهای الگوریتم

عامل	نماد	سطوح
درصد تقاطع	p_c	۰/۸۵ – ۰/۷۰ – ۰/۵۵
درصد جهش	p_m	۰/۱۰ – ۰/۰۵ – ۰/۰۲۵
آستانه تشابه	at	۰/۹۸ – ۰/۹۵ – ۰/۹۲
ضریب تعدیل	aa	۰/۹ – ۰/۷۰ – ۰/۵
(تعداد نسلها و اندازه جمعیت)	(popsize, ng)	(۳۰۰ و ۱۵۰) – (۱۵۰ و ۳۰۰)

تنظیم پارامترهای الگوریتم

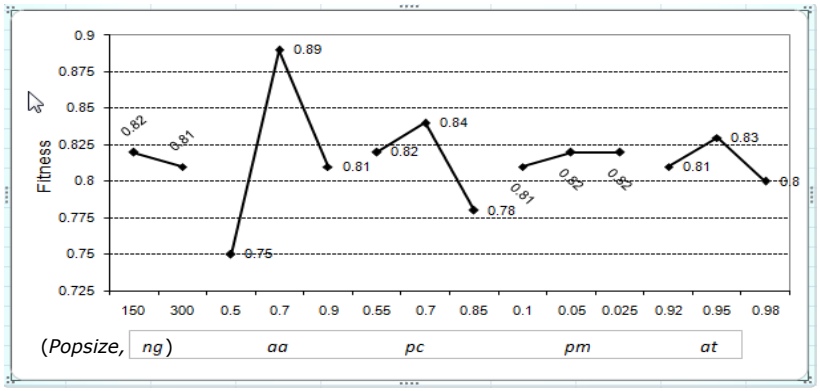
- کل تعداد طرح‌های ممکن $۳^۴ \times ۲^۱ = ۱۶۲$
- هر کدام از ۱۶۲ طرح را روی مسئله مورد بررسی، ۸ بار اجرا کرده و مقدار میانگین برازندگی در جدولی ثبت می‌شود.
  - میانگین برازندگی برای هر سطح از هر عامل محاسبه می‌شود.
  - نمودار اثرات عوامل رسم می‌شود.
  - بر اساس این نمودار سطح بهینه‌ی هر عامل مشخص می‌شود.

تنظیم پارامترهای الگوریتم

سناریو	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴	عامل ۵	اجرای ۱	اجرای ۲	...	اجرای ۸	میانگین برازندگی
۱	۱	۱	۱	۱	۱	f_1^1	f_1^2	...	f_1^8	$\bar{f}_1$
۲	۱	۱	۱	۱	۲	f_2^1	f_2^2	...	f_2^8	$\bar{f}_2$
۳	۱	۱	۱	۲	۱	f_3^1	f_3^2	...	f_3^8	$\bar{f}_3$
۴	۱	۱	۱	۲	۲	f_4^1	f_4^2	...	f_4^8	$\bar{f}_4$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
۱۶۲	۳	۳	۳	۳	۲	f_{162}^1	f_{162}^2		f_{162}^8	$\bar{f}_{162}$

تنظیم پارامترهای الگوریتم

- نمودار اثرات عوامل



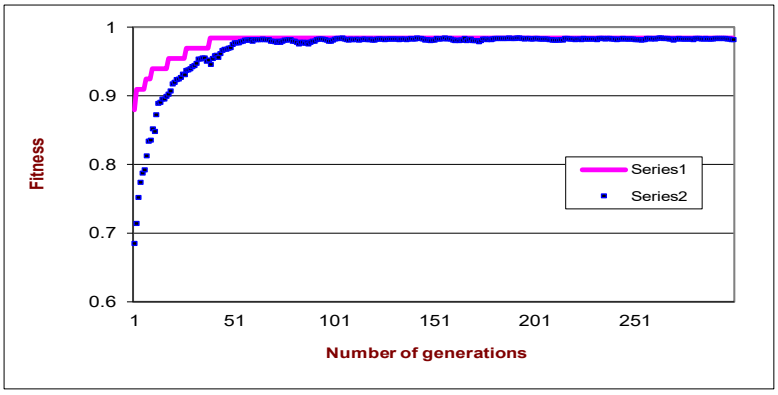
تنظیم پارامترهای الگوریتم

- آنالیز واریانس

عامل	Df	SS	MS	F	درصد سهم عامل
aa	۲	۰/۲۳۶۸	۰/۱۱۸۴	۱۱۵/۵۳	۵۵/۲
p_c	۲	۰/۰۶۷۲	۰/۰۶۷۲	۶۵/۵۷	۱۵/۹
at	۲	۰/۰۵۴۲	۰/۰۲۷۱	۲۶/۴۵	۱۲/۸
خطا	۶۶	۰/۰۶۷۶	۰/۰۰۱۰		۱۶/۱
کل	۷۱	۰/۴۲۵۹			

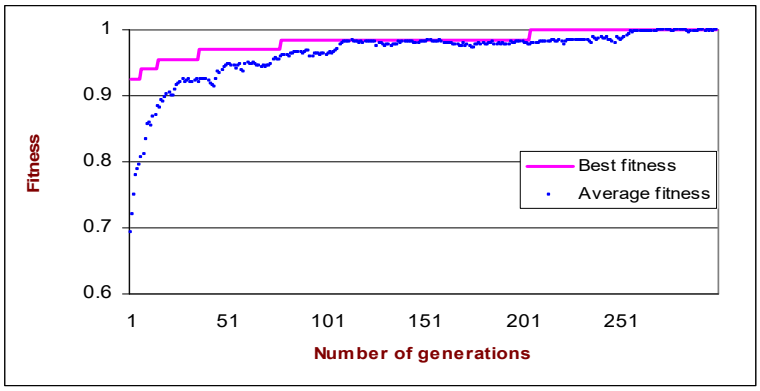
نتایج محاسباتی

- نمودار همگرایی الگوریتم ژنتیک



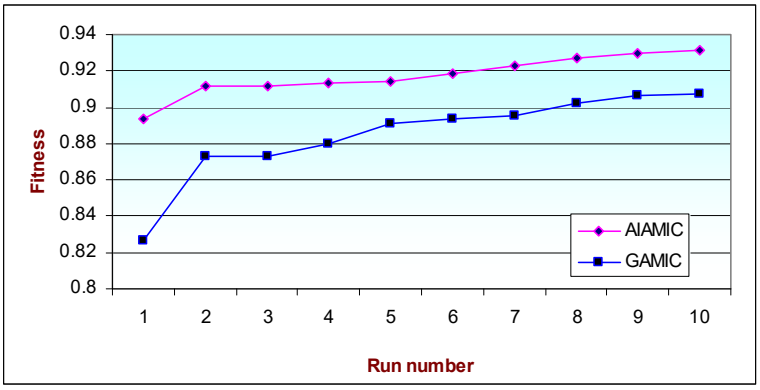
نتایج محاسباتی

- نمودار همگرایی الگوریتم ایمنی مصنوعی



نتایج محاسباتی

- نتایج حاصل از ۱۰ بار اجرای دو الگوریتم



نتایج محاسباتی

- مقایسه بهترین نتایج حاصل در ۱۰ بار اجرای دو الگوریتم

تصمیم گیرنده		الگوریتم ایمنی			الگوریتم ژنتیک		
		A	B	C	A	B	C
A	۲۹	۲۴	۴	۱	۲۱	۷	۱
B	۲۸	۱	۲۲	۵	۰	۱۷	۱۱
C	۸۸	۰	۳	۸۵	۰	۳	۸۵
Total	۱۴۵	۲۵	۲۹	۹۱	۲۱	۲۷	۹۷

References

[1] Flores, B.E., Whybark, D.C. 1986. Multiple criteria ABC analysis, *International Journal of Operations and Production Management,* Vol. 6, No. 3, 38-46.

[2] Guvenir, H. A., Erel, E. 1998. Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*, Vol. 105, No. 1, 29-37.

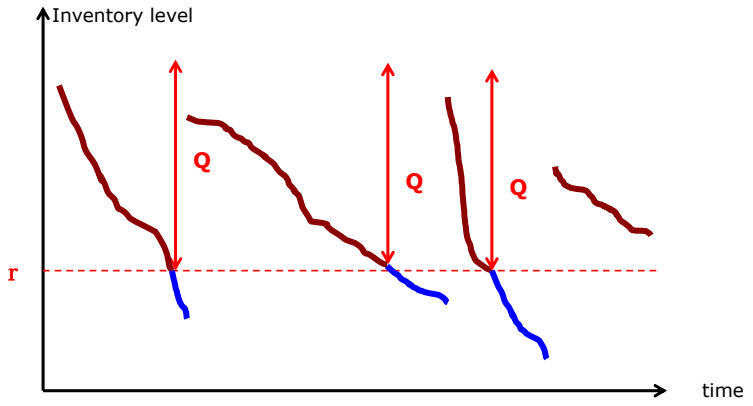
[3] Montgomery, D.C. 2013. *Design and Analysis of Experiments*. Eighth Edition, John Wiley and Sons, Inc.

[4] Tsai, C.Y., Yeh, S.W. 2008. A multiple objective particle swarm optimization approach for inventory classification, *International Journal of Production Economics*, Vol. 114, No. 2, 656-666.

[5] Zandieh, M., Fatemi Ghomi, S.M.T., Moattar Husseini, S.M. 2006. An immune algorithm approach to hybrid flow shops scheduling with sequence-dependent setup times, *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 180, No. 1, 111-127.

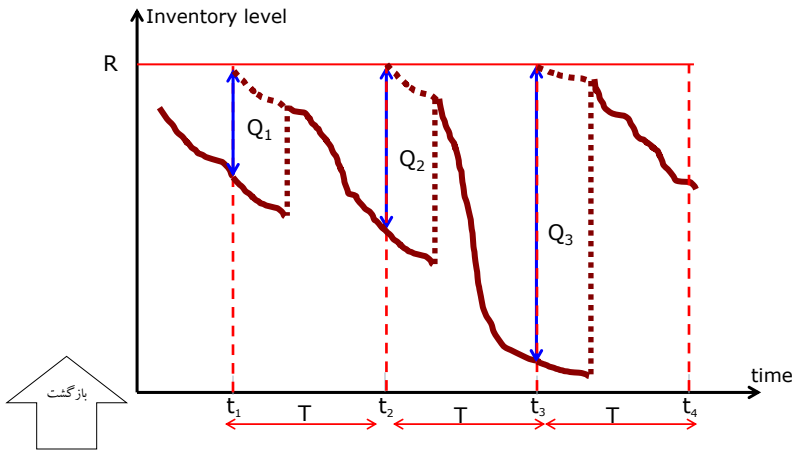
[6] Zandieh, M., Gholami, M., 2009. An immune algorithm for scheduling a hybrid flow shop with sequence-dependent setup times and machines with random breakdowns, *International Journal of Production Research*, Vol. 47, No. 24, 6999-7027.

سیستم مرور دائم[1] (r, Q)



1- Continues Review System/ Fixed Order Size (FOS)

سیستم مرور دوره‌ای[1] (R, T)



1- Periodic Review System/ Fixed Order Interval (FOI)