خوشه بندی اعضا در تیمهای دانش محور پروژ ه های بزرگ با استفاده از الگوریتم مورچگان

صدیقه رضاییان فردویی
دانشجوی دکتری مهندسی صنایع دانشگاه پیام نور
Rezaeian@phd.pnu.ac.ir

دکتر پرویز فتاحی
دانشیار دانشگاه بوعلی سینا همدان

بنت الهدی علی احمدی
دانشجوی دکتری مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت

چکیده

خوشه بندی به مفهوم اختصاص n شی در k دسته می باشد. خوشه بندی از طریق راه حلهای مختلف قابل حل می باشد که یکی از آنها بکارگیری الگوریتم های فرا ابتکاری است و از طرفی دیگر خوشه بندی خود می تواند ابزاری در جهت حل مسائل پیچیده باشد زیرا امکان جستجوی محلی را در فضای جستجو فراهم می نماید[6]. یکی از مسائل خوشه بندی که جز مسایل پیچیده می تواند مطرح باشد تشکیل ترکیبات بهینه از اعضا بر مبنای دانش افراد و تخصص مورد نیاز در پروژه های بزرگ جهت ارتقای عملکرد تیمی است، این موضوع از موضوعات با اهمیت و نسبتا جدیدی می باشد که در صنایع و سازمانها مورد توجه می باشد. یکی از الگوریتم های قابل استفاده در حل مسایل خوشه بندی، الگوریتم کلونی مورچگان است. الگوریتم کلونی مورچه الهام گرفته شده ازمطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه هاست .این مطالعات نشان داده که مورچه ها حشراتی اجتماعی هستند که در کلونیها زندگی میکنند و رفتار آنها بیشتر در جهت بقاء کلونی است تا درجهت بقاء یک جزء از آن.رفتار مورچه ها دارای نوعی هوشمندی تودهای است که اخیراً مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. در این مقاله برای اولین بار است که الگوریتم کلونی مورچگان را در یک مسأله خوشه بندی و تخصیص اعضا در تیم های دانش محور را بکار می برد. تا این زمان تنها در سال 2009یک مقاله [5] این مساله را مورد مطالعه قرار داده و آن هم از طریق الگوریتم ژنتیک حل شده است، البته بعد خوشه بندی بر اساس ویژگیها و محدودیتها نیز در مقاله مذکور مورد توجه قرار نگرفته است، در حالیکه این موضوع از مباحث مطرح در الگوریتم های فرا ابتکاری بوده و از این رو جز محورهای اصلی این مقاله در نظر گرفته شده است.

کلید واژه:
الگوریتم مورچگان، خوشه بندی، پروژه، تیم دانش محور

مقدمه

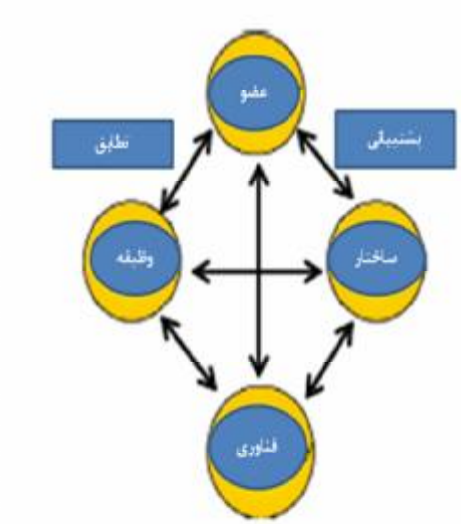
هدف از خوشه بندی سازماندهی منطقی تعدادی از اشیا می باشد. به دلیل اهمیت استراتژیک خوشه بندی در زمینه های مختلف، الگوریتم های مختلف جهت حل مسایل خوشه بندی در مرور ادبیات پیشنهاد شده اند.

اخیرا، الگوریتم ژنتیک[12] ، الگوریتم جستجوی ممنوع [9-11] و [10-13] و الگوریتم انجماد تدریجی[14-15] جهت حل مسایل خوشه بندی بکار گرفته شده اند.

در این مقاله الگوریتم مورچگان در نظر گرفته شده است. مورچه‌ها هنگام راه رفتن از خود ماده شیمیایی فرومون بجای می‌گذارند که البته این ماده بزودی تبخیر می‌شود ولی در کوتاه مدت بعنوان رد مورچه بر سطح زمین باقی می‌ماند.یک رفتار پایه‌ای

ساده در مورچه‌ها وجود دارد که آنها هنگام انتخاب بین دو مسیر بصورت احتمالاتی (statistical) مسیری را انتخاب می‌کنند که فرومون بیشتری داشته باشد یا بعبارت دیگر مورچه‌های بیشتری قبلاً از آن جا عبور کرده باشند. اخیرا مسایل مختلفی جهت بهینه سازی تمایزی توسط این الگوریتم انجام پذیرفته است. [4-16-17]

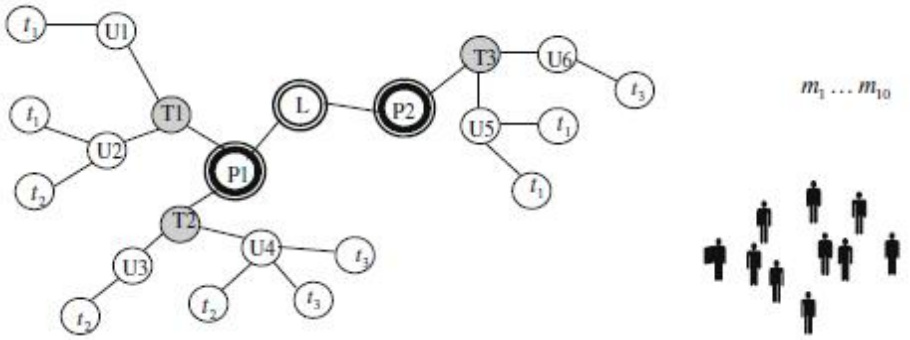
مساله ای که در این مقاله مد نظر قرار گرفته است نوعی مساله خوشه بندی می باشد که در آن بهینه سازی در تشخیص ترکیب اعضا در تیم های دانش محور می بایست انجام پذیرد. تیم های دانش محور بر اساس دانش افراد و تخصص مورد نیاز در تیم، تشکیل می شوند. علاوه بر موارد فوق ویژگیهای دیگری در خوشه بندی اعضا در چنین تیم هایی مطرح می باشد که عبارتند از: ساختار سازمانی و فناوری پشتیبان جهت به اشتراک گذاری دانش در تیم ها. برخی از دانش ها نیاز به اشتراک گذاری بیشتری نسبت به سایرین دارند. مدل مفهومی مساله در شکل زیر نمایش داده شده است[8] .



شکل 1-مدل مفهومی استفاده موثر از دانش در تیم ها

1. بیان مساله

همانطور که قبلا نیز گفته شد، مساله این مقاله مربوط می شود به توسعه ساختار سازمانی برای تیم های کاری دانش محور جهت بکارگیری موثر دانش اعضا. در شکل زیر نمونه ای از این مساله نمایش داده شده است که در آن Lنشان رهبر، Pنشان پروژه، m نشانه اعضا، Tنشان تیم، Uنشان واحد های کاری، tنشان وظیفه می باشد. این مساله در دو مرحله حل می شود، اول هماهنگی بین دانش اعضا و وظایف آنها و دوم تعیین موقعیت و جایگاه اعضا جهت تسهیل به اشتراک گذاری و پشتیبانی از دانش.



شکل2-تخصیص اعضا در تیم های دانش محور

هر یک از این اعضا تنها می توانند به یک تیم در یک پروژه اختصاص یابند و به عنوان نمونه همانطور که در جدول زیر نمایش داده شده است، اعضا دارای دانش های زیر بوده و دانش های مورد نیاز در هر یک از وظایف نیز به ترتیبی می باشد که در جدول1 آمده است.

جدول 1-نمونه ای از دانش افراد و دانش مورد نیاز در تیم ها

Knowledge Types the members possess	Knowledge types the tasks require
m_1: (k_1, k_2, k_5)	t_1: (k_2, k_4, k_5) × 4
m_2: (k_3, k_4, k_5)	t_2: (k_1, k_5) × 3
m_3: (k_1, k_6, k_3)	t_3: (k_2, k_3, k_6) × 3
m_4: (k_2, k_3)	
m_5: (k_3)	
m_6: (k_2, k_4)	
m_7: (k_1, k_6, k_4)	
m_8: (k_2, k_4)	

2. الگوریتم مورچگان

یکی از انواع الگوریتمهای فراابتکاری با استفاده از هوش جمعی می باشد. دسته بندی الگوریتم های فراابتکاری در شکل 3 نمایش داده شده اند. نسخه اولیه ACO در سال 1991 توسط دوریگو تحت عنوان سیستم مورچه معرفی شد.پیش از معرفی قدم به قدم الگوریتم مورچگان لازم به ذکر است که منشاء پیدایش این دسته از رویکردهای حل(بهینه سازی توسط کلونی مورچگان) یکی از ویژگیهای پیچیده حشراتی می باشد که به طور اجتماعی زندگی می کنند . این ویژگی استیگمرجی نام دارد . استیگمرجی دسته ای از مکانیزمهای ایجاد ارتباطات متقابل میان حیوانات می باشد. [1و3]

مورچه ها هنگام حرکت از محلی به محل دیگر مقداری فرومون[1] بر روی زمین به جای میگذارند. فرومون یک ماده شیمیایی است که مورچه ها برای تعیین مسیر سایر مورچه ها و همچنین برای تشخیص راه برگشت خود به جای میگذارند [2]. هر مورچه یک سری جواب کامل با حرکت از یک گره به گره دیگر، بر اساس قاعده انتقال که اطلاعات محلی را در اختیار آنها میگذارد، میسازد. به عبارتی مورچه ها تمایل به انتخاب مسیرهای کوتاهتر با میزان فرومون بیشتر دارند.

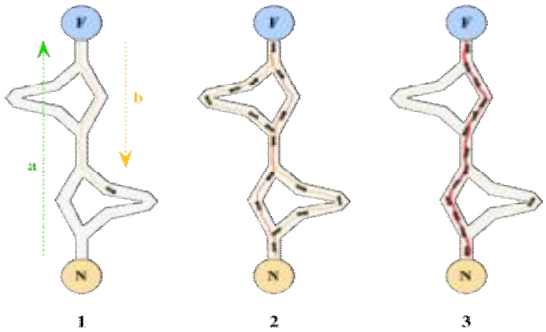
شکل 3. دسته بندی الگوریتمهای فراابتکاری

همانطور که گفته شد، مورچه‌ها هنگام راه رفتن از خود ردی از ماده شیمیایی فرومون بجای می‌گذارند که البته این ماده بزودی تبخیر می‌شود ولی در کوتاه مدت بعنوان رد مورچه بر سطح زمین باقی می‌ماند. یک رفتار پایه‌ای ساده در مورچه‌ها وجود دارد که آنها هنگام انتخاب بین دو مسیر بصورت احتمالاتی مسیری را انتخاب می‌کنند که فرومون بیشتری داشته باشد یا بعبارت دیگر مورچه‌های بیشتری قبلاً از آن جا عبور کرده باشند. شبیه سازی رفتار مورچه های طبیعت در مورچه های مصنوعی انجام می پذیرد. تفاوت های مورچه های واقعی با مصنوعی در موارد زیر است:

حافظه: برای مورچه های مصنوعی می توان یک حافظه در نظر گرفت که مسیرهای حرکت را در خود نگه دارند.

موانع ساختگی: تغییر دادن جزئیات مسأله برای بررسی الگوریتم و رسیدن به جواب های متنوع.

حیات در محیط گسسته: مورچه های واقعی نمی توانند جدا از کلونی به حیات خود ادامه دهند.



شکل 4. رد مورچه برووری سطح زمین

2. 1. نحوه محاسبه این الگوریتم به شرح زیر می باشد:

ابتدا مورچه ها در نقطه های مختلف (نودهای گراف)توزیع می شوند.

برابر با تعداد نقطه ها می باشد.

در ابتدا به هر مورچه فرمون اولیه اختصاص می یابد. واین مقدار در بازه ی {0..1}خواهد بود.

tabuk(s) حافظه (لیست ممنوعه)منحصر به فرد مورچه است.

این لیست شامل نقطه هایی می باشد که مورچه آنها را در مسیر حرکت خود ملاقات کرده است.مقدار اولیه آن و مقدار نهایی آن برابر می باشد.

همان نقطه مقصد می باشد.

فرمول انتخاب نقطه مقصد بر اساس مقدار فرمون:

$$S=\begin{cases} s_1 = \underset{j\in NotVisited(k)}{\arg}\left(\max\{[ph_{ij}(t)]^{a}.[h_{ij}]^{b}\}\right) \\ s_2 \end{cases}$$

α و βپارامترهایی هستند که نسبت اهمیت ردپا را در مقابل میزان پدیداری nij کنترل می کند.

P_{ij}^{k} احتمال حرکت از نقطه i به j توسط مورچه k

$$P_{ij}^{k}=\begin{cases} \dfrac{[ph_{ij}(t)]^{\alpha}.[\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum_{j\in NotVisited(k)}[ph_{ij}]^{\alpha}.[\eta_{ij}]^{\beta}} & \text{If } j\in NotVisited(k) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$

NotVisited(k) مجموعه نقطه هایی است که مورچهk ام از آنها عبور نکرده است .

phij مقدار فرومون موجود در مسیر i و j می باشد

nij عکس طول مسیر

دنباله فرومون (رد پا) به صورت محلی و سراسری به روز رسانی می شود. هر زمان که مورچه ای، یالی را در سفرش استفاده کند، مقداری از فرومون آن بردار کاسته می شود. که این عمل "به روز رسانی محلی فرومون" گفته می شود. این کاهش فرومون سبب می شود آن بردار برای مورچه های بعدی، کمتر جلب توجه کند. به این ترتیب، مورچه ها هرگز به سمت یک مسیر معمولی همگرا نمی شوند و جستجوی بردارهایی که هنوز ملاقات نشده اند، افزایش می یابد.

فرمول به روز رسانی فرومون:

$$ph_{ij}(t+1)=(1-r)ph_{ij}(t)+\Delta ph_{ij}(t,t+1)$$

$(1-r)$: میزان "تبخیر فرومون" را در فاصله ی زمانی (t,t+1) نشان می دهد .

$$\Delta ph_{ij}(t,t+1)=\sum ph_{ij}^{k}(t,t+1)$$

تغییرات فرومون:

$\Delta ph_{ij}^{\ k}(t,t+1)$: مقدار فرومون در هر واحد طول هست که بر روی مسیر(i,j) بوسیلهk امین مورچه در فاصله زمانی (t,t+1)برجای گذاشته می شود.

گزینه‌های مختلف درباره ی چگونگی محاسبه $\Delta ph_{ij}^{\ k}(t,t+1)$ و زمانِ به روز رسانی فرومون($ph_{ij}(t)$) موجب ایجاد نمونه های مختلف الگوریتم های مورچه شده است:

- الگوریتم مقدار مورچه
- الگوریتم چگالی مورچه
- الگوریتم چرخه مورچه

نحوه محاسبه $\Delta ph_{ij}^{\ k}(t,t+1)$ در هریک از انواع الگوریتم های مذکور به شرح زیر می باشد:

الگوریتم مقدار مورچه:

اگر k امین مورچه در فاصله زمانی(t,t+1) از i به j برود

در غیر اینصورت

$$\Delta ph_{ij}^{\ k}(t,t+1)=\begin{cases}\dfrac{Q_1}{d_{ij}}\\ 0\end{cases}$$

الگوریتم چگالی مورچه:

اگر k امین مورچه در فاصله زمانی(t,t+1) از i به j برود

در غیر اینصورت

$$\Delta ph_{ij}^{\ k}(t,t+1)=\begin{cases}Q_2\\ 0\end{cases}$$

الگوریتم چرخه مورچه:

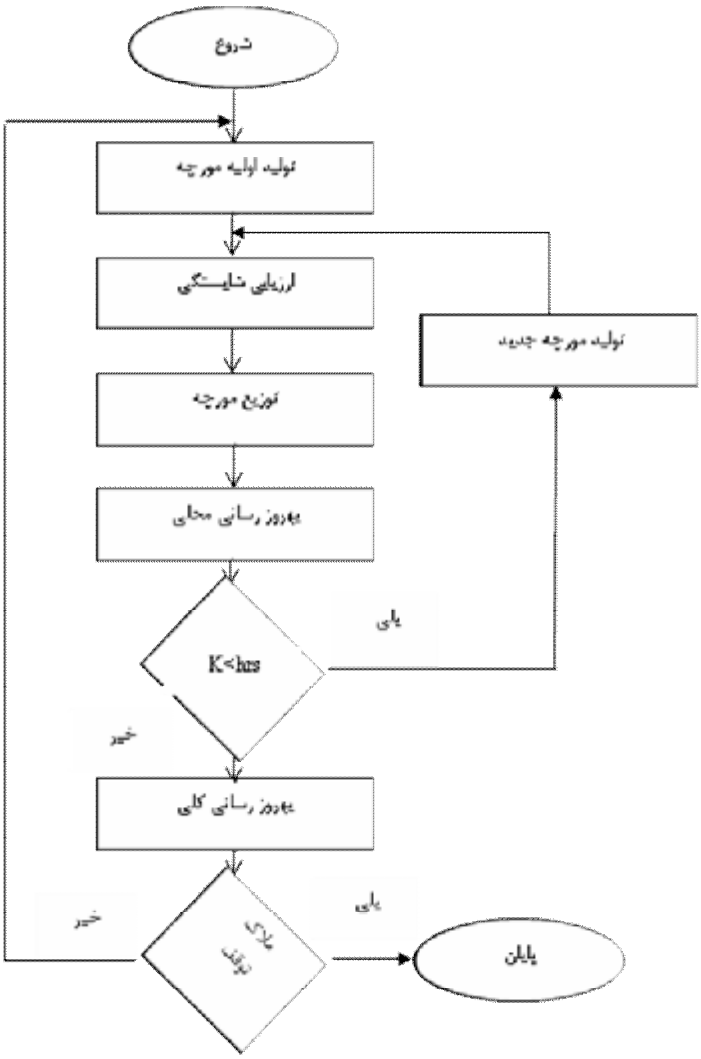
اگر k امین مورچه مسیر(i,j)

را در سفرش استفاده کند

در غیر اینصورت

$$\Delta ph_{ij}^{\ k}(t,t+n)=\begin{cases}\dfrac{Q_3}{L^k}\\ 0\end{cases}$$

3.2. فلوچارت این الگوریتم در شکل 3 نمایش داده شده است.



نمودار5-فلوچارت الگوریتم مورچگان

گامهای الگوریتم به شرح زیر می باشد:

تنظیمات مقدماتی

۱. تهیه یک گراف بسته از نقاط
۲. تخصیص مقدار اولیه فرومون به یالها
۳. در نظر گرفتن مقادیر اولیه برای پارامترهای الگوریتم
٤. توزیع مورچهها روی نقطه ها
٥. اختصاص لیست ممنوعه (حافظه) برای هر مورچه

ساختار حرکت

۱. حرکت مورچه ها از نقطه جاری به نقطه بعدی
۲. به روز رسانی لیست ممنوعه
۳. برگشت مورچه به نقطه آغازین
٤. به روز رسانی محلی فرومون‌ها
٥. ذخیره کردن حرکت مربوطه

محاسبه و انتخاب جواب بهینه

۱. محاسبه طول حرکت مورچه‌ها
۲. مرتب کردن مورچه‌ها
۳. انتخاب بهترین مورچه[3و2و1]

3. خوشه بندی اعضا در پروژه ها با استفاده از الگوریتم مورچگان

در این بخش الگوریتم مورچه گان جهت خوشه بندی اعضا در تیم های کاری پروژه ها تشریح می شود. فرض می کنیم که تعداد 8 عضو و 3 تیم داریم. در ضمن 4 ویژگی و مشخصه جهت تخصیص در این مساله در نظر گرفته شده است که بر مبنای این مشخصات ساختاری موثر و کارا تشکیل می گردد؛ این مشخصات عبارتند از میزان تطابق دانش با وظیفه مورد نظر، میزان تطابق ساختار با عضو به معنای بکارگیری یک عضو در یک وظیفه از یک واحد در یک تیم از یک پروژه، میزان تطابق فناوری با دانش جهت توزیع دانش مورد نظر، میزان تطابق دانش افراد یک تیم با همدیگر جهت جبران دانش های یکدیگر.

به عنوان نمونه ترتیب شکل 6 می تواند به عنوان یک راه حل مطرح باشد که در آن مولفه اول که به معنای عضو شماره یک است در تیم شماره 2 قرار می گیرد و به همین ترتیب بقیه اعضا نیز در ترتیب تیم ها که به شکل زیر آمده است قرار می گیرند. [7]

2	1	3	2	2	3	2	1

شکل 6 نمونه ای از یک راه حل

همانطور که قبلا نیز توضیح داده شد، الگوریتم مورچگان بدون راه حل اولیه شروع می شود و تنها با ماتریس فرومون راه حل اولیه تولید می گردد. با به روز رسانی ماتریس فرومون سایر راه حلها ایجاد می شوند. جدول بعد نمایانگر مجموع داده های مربوط به 4 ویژگی و مشخصه نامبرده در بالا، جهت تخصیص می باشد که به شکل کمی محاسبه شده است.

جدول2- ویژگی ها و مشخصات تخصیص اعضا

N	n			
	1	2	3	4
1	5.1	3.5	1.4	0.2
2	4.9	3	1.4	0.2
3	4.7	3.2	1.3	0.2
4	4.6	3.1	1.5	0.2
5	5	3.6	1.4	0.2
6	5.4	3.9	1.7	0.4
7	4.6	3.4	1.4	0.3
8	5	3.4	1.5	0.2

ماتریس اولیه فرومون برای نمونه اولیه در جدول زیر نمایش داده شده است. Ph نمایانگر میزان فرومون در یک مسیر می باشد، به عنوان نمونه Ph12 = 0,015274، به معنای آن است که احتمال اینکه عضو 1 به تیم 2 تعلق بگیرد بیشتر از سایر جایابی ها می باشد.

جدول 3-ماتریس اولیه فرومون برای نمونه اولیه

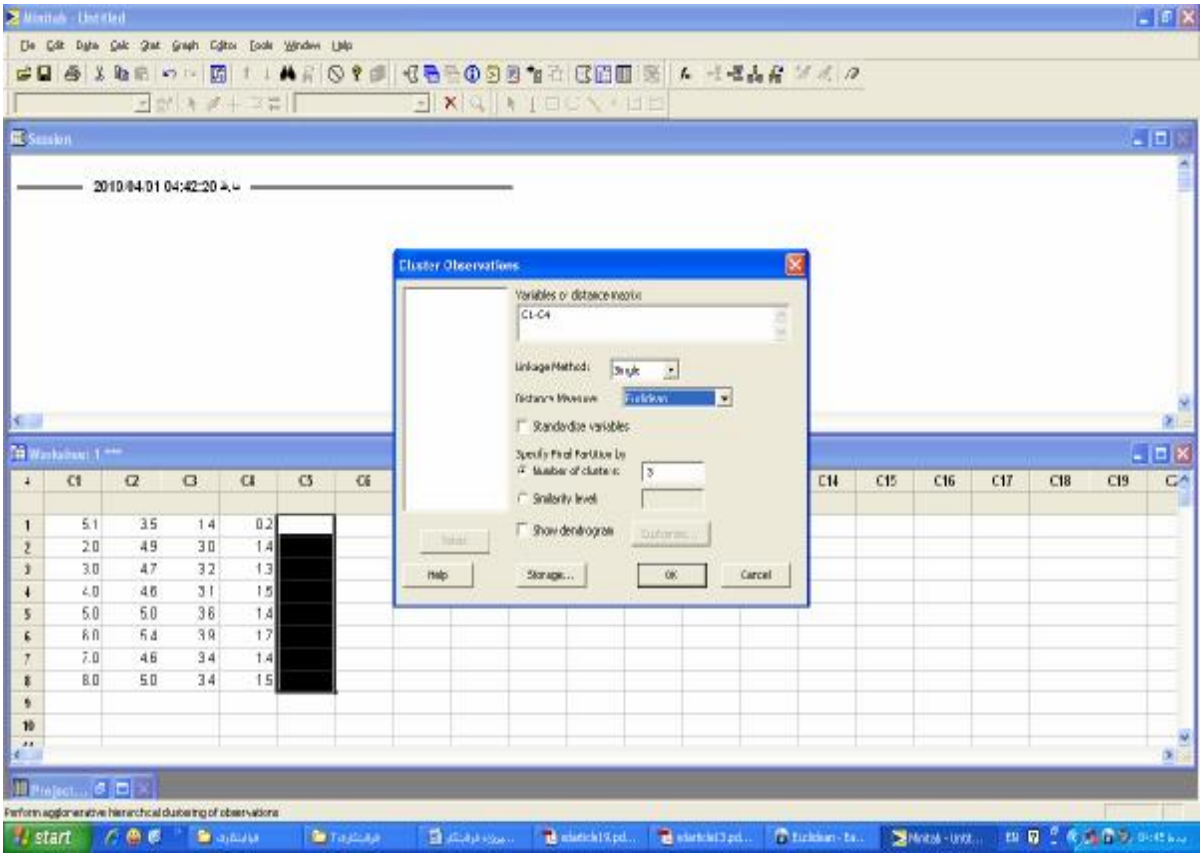
N	K		
	1	2	3
1	0.014756	0.015274	0.009900
2	0.015274	0.009900	0.014756
3	0.015274	0.014756	0.009900
4	0.009900	0.015274	0.014756
5	0.014756	0.015274	0.009900
6	0.009900	0.014756	0.015274
7	0.009900	0.020131	0.009900
8	0.015274	0.014756	0.009900

مقادیر نرمال ماتریس اولیه فرومون برای نمونه اولیه در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول 4-ماتریس نرمال شده اولیه فرومون برای نمونه اولیه

N	K		
	1	2	3
1	0.3695	0.3825	0.2479
2	0.3825	0.2479	0.3695
3	0.3825	0.3695	0.2479
4	0.2479	0.3825	0.3695
5	0.3695	0.3825	0.2479
6	0.2479	0.3695	0.3825
7	0.2479	0.5041	0.2479
8	0.3825	0.3695	0.2479

در این مرحله خوشه بندی و تولید راه حل و بر این مبنا تابع هدف هریک از راه حلها محاسبه می شود. تولید راه حلها براساس فرمول فاصله اقلیدسی بین مجموع امتیاز ویژگیهای هرعضو در حکم مشاهدات (ماتریس نرمالایز تجمع فرومون ها) و مرکز دسته ای(تیمی) می باشد که عضو به آن تعلق گرفته است و بر این اساس خوشه بندی انجام شده است، این محاسبه با کمک نرم افزار Minitab می تواند انجام پذیرد و هر خوشه بندی به عنوان یک راه حل ارائه شده است. شکل 7 نمونه ای از جداول دادههای ورودی و اطلاعات خروجی در جدول 4 آمده است.



Cluster Analysis of Observations: C۱; C۲; C۳; C٤

شکل 7. نتایج خوشه بندی توسط نرم افزار Minitab

جدول 4 . نمونه ای از جداول ورودی و اطلاعات خروجی نرم افزار Minitab

Euclidean Distance, Single Linkage
Amalgamation Steps

Step	Number of clusters	Similarity level	Distance level	Clusters joined		New cluster	Number of obs. in new cluster
1	7	82,8834	1,02956	3	4	3	2
2	6	82,6428	1,04403	2	3	2	3
3	5	82,0171	1,08167	7	8	7	2
4	4	80,7550	1,15758	5	6	5	2
5	3	80,1888	1,19164	2	5	2	5
6	2	76,6063	1,40712	2	7	2	7
7	1	56,0140	2,64575	1	2	1	8

Final Partition
Number of clusters: ۳

	Number of observations	Within cluster sum of squares	Average distance from centroid	Maximum distance from centroid
Cluster1	1	0,000	0,00000	0,00000
Cluster2	5	11,052	1,33385	2,14000
Cluster3	2	0,585	0,54083	0,54083

Cluster Centroids

Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Grand centroid
C1	5,1	4,00	7,50	5,0125
C2	3,5	4,92	4,80	4,7125
C3	1,4	3,36	3,40	3,1250
C4	0,2	1,46	1,45	1,3000

Distances Between Cluster Centroids

	Cluster1	Cluster2	Cluster3
Cluster1	0,00000	2,94204	3,60728
Cluster2	2,94204	0,00000	3,50230
Cluster3	3,60728	3,50230	0,00000

جدول 5 . نمونه ای از ورودی داده و خروجی به شکل خوشه بندی در نرم افزارآماری Minitab در جدول زیر راه حلها(خوشه بندی) و میزان تابع هدف هریک از راه حلها نمایش داده شده است.

جدول 5-میزان تابع هدف برای هریک از 10 راه حل تولید شده

S	N								Fitness, F
	1	2	3	4	5	6	7	8	
S_1	2	1	3	2	2	3	2	1	2.695110
S_2	1	1	2	2	2	3	3	1	2.474522
S_3	1	1	1	2	2	3	2	1	1.816471
S_4	2	1	1	2	3	3	2	1	2.140193
S_5	2	2	1	2	2	3	2	1	1.982272
S_6	2	1	1	2	2	3	3	1	2.534078
S_7	2	1	1	2	2	3	2	1	1.842034
S_8	2	3	1	2	2	3	2	3	2.408086
S_9	2	1	1	2	1	3	2	1	1.900668
S_{10}	1	1	2	2	2	3	1	1	1.877386

با توجه به جدول بالا، راه حل اول با بیشترین میزان شایستگی بر مبنای مقدار تابع هدف به عنوان راه حل بهینه مطرح می شود. یعنی اعضای شماره 2و 8 به تیم اول، اعضای شماره 1و 4و5و7 به تیم دوم و اعضای شماره 3و 6 به تیم سوم تخصیص می یابند.

3.1. الگوریتم و فلوچارت حل مسئله

در این قسمت الگوریتم و فلوچارت حل این مساله آورده شده است.این مساله سه گام اساسی دارد:

1-ایجاد R (مورچه مصنوعی)جدید

2-انجام جستجوی محلی که گامهای الگوریتم در این قسمت به شرح زیر است:

گام یک:k=1

گام دو:S_t به عنوان راه حل موقت انتخاب می شود و $S_t(i) = S_k(i)$ و $i = 1, \ldots, N$

گام سه: برای هر مولفه i از راه حل اولیه S_t یک شماره تصادفی بین 0 و 1 انتخاب می شود. اگر r کوچکتر از p بود، عدد صحیح j در دامنه $(1, K)$ که $S_k(i) \neq j$ به شکل تصادفی انتخاب می شود و $S_t(i) = j$.

$$p_{ij} = \frac{\tau_{ij}}{\sum_{k=1}^{K} \tau_{ik}}, \quad j = 1, \ldots, K$$

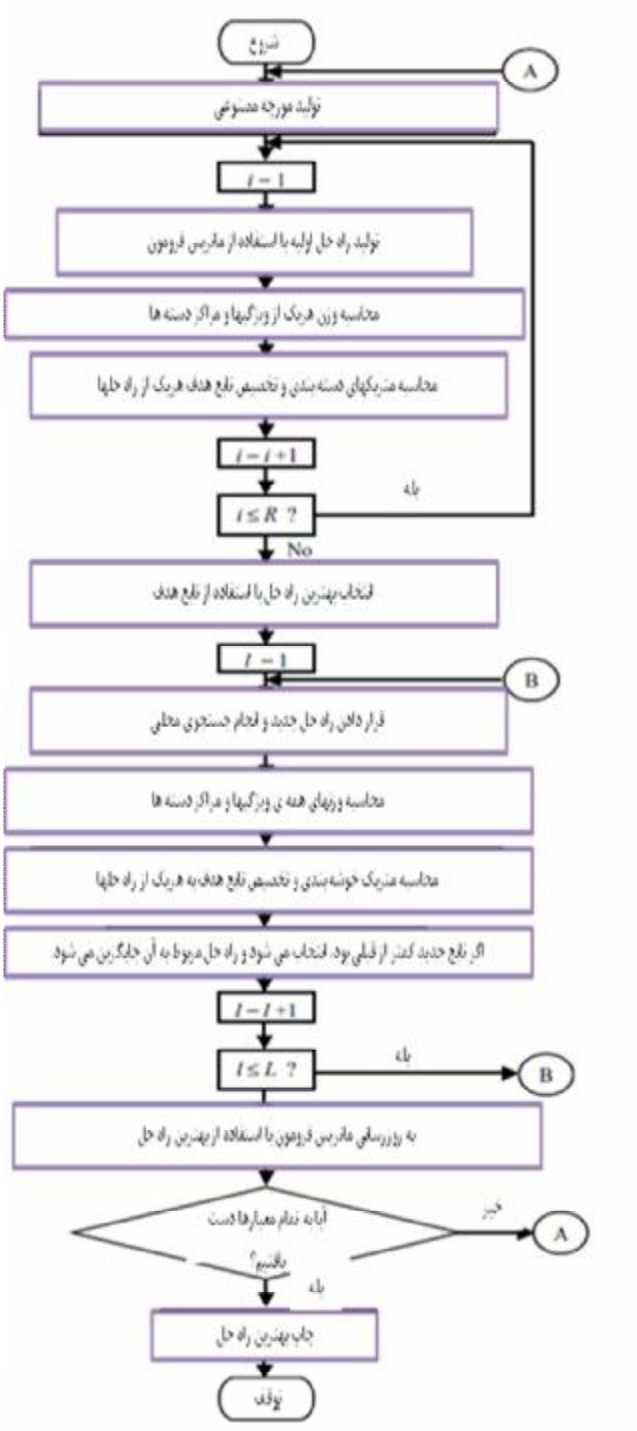
مرکز دسته و وزنهای آنان با توجه به S_t انتخاب می شود(این قسمت با کمک نرم افزار Minitab می تواند محاسبه شود.) و خوشه بندی به عنوان یک راه حل مشخص شود وسپس تابع هدف بر مبنای این راه حل محاسبه میشود.

اگر F_t کمتر از F_k باشد سپس $S_k = S_t$ و $F_k = F_t$ قرار داده می شود.

$k = k + 1$اگر $k \leq L$ (L نمایانگر تعداد راه حلهاست)، برو به گام دو، در غیراینصورت الگوریتم متوقف می شود.

3-به روز رسانی ماتریس فرومون

فلوچارت حل مساله نیز در شکل 8 آمده است.



نمودار8. فلوچارت الگوریتم مورچگان جهت خوشه بندی اعضا

4. ارزیابی عملکرد الگوریتم

جهت ارزیابی عملکرد، مقایسه ای بین نتایج این روش با سایر الگوریتم ها صورت پذیرفته است. مساله با 215 عضو و جایابی آنها در سه تیم تعریف شده است. این الگوریتم ها عبارتند از انجماد تدریجی در [14] الگوریتم ژنتیک در [13] الگوریتم جستجوی ممنوع در [12]. نتایج این مقایسات در جدول زیر آمده است، همانطور که در زیر آمده است، تابع هدف به ترتیب با رویکردهای الگوریتم مورچگان، ژنتیک، جستجوی ممنوع، انجماد تدریجی به جواب بهینه دست یافته اند و این در حالیست که زمان اجرا در الگوریتم مورچگان از سایر الگوریتم ها بسیار کمتر می باشد.

جدول 6-مقایسه عملکرد الگوریتم های مختلف در خوشه بندی

Method	Function value			Function evaluations	CPU time (s)
	F_{best}	F_{avg}	F_{worst}		
ACO	10111.827759	10112.126903	10114.819200	25626	102.15
GA	10116.294861	10128.823145	10148.389608	45003	153.24
TS	10249.72917	10354.315021	10438.780449	29191	114.01
SA	10111.827759	10114.045265	10118.934358	28675	108.22

نتیجه گیری

خوشه بندی از طریق راه حلهای مختلف قابل حل می باشد که یکی از آنها بکارگیری الگوریتم های فرا ابتکاری است. یکی از مسائل خوشه بندی که جز مسایل پیچیده می تواند مطرح باشد تشکیل ترکیبات بهینه از اعضا بر مبنای دانش افراد و تخصص مورد نیاز در یک کار جهت ارتقای عملکرد تیمی است، این موضوع از موضوعات با اهمیت و نسبتا جدیدی می باشد که در صنایع و سازمانها مورد توجه می باشد. کمی سازی و نگاهی مهندسی به این مقوله از رویکردهای جدید نسبت به حل اینگونه مسائل می باشد.یکی از الگوریتم های قابل استفاده در حل مسایل خوشه بندی، الگوریتم کلونی مورچگان است. در این مقاله برای اولین بار است که الگوریتم کلونی مورچگان را در یک مسأله خوشه بندی وتخصیص اعضا در تیم های دانش محور بکار برده شده است و ارزیابی عملکرد آن با سایر الگوریتم ها انجام شده و نتایج نمایانگر کارایی بالای این الگوریتم می باشد.

در پایان لازم است خاطرنشان سازیم که موضوعاتی که می تواند در تحقیقات آتی مرتبط با این موضوع در نظر گرفته شود، عبارتند از افزودن ابعاد مساله از طریق افزودن محدودیتهایی چون محدودیت زمانی هریک از اعضا در تیم ها، توسعه داده شده و در محیط واقعی پیاده سازی شود، خوشه بندی مشتریان در زنجیره تامین و بخش بندی بازار در ابعاد بزرگ با محدودیتهای زیاد و پیچیده از موارد دیگریست که می تواند حل آنها با این الگوریتم بررسی شود.

منابع

[۱] محمد خانی، الهام، آریانژاد، میربهادرقلی، برزین پور، فرناز، مقایسه الگوریتم های تلفیقی ژنتیک و بهینه سازی اجتماع مورچگان در حل مساله زمانبندی چند هدفه، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع،تهران، 1387.

[۲] توکلی مقدم، رضا، شاهعلیزاده کلخوران، محمد، خلیل یدامغانی، کاوه، حل مسائل زمانبندی پروژه ها با منابع محدود با استفاده از الگوریتم مورچگان اصلاح شده، کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، تهران، 1385.

[۳] ناصر علوی، سید صابر، ناصر علوی، سید صادق، الگوریتم کلونی مورچه و کاربرد آن در برنامه ریزی پرواز.

http://artificial.ir/intelligence

[٤] مروروری بر 20 مقاله با موضوع فرا ابتکاری ارائه شده در کنفرانس C4ISR ، تهران، 1388.

[٥] Hsiao-Tzu Huang, Chuen-Lung Chen, Emerging organizational structure for knowledge-oriented teamwork using genetic algorithm, Expert Systems with Applications ٣٦ ,٢٠٠٩،١٢١٣٧–١٢١٤٢.

[٦] AugustoChaves,LuizAntonioNogueiraLorena, Clustering search algorithm for the capacitated centered clustering problem Antonio Computers & Operations Research ٣٧ ,٢٠١٠, ٥٥٢ – ٥٥٨.

[٧] ,P.S. Shelokar, V.K. Jayaraman, B.D. Kulkarni, An ant colony approach for clustering, Analytica Chimica Acta ٥٠٩،٢٠٠٤, ١٨٧–١٩٥.

[٨] Cowan, R., & Jonard, N. Network structure and the diffusion of knowledge.Journal of Economic Dynamics and Control, ٢٨, ٢٠٠٤،١٥٥٧–١٥٧٥.

[٩] D. Fisher, Mach. Learn. ٢ ,١٩٨٧, ١٣٩–١٧٢.

[١٠] J.-H. Jiang, J.H. Wang, X. Chu, R.-Q. Yu, Anal. Chim. Acta ٣٥٤, ١٩٩٧, ٢٦٣–٢٧٤.

[١١] T.N. Tran, R. Wehrens, L.M.C. Buydens, Anal. Chim. Acta ٤٩٠, ٢٠٠٣, ٣٠٣–٣١٢.

[١٢] K.S. Al-Sultan, Pattern Recogn. ٢٨ ,١٩٩٥،١٤٤٣–١٤٥١.

[١٣] C.A. Murthy, N. Chowdhury, Pattern Recogn. Lett. ١٧ ,١٩٩٦, ٨٢٥–٨٣٢.

[١٤] S.Z. Selim, K.S. Al-Sultan, Pattern Recogn. ٢٤ ,١٩٩١, ١٠٠٣–١٠٠٨.

[١٥] L.-X. Sun, Y.-L. Xie, X.-H. Song, J.-H. Wang, R.-Q. Yu, Comput.Chem. ١٨ ,١٩٩٤, ١٠٣–١٠٨.

*[١٦] M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Colorni, IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*٢٦ ,١٩٩٦, ٢٩–٤١.

[١٧] M. Dorigo, G. Di Caro, L.M. Gambardella, Artif. Life ٥ ,١٩٩٩،١٣٧–١٧٢.

پی نوشت ها:

[۱] pheromone