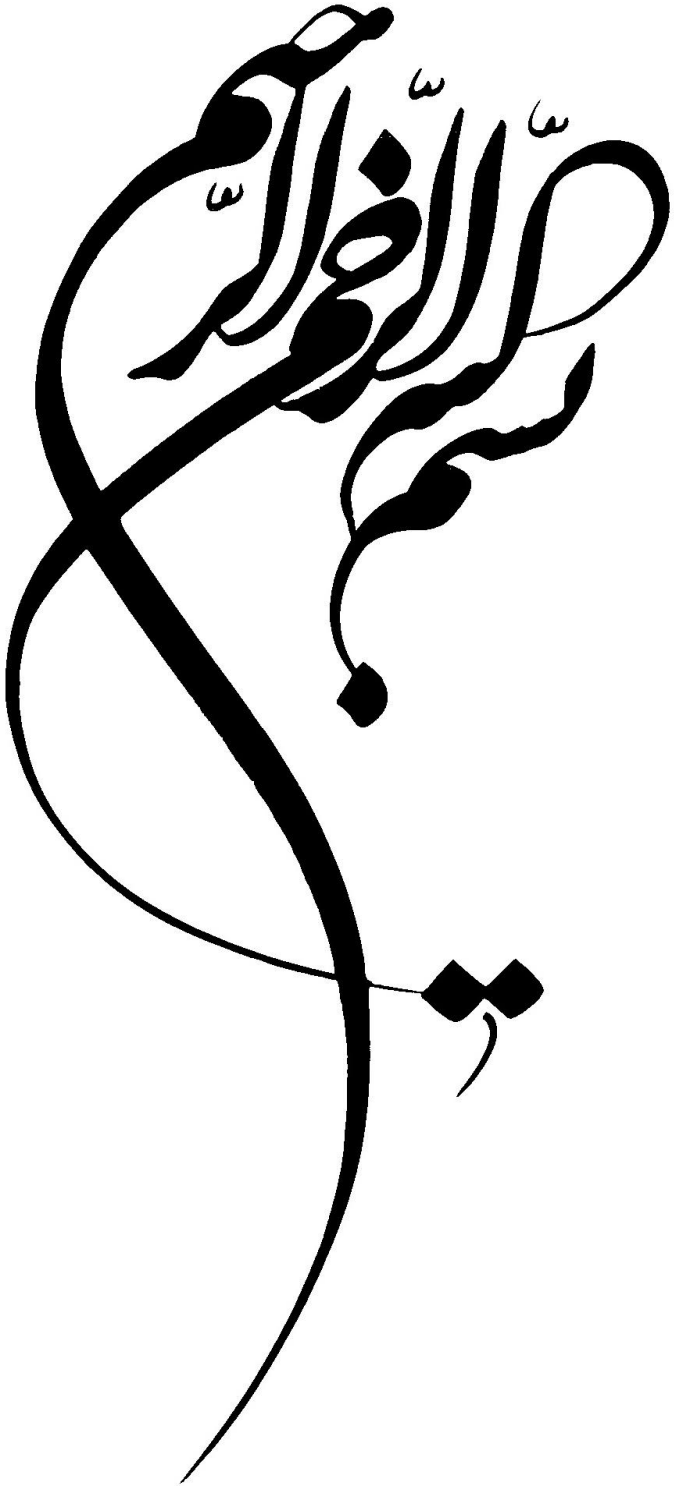
www.Prozhe.com





www.prozhe.com

www.Prozhe.com

**پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی فناوری اطلاعات**

**عنوان :**

# بررسی کاربرد الگوریتم PSO

# در شبکه های حسگر بی سیم

**استاد راهنما:**

**دانشجو:**

**سال تحصیلی 91 - 90**

www.Prozhe.com

www.Prozhe.com

# تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بیکران خداوند مهربان را که بار دیگر توانایی آموختن علم را به من ارزانی داشت.

بر خود واجب می دانم از همه عزیزانی که برای به ثمر رسیدن این تحقیق مرا راهنمایی نموده و مورد لطف و کمک خود قرار دادند تشکر نمایم.

صمیمانه ترین سپاس و تشکر خود را نثار استاد فرهیخته، جناب آقای مهندس کریمیان می نمایم که نه تنها راهنمای من در انجام این رساله بوده اند بلکه از محضر ایشان کسب علم و معرفت نموده ام.


www.Prozhe.com

www.Prozhe.com

تقدیم به

پدر و مادرم که در طول حیات پربارشان از حمایت

های بی دریغ آنها بهره مند بوده ام و

تقدیم به

همسر عزیزم که با کمکهای بی شائبه اش مرا در به

ثمر رسیدن این پروژه یاری نمود.

و تقدیم به

همه آنان که مرا علم آموختند.

www.prozhe.com

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول**

**معرفی شبکه های بی سیم حسگر**

نگاهی به شبکه های بی سیم حسگر 2

توضیحات اولیه 5

ساختمان گره 5

ویژگی های عمومی یک شبکه حسگر 6

ساختار ارتباطی شبکه های حسگر 8

ساختار خودکار 8

ساختار نیمه خودکار 9

فاکتورهای طراحی 9

تحمل خرابی 10

قابلیت گسترش 10

هزینه تولید 10

محدودیت‌های سخت افزاری یک گره حسگر 11

توپولوژی شبکه 12

محیط کار 12

مصرف توان 12

کاربردهای شبکه‌های بی‌سیم حسگر 13

www.Prozhe.com


کاربردهای رهایی از سانحه 13

کنترل محیطی و نگاشت تنوع زیستی 13

سازه‌های هوشمند 14

مدیریت تاسیسات 14

نظارت ماشین آلات و نگهداری پیشگیرانه 14

کشاورزی دقیق 15

پزشکی و بهداشت 15

حمل و نقل 15

پردازش راه دور 15

پشته پروتکلی 16

انواع منبع‌ها و چاهک‌ها 18

شبکه‌های تک پرشی در مقابل شبکه‌های چند پرشی 18

انواع تحرک 19

پروتکل‌های مسیریابی برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم 20

1- پروتکل‌هایی بر مبنای داده 20

مسیریابی به روش سیل‌آسا و خبردهی 21

پروتکل‌های حسگر برای اطلاعات از طریق مذاکره 22

انتشار جهت‌دار 23

مسیریابی پخشی 24

2- پروتکل‌های سلسله مراتبی 24

LEACH 24

PEGASIS 25



www.Prozhe.com

www.Prozhe.com

TEEN and APTEEN 25

3- پروتکل‌های بر مبنای مکان 26

MECN 26

GAF 27

عیب های شبکه حسگر 28

روش های امنیتی در شبکه‌های بی سیم 29

WEP 29

SSID 29

MAC 29

## فصل دوم

## بهینه سازی

تئوری بهینه‌سازی 31

انواع مسائل بهینه سازی و تقسیم بندی آنها از دیدگاه های مختلف 33

بهینه سازی با سعی خطا، بهینه سازی با تابع 33

بهینه سازی تک بعدی و بهینه سازی چند بعدی 33

بهینه سازی پویا و بهینه سازی ایستا 33

بهینه سازی مقید و نا مقید 34

بهینه سازی پیوسته و یا گسسته 34

بهینه سازی تک معیاره و چند معیاره 35

برخی دیگر از روش های بهینه سازی 36

1. روش مبتنی بر گرادیان 36

روند کلی بهینه سازی گرادیانی ۳۷


www.prozhe.com

www.Prozhe.com

2. روش سیمپلکس 37
3. الگوریتم ژنتیک 39
ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک 39
4. Ant colony 40
الگوریتم کلونی مورچه ها چیست؟ 41
مزیتهای ACO 43
کاربردهای ACO 43
5- الگوریتم رقابت استعماری 43
شکل دهی امپراطوری‌های اولیه 46
سیاست جذب: حرکت مستعمره‌ها به سمت امپریالیست 47
انقلاب؛ تغییرات ناگهانی در موقعیت یک کشور 49
جابجایی موقعیت مستعمره و امپریالیست 49
رقابت استعماری 50
سقوط امپراطوری‌های ضعیف 51
شبه کد 52
کاربردها 53

## فصل سوم

### Particle Swarm Optimitation(PSO)

مقدمه 56
Particle Swarm Optimitation(PSO) 57
توپولوژی های همسایگی PSO 59
تاریخچه خوشه بندی 61

www.Prozhe.com

www.Prozhe.com


| | |
|---|---|
| تعریف خوشه بندی | 61 |
| تحلیل خوشه بندی | 62 |
| فرضیه موقعیت تصادفی | 67 |
| فرضیه برچسب تصادفی | 67 |
| فرضیه نمودارتصادفی | 67 |
| مراحل خوشه بندی | 69 |
| فرایندهای خوشه بندی | 70 |
| مطالعه تکنیک های خوشه بندی | 72 |
| کاربرد های ویژه PSO | 74 |
| تعریف کلاسیک خوشه بندی | 74 |
| معیار نزدیک بودن | 74 |
| کاربرد های خوشه بندی | 74 |
| تعداد خوشه ها | 75 |
| داده ها | 75 |
| تعداد ویژگی ها و مشخصات آنها | 76 |
| مقدار دهی اولیه برای Kmeans | 76 |
| Kmeans | 77 |
| Pso و کاربرد آن در خوشه بندی | 77 |
| رمز گذاری فضای سه بعدی در ذرات | 78 |
| کمی کردن کیفیت خوشه بندی | 78 |
| Pso و خوشه بندی(الگوریتم 1) | 79 |
| Pso و خوشه بندی در ناحیه بندی تصویر | 79 |


www.Prozhe.com

www.Prozhe.com

Pso و خوشه بندی(الگوریتم 2) 80

ترکیب pso وkmeans برای خوشه بندی (الگوریتم هیبرید) 80

ترکیب Pso و GA 81

## فصل چهارم

## بهینه سازی wsn با استفاده از الگوریتم بهینه سازی pso

نصب گره ها WSN بهینه 83

موقعیت یابی گره ثابت 84

موقعیت یابی گره متحرک 85

VFCPSO 86

موقعیت یابی ایستگاه اصلی 87

تعیین محل گره در WSNها (شبکه های حسگر بی سیم) 88

تعیین موقعیت های گره های هدف 89

1) PSO تکراری 89

2) PSO بدون علامت 90

3) PSO با چهار علامت 91

خوشه بندی هشدار انرژی (EAC) در WSNها 91

خوشه بندی PSO 92

MST-PSO 94

جمع آوری اطلاعات در WSNها 95

تخصیص نیروی انتقال مناسب 95

تعیین آستانه های مکانی- مناسب 96

تشکیل حسگر مناسب 96


www.Prozhe.com

www.Prozhe.com

نتیجه گیری 98

مراجع فارسی 99

مراجع انگلیسی 100

www.prozhe.com

www.Prozhe.com

# فهرست اشکال

**عنوان** **صفحه**


شکل (1-1) اجزای شبکه حسگر 6

شکل (1-2) ساختار ارتباطی شبکه حسگر 8

شکل (1-3) ساختار خودکار 9

شکل (1-4) ساختار نیمه خودکار 9

شکل (1-5)پشته پروتکلی شبکه حسگر 17

شکل (1-6) سه نوع چاهک در یک شبکه حسگر بسیار ساده تک پرشی 18

شکل (1-7) چاهک و یا منبع‌های چندگانه 19

شکل (1-8) منطقه‌ای که گره‌های حسگر یک رویداد را تشخیص می‌دهند. 20

شکل (1-9) مشکل انفجار از داخل 21

شکل (1-10) مشکل همپوشانی 22

شکل (1-11) مراحل مختلف پروتکل حسگر برای اطلاعات از طریق مذاکره 22

شکل (1-12) مراحل مختلف پروتکل انتشار جهت‌دار 23

شکل (1-13) کلاستربندی سلسله مراتبی در *ATEEN* و *APTEEN* 25

شکل (1-14) نمونه‌ای از شبکه مجازی در *GAF* 27

شکل (1-15) انتقال حالات در *GAF* 28

شکل (2-1) تابع راسریجین پیوسته 34

شکل (2-2) تابع راسریجین گسسته 35

شکل (2-3) منحنی پرتو 36



www.Prozhe.com

www.Prozhe.com

شکل (2-4) انواع کرموزوم های بدن انسان که در نحوهٔ نمایش گذاری نیز موثر می‌باشد 39
شکل (2-5) الگوریتم کلونی مورچه ها 40
شکل (2-6) حرکت یک کشور مستعمره به سمت استعمار گر 45
شکل (2-7) تناظر متغیر های بهینه سازی مسئله با ویژگی های اجتماعی سیاسی 47
شکل (2-8) نحوه تقسیم مستعمرات، میان کشورهای استعمارگر 47
شکل (2-9) اعمال سیاست جذب در الگوریتم رقابت استعماری 48
شکل (2-10) اعمال سیاست انقلاب 49
شکل (2-11) جابجایی موقعیت مستعمره و استعمارگر 50
شکل (2-12) رقابت استعماری میان چندین استعمارگر 51
شکل (2-13) سقوط امپراطوری ها در روند چرخه الگوریتم رقابت استعماری 51
شکل (2-14) فلوچارت الگوریتم رقابت استعماری 53
شکل (3-1) انواع توپولوژی های همسایگی در *PSO* 59
شکل (3-2) رویه خوشه بندی 62
شکل (3-3) فلوچارت نمونه اعتبار برای ساختارهای خوشه بندی 68
شکل (3-4) فرایندهای خوشه بندی داده 71
شکل (3-5) نمودار الگوریتم های خوشه بندی 71
شکل (3-6) تعداد خوشه ها 75
شکل (3-6) ویژگی ها و مشخصات 76
شکل (3-7) مقدار دهی اولیه 76
شکل (3-8) رمزگذاری فضای سه بعدی در ذرات 78
شکل (3-9) Pso و خوشه بندی در ناحیه بندی تصویر 79
شکل (3-10) ترکیب *Pso* و *GA* 81

www.Prozhe.com

www.Prozhe.com

شکل(4-1) تعیین محل *WSN* 88

شکل(4-2)کاربردهای جدید *PSO* در خوشه بندی *WSN* 92


www.prozhe.com

www.Prozhe.com


## چکیده

الگـوریتم *PSO* یـک الگـوریتم جسـتجوی اجتمـاعی اسـت کـه از روی رفتـار اجتمـاعی دسـته‌هـای پرنـدگان مـدل شـده اسـت. *PSO* روش محبـوبی اسـت کـه بـرای حـل مشـکلات مناسـب سـازی در شـبکه هـای حسـگر بـی سـیم بـه دلیـل آسـان بـودنش، کیفیـت بـالای راه حـل هـایش، همگرایـی سـریع و ظرفیـت، محاسـبه ای نامشـخص خـود مـورد اسـتفاده قـرار گرفتـه اسـت. *PSO* مسـتلزم مقـادیر زیـادی حافظـه اسـت کـه ممکـن اسـت اجـرای آن را بـرای ایسـتگاههای اصـلی سرشـار از منبـع کـاهش دهـد. ایـن مـتن کاربردهـای شـبکه حسـگر بـی سـیم موفـق فراوانـی دارد کـه فوایـد *PSO* را مـورد اسـتفاده قـرار مـی دهـد. گـردآوری اطلاعـات نیازمنـد مناسـب سـازی توزیـع شـده مکـرر و راه حـل هـای سـریع مـی باشـد. بنـابراین، *PSO*بـه طـور متوسـط آن را مناسـب مـی سـازد. صـف بنـدی ثابـت، موقعیـت یـابی و خوشـه بنـدی مشـکلاتی هسـتند کـه فقـط یکبـار در ایسـتگاه مرکـزی حـل شـده انـد. *PSO* آنهـا را بسـیار مناسـب سـاخته است .



## کلمات کلیدی:

الگوریتم بهینه سازی ذرات[1] – (شبکه های حسگر بی سیم[2]– ترکیب اطلاعات[3]- خوشه بندی[4]


1. *Particle Swarm Optimization*
2. *wsn*
3. *data fusion*
4. *Clustering*


www.prozhe.com

# فصل اول

# معرفی شبکه های بی سیم حسگر

**نگاهی به شبکه های بی سیم حسگر**

یک شبکه حسگر متشکل از تعداد زیادی گره های حسگری است که در یک محیط به طور گسترده پخش شده و به جمع آوری اطلاعات از محیط می پردازند. ارتباط گره ها به صورت بی سیم است. هر گره به طور مستقل و بدون دخالت انسان کار می کند و نوعا از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک است. لزوماً مکان قرار گرفتن گره های حسگری، از قبل تعیین شده و مشخص نیست. چنین خصوصیتی این امکان را فراهم می آورد که بتوانیم آنها را در مکان های خطرناک و یا غیرقابل دسترس رها کنیم .

از طرف دیگر این بدان معنی است که پروتکل ها و الگوریتم های شبکه های حسگری باید دارای توانایی های خودساماندهی باشند .دیگر خصوصیت های منحصر به فرد شبکه های حسگری، توانایی همکاری و هماهنگی بین گره های حسگری است. هر گره حسگر روی برد خود دارای یک پردازشگر است و به جای فرستادن تمامی اطلاعات خام به مرکز یا به گره ای که مسیول پردازش و نتیجه گیری اطلاعات است، ابتدا خود یک سری پردازش های اولیه و ساده را روی اطلاعاتی که به دست آورده است، انجام می دهد و سپس داده های نیمه پردازش شده را ارسال می کند .

حسگر های این شبکه می توانند به صورت دستی در مکانهای مورد نظر قرار گیرند و ثابت شوند و یا اینکه به صورت تصادفی در محل مورد نظر برای حس کردن پراکنده شوند. هدف اصلی در این شبکه ها بعد از برپایی در درجه اول جمع آوری اطلاعات و بعد از آن هر چه بیشتر بودن عمر شبکه است.

برای رسیدن به هدف دوم که طولانی تر کردن عمر شبکه است باید هر چه می توان توان مصرفی حسگر ها را پایین آورد زیرا عمر یک حسگر به مقدار باطری موجود آن بستگی دارد. یکی از راههای پایین آوردن توان مصرفی یک حسگر این است که مقدار محاسبات انجام شده در آن و مقدار ارتباطات آن را به حداقل برسانیم مخصوصا مقدار ارتباطات، زیرا این عمل بیشترین توان مصرفی را در یک حسگر دارد.

در بسیاری از موارد داده های جمع آوری شده توسط شبکه بدون دانستن مکان جمع آوری آنها هیچ فایده ای ندارند. به عنوان مثال داده های مربوط به وقوع آتش سوزی در جنگل یا عبور دشمن از مرز. از این رو در این موارد باید مکان داده ها ،که همان مکان حسگر است، را نیز بدانیم. بنابراین در شبکه هایی که مکان حسگر ها در آنها مشخص و ثابت نیست به مکانیزمهای مکان یابی نیاز داریم این شبکه ها از پشته پروتکلی شبکه های سنتی پیروی می کنند.

شبکه های سنتی ارتباط بین انسان ها و پایگاه های اطلاعاتی را فراهم می کنند . اما شبکه های حسگر مستقیما با جهان فیزیکی در ارتباط اند و با استفاده از حسگرها محیط فیزیکی را مشاهده کرده بر اساس مشاهدات خود تصمیم گیری کرده و عملیات مناسب را انجام می دهند . نام شبکه های حسگر بی سیم یک نام عمومی است برای انواع مختلف که به منظور خاص طراحی شده اند. بر خلاف شبکه های سنتی که همه منظوره اند شبکه های حسگر نوعا تک منظوره هستند وجود برخی ویژگی ها در شبکه حسگر/ کاراندازِ آن را از سایر شبکه های سنتی و بی سیم متمایز می کند. از آن جمله عبارتند از:

- تنگناهای سخت افزاری شامل محدودیتهای اندازهٔ فیزیکی, منبع انرژی, قدرت پردازش, ظرفیت حافظه
- تعداد بسیار زیاد گره ها
- چگالی بالا در توزیع گره ها در ناحیه عملیاتی
- وجود استعداد خرابی در گره ها
- تغییرات توپولوژی بصورت پویا و احیانا متناوب
- استفاده از روش پخش همگانی در ارتباط بین گره ها در مقابل ارتباط نقطه به نقطه
- داده محور بودن شبکه به این معنی که گره ها کد شناسایی ندارند

اگر در شبکه های حسگر گره ها توانایی حرکت داشته باشند شبکه حسگر می تواند گروهی از ربات های کوچک در نظر گرفته شود که با هم به صورت تیمی کار میکنند و جهت کار خاصی مانند بازی فوتبال و یا مبارزه با دشمن طراحی شده اند .

با اینکه هر حسگر به تنهایی توانایی ناچیزی دارد، ترکیب صدها حسگر کوچک امکانات جدیدی را عرضه می کند .در واقع قدرت شبکه های بی سیم حسگر در توانایی به کارگیری تعداد زیادی گره کوچک است که خود قادرند سرهم و سازماندهی شوند و در موارد متعددی چون مسیریابی هم زمان، نظارت بر شرایط محیطی، نظارت بر سلامت ساختارها یا تجهیزات یک سیستم به کار گرفته شوند

گستره کاربری شبکه های بی سیم حسگر بسیار وسیع بوده و از کاربردهای کشاورزی، پزشکی و صنعتی تا کاربردهای نظامی را شامل می شود. به عنوان مثال یکی از متداول ترین کاربردهای این تکنولوژی، نظارت بر یک محیط دور از دسترس است. مثلاً نشتی یک کارخانه شیمیایی در محیط وسیع کارخانه می تواند توسط صدها حسگر که به طور خودکار یک شبکه بی سیم را تشکیل می دهند، نظارت شده و در هنگام بروز نشت شیمیایی به سرعت به مرکز اطلاع داده شود.

در این سیستم ها بر خلاف سیستم های سیمی قدیمی، از یک سو هزینه های پیکربندی و آرایش شبکه کاسته می شود از سوی دیگر به جای نصب هزاران متر سیم فقط باید دستگاه های کوچکی را که تقریباً به اندازه یک سکه هستند را در نقاط مورد نظر قرار داد. شبکه به سادگی با اضافه کردن چند گره گسترش می یابد و نیازی به طراحی پیکربندی پیچیده نیست. چند نمونه گره حسگر ساخته شده

*Mica mote*
*Rene Mote*
*iMote*

## توضیحات اولیه

**حسگر**[1]: وسیله ای که وجود شئ رخداد یک وضعیت یا مقدار یک کمیت فیزیکی را تشخیص داده و به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند. انواع مختلف دارد مانند حسگرهای دما، فشار، رطوبت، نور، شتاب سنج، مغناطیس سنج و...

**گره حسگر**[2]: به گره ای گفته می شود که فقط شامل یک یا چند حسگر باشد.

میدان حسگر/کارانداز: ناحیه کاری که گره های شبکه حس/کار در آن توزیع میشوند

**چاهک**[3]: گره ای که جمع آوری داده ها را به عهده دارد. و ارتباط بین گره های حس/کار و گره مدیر وظیفه را برقرار می کند.

**گره مدیر وظیفه**[4]: گرهی که یک شخصی بعنوان کاربریا مدیر شبکه از طریق آن با شبکه ارتباط برقرار می کند.

## ساختمان گره[5]

هر گره شامل واحد حسگر/ کارانداز، واحد پردازش داده ها، فرستند/ گیرنده بی سیم و منبع تغذیه می باشد بخشهای اضافی واحد متحرک ساز، سیستم مکان یاب و تولید توان نیز ممکن است بسته به کاربرد در گره ها وجود داشته باشد.

واحد پردازش داده شامل یک پردازندۀ کوچک و یک حافظه با ظرفیت محدود است داده ها را از حسگرها گرفته بسته به کاربرد پردازش محدودی روی آنها انجام داده و از طریق فرستنده ارسال می کند. واحد پردازش مدیریت هماهنگی و مشارکت با سایر گره ها در شبکه را انجام می دهد. واحد فرستنده گیرنده ارتباط گره باشبکه را برقرار می کند.

واحد حسگر شامل یک سری حسگر و مبدل آنالوگ به دیجیتال است که اطلاعات آنالوگ را از حسگر گرفته و بصورت دیجیتال به پردازنده تحو.یل می دهد.

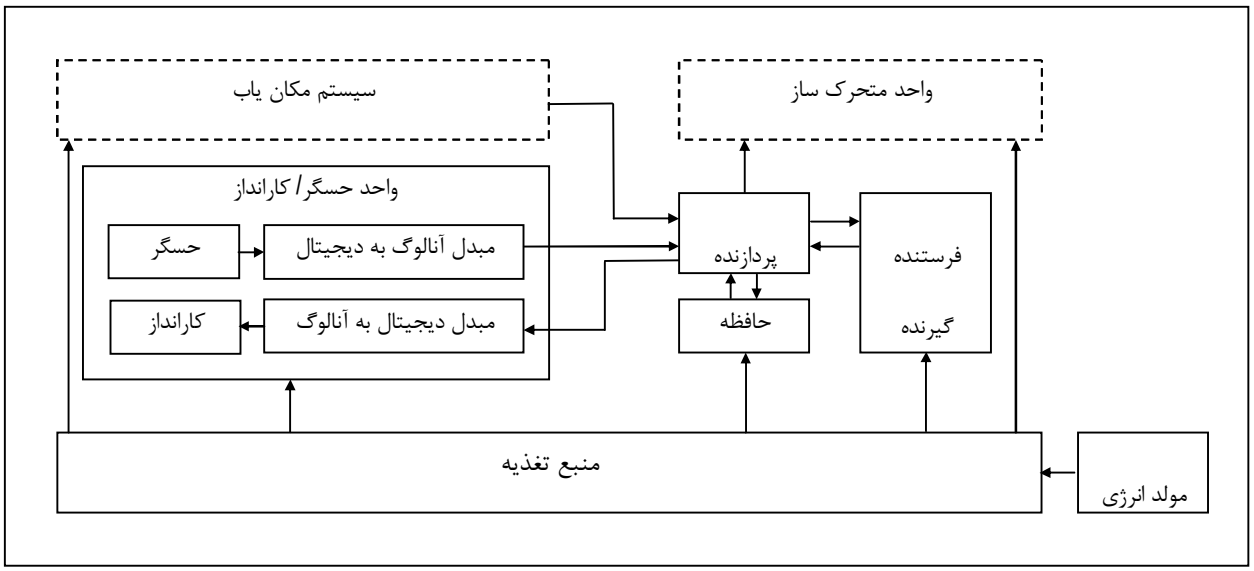
---

*1. Sensor*
*2. Sensor Node*
*3. Sink*
*4.. Task Manager*
*5.. NODE*

واحد کارانداز شامل و مبدل دیجیتال به آنالوگ است که فرامین دیجیتال به پردازنده گرفته و به کارانداز تحویل می دهد.

واحد تامین انرژی یکی از تنگناهای اساسی است که در طراحی شبکه های حس/ کار همه چیز را تحت تأثیر قرار می دهد.

در کنار این بخش ممکن است واحدی برای تولید انرزی مثل سلول های خورشیدی وجود داشته باشد در گره های متحرک واحدی برای متحرک سازی وجود دارد. مکان یاب موقعیت فیزیکی گره را تشخیص می دهد. تکنیکهای مسیر دهی و وظایف حسگری به اطلاعات مکان با دقت بالا نیاز دارند. یکی از مهمترین مزایای شبکه های حسگرکار توانایی مدیریت ارتباط بین گره های درحال حرکت می باشد.




شکل (1-1) اجزای شبکه حسگر

## ویژگی های عمومی یک شبکه حسگر

علاوه بر نکاتی که تاکنون درباره شبکه های حسگر بیان کردیم، این شبکه ها دارای یک سری ویژگی های عمومی نیز هستند.

**مهم ترین این ویژگی ها عبارت است از:**

1) بـر خـلاف شـبکه هـای بـی سـیم سـنتی، همـه گـره هـا در شـبکه هـای بـی سـیم حسـگر نیـازی بـه برقراری ارتبـاط مسـتقیم بـا نزدیـک تـرین بـرج کنتـرل قـدرت یـا ایسـتگاه پایـه ندارنـد، بلکـه حسـگرها بـه خوشـه هـایی (سـلول هـایی) تقسـیم مـی شـوند کـه هـر خوشـه (سـلول) یـک سـرگروه خوشـه موسـوم بـه *Parent* انتخاب می کند.

ایـن سـرگروه هـا وظیفـه جمـع آوری اطلاعـات را بـر عهـده دارنـد. جمـع آوری اطلاعـات بـه منظـور کـاهش اطلاعـات ارسـالی از گـره هـا بـه ایسـتگاه پایـه و در نتیجـه بهبـود بـازده انـرژی شـبکه انجـام مـی شود. البته چگونگی انتخاب سرگروه خود بحثی تخصصی است.

2) پروتکـل هـای شـبکه ای همتـا بـه همتـا یـک سـری ارتباطـات مـش ماننـد را جهـت انتقـال اطلاعـات بـین هـزاران دسـتگاه کوچـک بـا اسـتفاده از روش چندجهشـی ایجـاد مـی کننـد. معمـاری انطبـاق پـذیر مـش، قابلیـت تطبیـق بـا گـره هـای جدیـد جهـت پوشـش دادن یـک ناحیـه جغرافیـایی بـزرگ تـر را دارا است. علاوه بـر ایـن، سیسـتم مـی توانـد بـه طـور خودکـار از دسـت دادن یـک گـره یـا حتـی چنـد گـره را جبران کند.

3) هـر حسـگر موجـود در شـبکه دارای یـک رنـج حسـگری اسـت کـه بـه نقـاط موجـود در آن رنـج احاطـه کامـل دارد. یکـی از اهـداف شـبکه هـای حسـگری ایـن اسـت کـه هـر محـل در فضـای مـورد نظـر بایسـتی حـداقل در رنـج حسـگری یـک گـره قـرار گیـرد تـا شـبکه قابلیـت پوشـش همـه منطقـه مـوردنظر را داشته باشد.

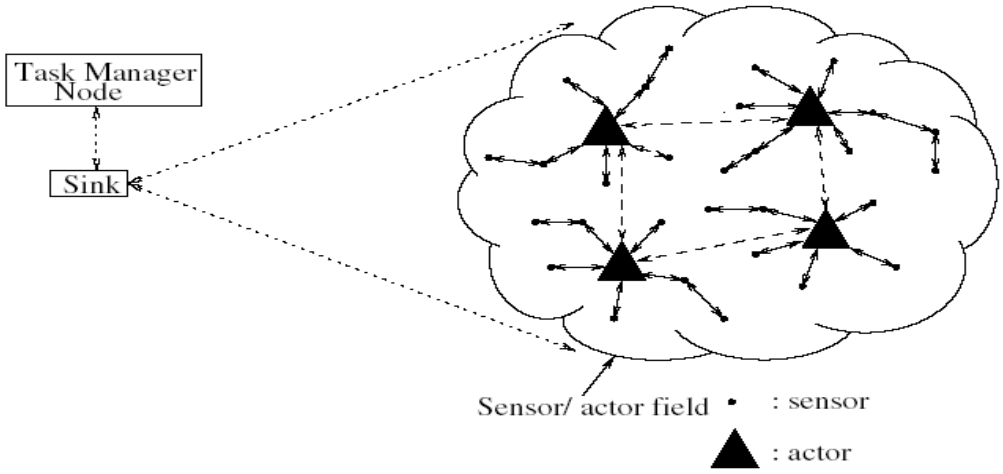
یـک حسـگر بـا شـعاع حسـگری $r$ مـی توانـد نقـاطی را کـه درون ایـن شـعاع قـرار مـی گیرنـد، تحـت پوشش قرار دهـد. بـدیهی اسـت کـه بـرای تحـت پوشـش قـرار دادن کـل منطقـه ایـن حسـگر هـا بایـد کـل نقاط منطقه را بپوشانند.

با ایـن کـه توجـه زیـادی بـه پوشـش کامـل منطقـه توسـط حسـگرها مـی شـود، احتمـال دارد نقـاطی تحـت پوشـش هـیچ حسـگری قـرار نگیـرد. ایـن نقـاط تحـت عنـوان حفـره هـای پوششـی نامیـده مـی شـوند. اگـر

تعدادی حسگر به علاوه یک منطقه هدف داشته باشیم، هر نقطه در منطقه باید طوری توسط حداقل $n$ حسگر پوشش داده شود که هیچ حفره پوششی ایجاد نشود.

## ساختار ارتباطی شبکه های حسگر

گره های حسگری در یک منطقه پراکنده می شوند. همان طور که قبلاً هم اشاره کردیم گره های حسگری دارای توانایی خودساماندهی هستند. هر کدام از این گره های پخش شده دارای توانایی جمع کردن اطلاعات و ارسال آنها به پایانه ای موسوم به چاهک[1] است. این اطلاعات از یک مسیر چند مرحله ای که زیرساخت مشخصی ندارد به سینک فرستاده می شوند و سینک می تواند توسط لینک ماهواره یا اینترنت با گره مدیر[2] ارتباط برقرار کند .



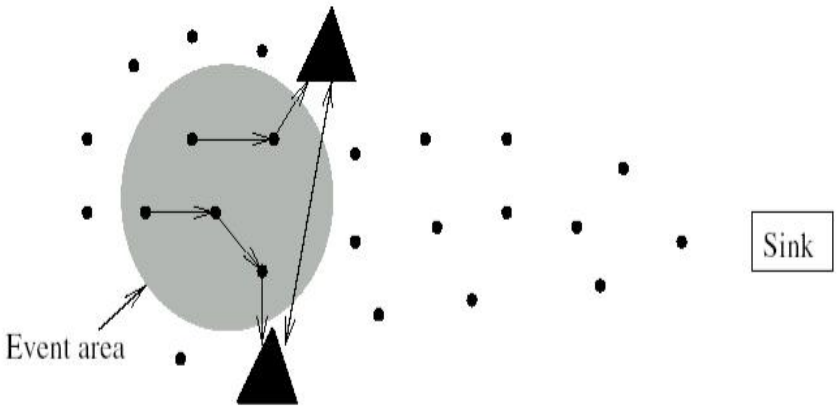

شکل (1-2) ساختار ارتباطی شبکه حسگر

## ساختار خودکار

حسگرهایی که یک رخداد یا پدیده را گزارش می دهند داده های دریافتی را به گره های کارانداز جهت پردازش و انجام واکنش مناسب ارسال می کنند . گره های کارانداز مجاور با هماهنگی با یکدیگر تصمیم گیری کرده و عمل می نمایند . در واقع هیچ کنترل متمرکزی وجود ندارد و تصمیمات محلی هست.

---

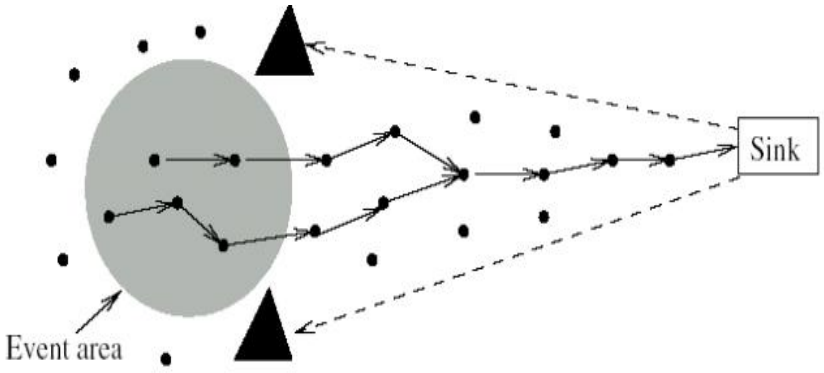
*1. sink*
*2. task manager*




شکل (1-3) ساختار خودکار

## ساختار نیمه خودکار

در این ساختار داده ها توسط گره ها به سمت چاهک هدایت شده و فرمان از طریق چاهک به گره های کارانداز صادر می شود .در کاربردهای خاصی ممکن است از ساختار بخش بندی یا سلولی استفاده شود که در هر بخش یک سردسته وجود دارد که داده های گره های دسته ی خود را به چاهک ارسال می کند . در واقع هر سردسته مانند مدخل عمل می کند.




شکل (1-4) ساختار نیمه خودکار

## فاکتورهای طراحی

طراحی یک شبکه تحت تآثیر فاکتورهای متعددی است. این فاکتورها عبارتند از:

تحمل خرابی ، قابلیت گسترش، هزینه تولید, محیط کار, توپولوژی شبگه حسگری, محدودیت های سخت افزاری، محیط انتقال و مصرف توان که در زیر به شرح آنها می پردازیم.

فاکتورهـای بیـان شـده در بـالا از اهمیـت فراوانـی در طراحـی پروتکـل هـای شـبکه هـای حسـگر برخوردار هستند؛ حال درباره هر یک از آنها توضیحات مختصری ارائه می کنیم.

**تحمل خرابی**

برخـی از گـره‌هـای حسـگری ممکـن اسـت از کـار بیفتنـد یـا بـه دلیـل پایـان توانشـان، عمـر آنهـا تمـام شـود، یـا آسـیب فیزیکـی ببیننـد و از محـیط تـأثیر بگیرنـد. از کـار افتـادن گـره‌هـای حسـگری نبایـد تـأثیری روی کـارکرد عمـومی شـبکه داشـته باشـد. بنـابراین تحمـل خرابـی را "توانـایی برقـرار نگـه داشـتن عملیـات شـبکه حسـگر علـی‌رغـم از کـار افتـادن برخـی از گـره‌هـا" تعریـف مـی‌کنـیم. در واقـع یـک شـبکه حسـگر خـوب بـا از کـار افتـادن تعـدادی از گـره‌هـای حسـگری، بـه سـرعت خـود را بـا شرایط جدید (تعداد حسگرهای کمتر) وفق داده و کار خود را انجام می‌دهد .

**قابلیت گسترش**

تعداد گـره‌هـای حسـگری کـه بـرای مطالعـه یـک پدیـده مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیرنـد، ممکـن اسـت در حـدود صـدها و یـا هـزاران گـره باشـد. مسـلماً تعـداد گـره‌هـا بـه کـاربرد و دقـت مـوردنظر بسـتگی دارد؛ بـه طـوری کـه در بعضـی مـوارد ایـن تعـداد ممکـن اسـت بـه میلیـون‌هـا عـدد نیـز برسـد. یـک شـبکه بایـد طـوری طراحـی شـود کـه بتوانـد چگـالی بـالای گـره‌هـای حسـگری را نیـز تحقـق بخشـد. ایـن چگـالی مـی‌توانـد از چنـد گـره تـا چنـد صـد گـره در یـک منطقـه کـه ممکـن اسـت کمتـر از 10 متـر قطـر داشـته باشد، تغییر کند .

**هزینه تولید**

از آنجـایی کـه شـبکه‌هـای حسـگری از تعـداد زیـادی گـره‌هـای حسـگری تشـکیل شـده‌انـد، هزینـه یـک گره در بـرآورد کـردن هزینـه کـل شـبکه بسـیار مهـم اسـت. اگـر هزینـه یـک شـبکه حسـگری گـران‌تـر از

هزینـه اسـتفاده از شـبکه‌هـای مشـابه قـدیمی باشـد، در بسـیاری مـوارد اسـتفاده از آن مقـرون بـه صـرفه نیست. در نتیجه قیمت هر گره حسگری تا حد ممکن باید پایین نگه داشته شود .

**محدودیت‌های سخت افزاری یک گره حسگر**

عـواملی چـون اقتصـادی بـودن سیسـتم، قابلیـت مـورد انتظـار، تعـداد انبـوه گـره‌هـا و نهایتـا عملـی شـدن ایـده‌هـا در محـیط واقعـی، موجـب گشـته هـر گـره یکسـری محـدودیت‌هـای سـخت افـزاری داشـته باشـد. این محدودیت‌ها در ذیل اشاره شده و در مورد هرکدام توضیحی ارائه گردیده‌است :

- **هزینه پـائین**: بایسـتی سیسـتم نهـایی از نظـر اقتصـادی مقـرون بـه صـرفه باشـد. چـون تعـداد گـره‌هـا خیلـی زیاد بوده و بـرآورد هزینـه هـر گـره در تعـداد زیـادی (بـالغ بـر چنـد هـزار) ضـرب مـی‌گـردد، بنـابراین هـر چه از هزینـه هـر گـره کاسـته شـود، در سـطح کلـی شـبکه، صـرفه جـویی زیـادی صـورت خواهـد گرفـت و سعی می‌شود هزینه هر گره به کمتر از یک دلار برسد.
- **حجم کوچـک**: گـره‌هـا بـه نسـبت محـدوده‌ای کـه زیـر نظـر دارنـد، بخشـی را بـه حجـم خـود اختصـاص می‌دهند. لـذا هـر چـه ایـن نسـبت کمتـر باشـد بـه همـان نسـبت کـارایی بـالاتر مـی‌رود و از طرفـی در اکثـر موارد برای اینکـه گـره‌هـا جلـب توجـه نکنـد و یـا بتواننـد در برخـی مکـان‌هـا قـرار بگیرنـد نیازمنـد داشـتن حجم بسیار کوچک می‌باشند.
- **توان مصرفی پائین**: منبع تغذیه در گره‌ها محدود می‌باشد و در عمـل، امکـان تعـویض یـا شـارژ مجـدد آن مقدور نیست؛ لذا بایستی از انرژی وجود به بهترین نحو ممکن اسـتفاده گـردد. - نـرخ بیـت پـائین: بـه خـاطر وجود سایر محدودیت‌ها، عملا میزان نرخ انتقال و پردازش اطلاعات در گره‌ها، نسبتا پایین می‌باشد.
- **خودمختـار بـودن**: هـر گـره‌ای بایسـتی از سـایر گـره‌هـا مسـتقل باشـد و بتوانـد وظـایف خـود را طبـق تشخیص و شرایط خود، به انجام برساند.
- **قابلیت تطبیق پذیری**: در طول انجام نظارت بر محیط، ممکـن اسـت شـرایط در هـر زمـانی دچـار تغییـر و تحول شود مثلا برخی از گره‌ها خراب گردند. لذا هر گره بایستی بتواند وضـعیت خـود را بـا شـرایط بوجـود آمده جدید تطبیق دهد

## توپولوژی شبکه

روش های مناسب پیکربندی هندسی شبکه و یا انتخاب[1] می تواند مصرف انرژی را کاهش دهد.

## محیط کار

همانطور که گفتیم هر حسگر ممکن است بخش های دیگری را نیز که به کاربرد خاص شبکه مربوط است دارا باشد. به عنوان نمونه، اکثر تکنیک های مسیریابی و وظایف حسگری نیازمند دانش دقیقی از مکان یابی جغرافیایی است. در نتیجه متداول است که گره های حسگری دارای سیستم موقعیت یابی نیز باشند.

علاوه بر این در برخی موارد گره حسگری لازم است که متحرک باشد, لذا در مواقع لزوم بخشی نیز برای حرکت در نظر گرفته می شود.

تمام این زیر بخش ها باید در یک قالب کوچک قرار بگیرند. اندازه مورد نیاز ممکن است حتی کوچک تر از یک سانتی متر مکعب باشد.

علاوه بر اندازه , محدودیت های فراوان دیگری نیز برای گره های حسگری وجود دارد؛

این گره ها باید توان بسیار کمی مصرف کنند,

در یک محیط با چگالی بالا(از نظر تعداد گره ها) کار کنند,

قیمت تمام شده آنها ارزان باشد،

قابل رها کرده در محیط و همچنین خودکار باشند،

بدون وقفه کار کنند،

قابلیت سازگاری با محیط داشته باشند.

## مصرف توان

به موازات تولید توان, تلاش برای کاهش مصرف توان در شبکه بسیار مهم است.

---

*1. Parent*

صرفه جویی در مصرف توان در حالت کلی از دو طریق ممکن است:

یک راه ساخت حسگرهایی با مصرف انرژی کمتر

وراه دیگر به کاربردن روش های مدیریت توان در طراحی نرم افزاری شبکه است. مثلاً ارسال *TDMA* از حسگر در حالت انتظار که مصرف انرژی بسیار کمی دارد، قرار می گیرد

## کاربردهای شبکه‌های بی‌سیم حسگر

یک شبکه حسگر برای اجرای مجموعه‌ای از کارهای سطح بالای پردازش اطلاعات همانند آشکارسازی، رهگیری یا طبقه‌بندی، طراحی شده است. کاربردهای شبکه‌های حسگر گسترده‌اند اما می توانند نقطه نظرهای الزامات کاربرد، حالات پیاده سازی، چگونگی حس کردن و یا طریقه توان رسانی با یکدیگر اختلافات اساسی داشته باشند .

کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم دارای شاخه‌های مختلفی است که در ذیل به آن‌ها پرداخته شده است

## کاربردهای رهایی از سانحه

یکی از پراشاره‌ترین کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌باشد. یکی از سناریوها می تواند شناسایی مناطق مستعد آتش سوزی باشد. حسگرهای حساس به گرما برای تعیین نقشه‌ی گرمایی یک منطقه مستعد آتش سوزی مثل جنگل بوسیله هواپیما، پخش می‌شوند. سپس آتش نشان‌ها می‌توانند اطلاعات این شبکه از حسگرها را بوسیله یک *PDA* جمع‌آوری و تحلیل کنند. از دیگر کاربردها از این شاخه کاربردهای شناسایی ارتش دشمن در زمینه نظامی است.

## کنترل محیطی و نگاشت تنوع زیستی

کاربردهایی نظیر اندازه‌گیری میزان آلودگی در سایت‌های دپوی زباله، اندازه‌گیری میزان فرسایش سطوح زیر آب برای احداث عوارض در آن‌ها و پی‌بردن به تعداد یک گونه خاص در

یک بوم خاص را می‌توان در این شاخه جای داد. ویژگی مثبت شبکه‌های حسگر بی‌سیم کوچکی گره‌ها و عمر زیاد آن‌ها و نزدیکی آن‌ها به اشیا مورد مشاهده می‌باشد.

### سازه‌های هوشمند

ساختمان‌ها برای مقاصد تهویه هوا و تنظیم رطوبت، مقدار زیادی انرژی تلف می‌کنند. با استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌توان به مقدار تهویه‌ی مورد نیاز برای ساکنین ساختمان دست یافت که می تواند انرژی بسیاری صرفه جویی کند.

چنین گره‌های حسگری می‌توانند برای محاسبه‌ی فشار بر روی قسمت‌های حساس ساختمان در مناطق زلزله خیز استفاده شوند. نوع دیگری از حسگرها می‌توانند برای شناسایی افراد گیر افتاده در یک ساختمان استفاده شوند و اطلاعات جمع‌آوری شده به تیم‌های نجات ارسال شود.

### مدیریت تاسیسات

در مدیریت تاسیساتی بزرگتر از یک ساختمان شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌توانند مثلاً برای کنترل ورود افراد به بخش‌هایی خاص استفاده شوند. افراد می‌توانند با داشتن یک علامت خاص از طریق یک حسگر شناسایی شوند و این طریق ورودشان به بخشی خاص کنترل شود. یک شبکه حسگر بی‌سیم می‌تواند در یک کارخانه مواد شیمیایی برای تشخیص نشتی استفاده شود.

### نظارت ماشین آلات و نگهداری پیشگیرانه

از حسگرها می توان برای استفاده در نواحی دشوار دسترسی ماشین آلات استفاده کرد تا با استفاده از الگوی ارتعاشات زمان مناسب برای سرویس و نگهداری ان ماشین را تعیین کند. این ماشین آلات می توانند رباتها یا محور قطارها باشند.

## کشاورزی دقیق

استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم امکان آبیاری و کود دهی دقیق را از طریق نصب حسگرهای ترکیب رطوبت و خاک در زمین تحت کشت، فراهم می‌کند. به طور مشابه، کنترل آفت نیز می تواند با استفاده از این شبکه‌ها انجام پذیرد. همچنین از این شبکه‌ها می‌توان در کنترل دام‌ها استفاده کرد. مثلاً با اتصال یک حسگر به هر گاو یا گوسفندی می‌توان دمای بدن، تعداد گام‌ها یا دیگر معیارها را اندازه گرفت و در صورت رد شدن از یک آستانه‌ای خاص یک اخطار مشخص تولید شود.

## پزشکی و بهداشت

کاربردها می‌توانند مراقبت‌های پس از عمل جراحی و مراقبت‌های ویژه باشند که می‌توان حسگرها را بطور مستقیم به بدن بیمار متصل کرد و بی‌سیم بودن آنها مزیت بسیار بزرگی به حساب می‌آید. همچنین می توان از حسگرها برای نظارت بلند مدت بیماران و مدیریت خودکار استعمال دارو نیز استفاده کرد.

## حمل و نقل

در بسیاری از کاربردهای حمل و نقل این امکان وجود دارد که بسته ها را به حسگرهایی مجهز کرد تا بتوان این بسته‌ها را در طول حمل و نقل، رهگیری کرد یا صورت اجناس یک انبار را کنترل کرد. این حسگرها می‌توانند ادوات بسیار ساده‌ی غیرفعال باشند و احتیاجی به ارتباط فعال از طرف حسگر نمی باشد.

## پردازش راه دور

تقریباً مربوط به کاربردهای حمل و نقل، کاربردهای برای این شاخه وجود دارد. به طور مثال حسگرهایی در خیابانها با کنار جاده‌ها تعبیه شده‌اند که می توانند اطلاعاتی درباره‌ی وضعیت

ترافیک با درجه جزئیات بالاتر از آنچه امروزه موجود است جمع‌آوری کنند. چنین خیابان هوشمندی می‌تواند با اتومبیل ها تعامل داشته باشد تا هشدارهای خطر درباره‌ی وضعیت جاده یا گره‌های ترافیکی پیش رو را منتقل نماید .

## پشته پروتکلی

پشته پروتکلی از یکطرف دارای پنج لایه افقی شامل لایه های فیزیکی ،پیوند داده, شبکه, انتقال, و کاربرد و از طرفی دارای سه لایه عمودی مدیریت توان, مدیریت جابجایی, و مدیریت وظیفه است. لایه فیزیکی وظیفه اش عملیات مدولاسیون و ارسال و دریافت در سطح پایین می باشد.

لایه کنترل دسترسی رسانه باید قادر باشد بع حداقل تصادم بروش پخش همگانی با هر گره همسایه ارتباط برقرار کند.

لایه شبکه وظیفه مسیردهی داده هایی که از لایه انتقال می آیدرا بر عهده دارد.

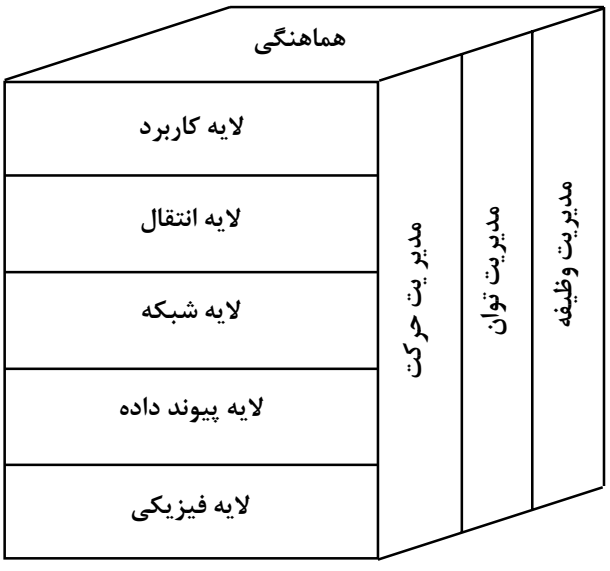
لایه انتقال وظیفهٔ مدیریت جریان انتقال بسته ها را در صورت نیاز کاربرد بر عهده دارد.

بسته به کاری که شبکه برای آن طراحی شده انواع مختلف نرم افزار های کاربردی می تواند روی لایه کاربرد استفاده شود و خدمات مختلفی را رائه نماید.

یک زبان پردازه نویسی بنام زبان وظیفه پرسشگری حسگر پیشنهاد شده که پرس و جوها و فرمانها آن مبتنی بر با ویژگی داده محوری شبکه حس/ کار است. بعنوان مثال"چه تعداد لانه پرنده خالی در محدوده شمال شرقی جنگل وجود دارد"یا" اگر تا یک ساعت بعد تعداد لانه های خالی بیشتر از یک حد معینی شد اعلام شود"

لایه عمودی مدیریت توان با دخالت در کلیه لایه های افقی چگونگی مصرف توان برای گره را تعیین می کند .در واقع برای کاهش مصرف انرژی به الگوریتم ها و پروتکل های توان آگاه نیازمندیم. مثلاً اینکه یک گره پس از دریافت یک پیغام از یکی از همسایه هایش دریاف کننده اش راخاموش کند باعث جلوگیری از دریافت دوباره پیغام و در نتیجه کاهش مصرف انرژی می گردد. ایده دیگری که می تواند همزمان استفاده شود این است گره ای که به سطح پایین انرژی

رسیده به همسایه هایش اعلام همگانی می کند که انرژی اش در حال اتمام است و نمی تواند در مسیردهی پیغامها شرکت داشته باشد. گره های همسایه پس از آن پیغام ها را از طریق گره های دیگر مسیردهی خواهند کرد. لایه عمودی مدیریت حرکت, به بکارگیری روشهای مکان آگاه بر می گردد جابجایی گره را تشخیص داده و ثبت می کند بنابراین یک مسیر برگشت تا کاربر همیشه مدیریت می شود و رد گره متحرک دنبال می شود. مدیریت وظیفه وظایف گره ها را زمانبندی کرده و متعادل می سازد. مثلا اگر وظیفه حس به یک ناحیهٔ معین محول شد همهٔ گره های حسگر آن ناحیه لازم نیست عملیات حس را بطور همزمان انجام دهند بلکه این وظیفه می تواند بسته به کاربرد به برخی گره ها مثلا به گره هایی قابلیت اطمینان بیشتر یا ترافیک کمتر یا انرژی بیشتر دارند محول شود. برای تضمین این نکته باید از الگوریتم های کارآگاه استفاده نمود. با وجود موارد فوق گره ها در شبکه حس/ کار می توانند با روشهای توان کارا با هم کار کرده و داده ها رادر یک شبکه متحرک حس/ کار مسیر دهی کنند و منابع را بین گره ها به اشتراک گذارند



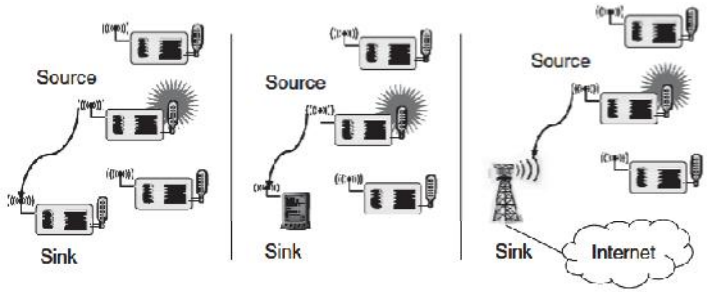

شکل (1-5)پشته پروتکلی شبکه حسگر

## انواع منبع‌ها و چاهک‌ها

یک منبع در یک شبکه هر موجودیتی در شبکه است که می‌تواند اطلاعات ارائه دهد معمولاً یک گره حسگر، یک محرک است که بازخورد از یک عملیات ارائه می‌کند.

یک چاهک موجودیتی است که اطلاعات را نیاز دارد. سه حالت برای چاهک وجود دارد: می تواند به شبکه تعلق داشته باشد و یک گره حسگر/محرک باشد یا می‌تواند یک موجودیت در خارج از شبکه باشد. مثل یک *PDA* برای تعامل با شبکه حسگر استفاده شود. همچنین صرفاً می‌تواند یک دروازه باشد که شبکه را به شبکه بزرگتری مثل اینترنت متصل می‌کند.

شکل 1-6 انواع چاهک‌ها و منبع را نشان می‌دهد.

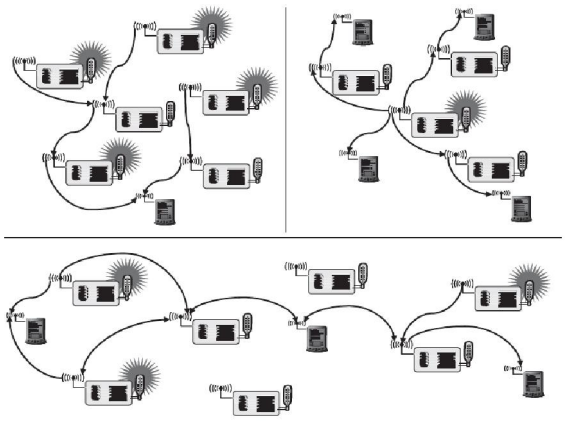



شکل (1-6) سه نوع چاهک در یک شبکه حسگر بسیار ساده تک پرشی

## شبکه‌های تک پرشی در مقابل شبکه‌های چند پرشی

بواسطه‌ی وجود محدودیت در توان در گره‌های حسگر , فواصل این گره‌ها نمی‌تواند از حد خاصی بیشتر باشد و اگر بیشتر باشد توان مصرفی‌شان بسیار افزایش پیدا می‌کند یا ممکن است تضعیف در محیط کاری بسیار باشد. برای چیرگی بر چنین مشکلاتی یک راه مشخص استفاده از رله می‌باشد که بسته ها را پس از چندین پرش به مقصد می‌رساند. این راه برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم مطلوب است چون خود گره‌ها می توانند نقش رله را بازی کنند. این راه حلی برای مصرف بهینه‌ی انرژی در خود گره‌ها نیز می‌باشد.

می‌توان چندین چاهک و منبع در یک زمان داشت. مثلاً ممکن است چندین منبع بخواهند به چندین چاهک اطلاعات بفرستند که برخی اطلاعات باید به تمام یا برخی چاهک‌ها برسد. شکل 1-7 این ترکیبات را نشان می‌دهد.



شکل (1-7) چاهک و یا منبع‌های چندگانه

## انواع تحرک

در شبکه‌های حسگر بی‌سیم تحرک ممکن است به سه شکل ظاهر شود.

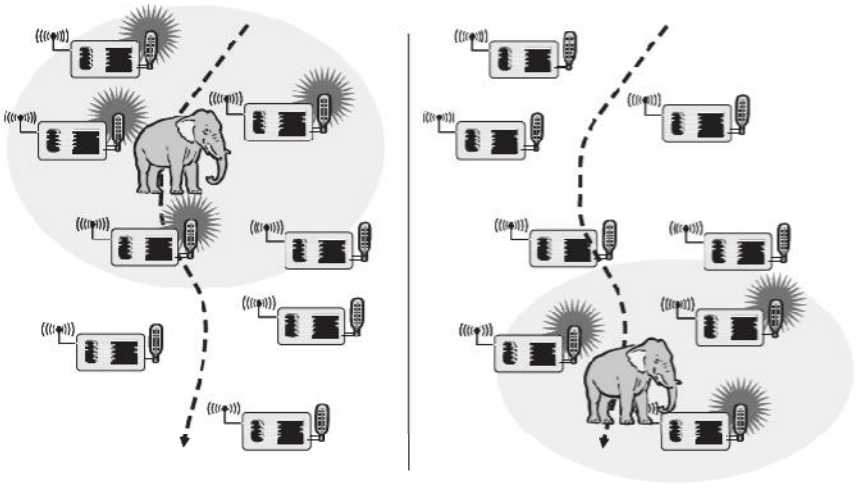
**تحرک گره**: گره‌های حسگر بی‌سیم می توانند متحرک باشند. در حالت تحرک گره شبکه باید خود را مرتباً سازماندهی کند تا قدر باشد بطور صحیحی عمل کند. یک موازنه میان تکرار سازماندهی مجدد و سرعت حرکت گره و عملیات شبکه وجود دارد.

**تحرک چاهک**: جنبه‌ی مهم تحرک، تحرک چاهک اطلاعاتی است که جزئی از شبکه حسگر نمی‌باشد مثلاً یک کاربر انسانی که اطلاعات را از طریق یک *PDA* در حال گذر از کنار یک ساختمان هوشمند درخواست می کند.

یک درخواست دهنده‌ی سیار ممکن است از گرهی اطلاعات درخواست کند ولی تا وقتی که اطلاعات به دستش برسد تغییر موضع داده و از آن گره دور می‌شود. ولی شبکه باید طوری اطلاعات را برایش بفرستد که اطلاعات با وجود تحرک درخواست دهنده به دستش برسد.

**تحرک رویداد**: در کاربردهایی نظیر تشخیص رویداد و به خصوص کاربردها ردیابی، علت رویدادها یا اشیایی که باید ردیابی شوند می‌توانند متحرک باشند. در چنین سناریوهایی مهم است که رویدادهای مشاهده شده با تعداد کافی حسگرها در تمام زمانها پوشش داده شده باشند. حسگرهای اطراف شیء فعال شده و با فعالیت بالا کار می کنند تا شیء حاضر را مشاهده کنند سپس به خواب می‌روند. وقتی منبع رویداد حرکت می کند بوسیله یک ناحیه‌ی فعال شناسایی و مکان یابی می‌شود. به این مدل، مدل *frisbee* گفته

می‌شود. شکل 1-8 این فرآیند را نشان می دهد.



شکل (1-8) منطقه‌ای که گره‌های حسگر یک رویداد را تشخیص می‌دهند.

## پروتکل‌های مسیریابی برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم

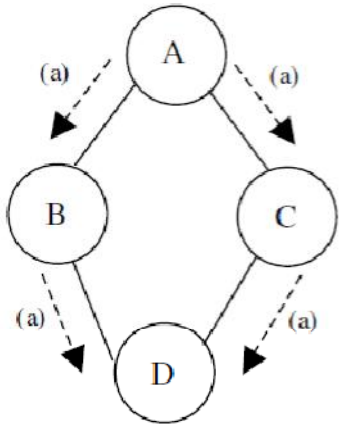
مسیریابی در شبکه‌های حسگر بسیار چالش برانگیز است. به دلیل اینکه ویژگی‌های بسیاری است که این شبکه‌ها را از شبکه‌های معمولی و بی‌سیم جدا می کند. اول، ساختن یک طرح آدرس دهی کلی برای گره-های حسگر ممکن نیست. بنابراین پروتکل‌های بر پایه‌ی *IP* معمولی نمی توانند استفاده شوند. دوم، برخلاف شبکه‌های معمول تقریباً تمام کاربردهای شبکه‌های حسگر نیازمند جریان داده از مناطق گوناگون (منبع‌ها) به یک چاهک خاص می‌باشند. سوم ترافیک داده‌ی تولید شده تکرار چشمگیری دارند. به همین خاطر باید برای بهره‌وری انرژی و پهنای باند توسط پروتکل‌های مسیریابی کنترل شوند.

### 1- پروتکل‌هایی بر مبنای داده

به دلیل فقدان یک طرح آدرس‌دهی کلی برای گره‌های حسگر ممکن است اطلاعاتی که از حسگرهای مختلف به گره چاهک می‌رسند داده های تکراری باشند که پهنای باند و انرژی را تلف می‌کنند. به همین دلیل مسیریابی بر مبنای داده بوجود آمد تا مسیریابی با محوریت داده انجام پذیرد تا از داده‌های تکراری پرهیز شود.

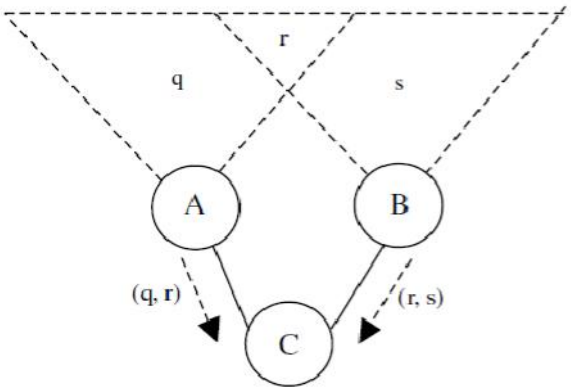
**مسیریابی به روش سیل‌آسا و خبردهی**

مسیریابی به روش سیل‌آسا و خبردهی دو مکانیزم کلاسیک برای رساندن یک بسته به یک گره خاص است. در مسیریابی به روش سیل‌آسا مبدا بسته مورد نظر را به تمام همسایگانش می‌فرستند و آنها هم همین کار را آنقدر تکرار نموده تا به مقصد برسد. پس بسته با حداکثر تعداد پرش‌ها به مقصد می‌رسد. اما در مسیریابی به روش خبردهی به جای آنکه گره بسته را به تمام همسایگانش بفرستد و یکی از میان آن‌ها بطور تصادفی انتخاب و به آن می‌فرستد. البته این کار باعث تاخیر بیشتر در رسیدن بسته به مقصد می‌شود. شکل 1-9 نشان دهنده‌ی شکل انفجار از داخل است.




شکل (1-9) مشکل انفجار از داخل

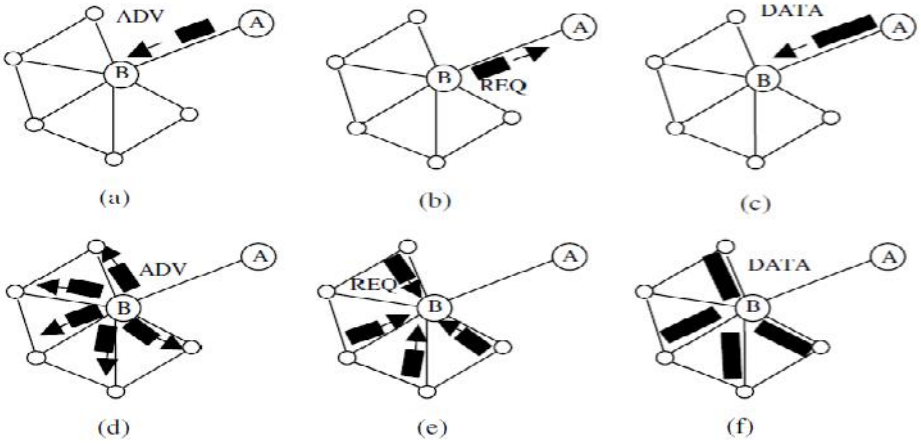
در این مشکل چون یک گره بسته را به تمامی همسایگانش می‌فرستد در آخر گره مقصد به تعداد همسایگانش این بسته را مکرر دریافت می‌کند که باعث ترافیک و هدر رفتن انرژی می شود. مشکل دیگر مشکل همپوشانی است. یعنی دو حسگر در مناطق تحت پوشش خود دارای همپوشانی هستند پس اطلاعات مخصوص ناحیه‌ی مشترک دوبار به گره مقصد می‌رسد. این مشکل در شکل 1-10 نشان داده شده است.




شکل (1-10) مشکل همپوشانی

### پروتکل‌های حسگر برای اطلاعات از طریق مذاکره

این پروتکل توصیف گرهایی با استفاده از فرا داده تولید می‌کند که توصیف کننده‌ی نوع اطلاعات در یک بسته است. در این راستا وقتی گرهی بسته‌ای را دریافت می‌کند فراداده‌اش را به همسایگانش ارسال میکند تا همسایگانی که آن بسته را می‌خواهند درخواستی برای دریافت آن بسته بدهد و آن را دریافت کنند. این پروتکل مشکلات روش مسیریابی به روش سیل‌آسا را حل می‌کند و به بهره‌وری انرژی می‌رسد. سه نوع پیام در این پروتکل‌ها برای تبادل داده رد و بدل می شوند. پیام *ADV* برای اعلام توصیف یک بسته‌ی داده، پیام *REQ* برای درخواست آن بست داده و پیام *DATA* که خود بسته‌ی داده می‌باشد. این مکانیزم در شکل 1-11 نشان داده شده است.

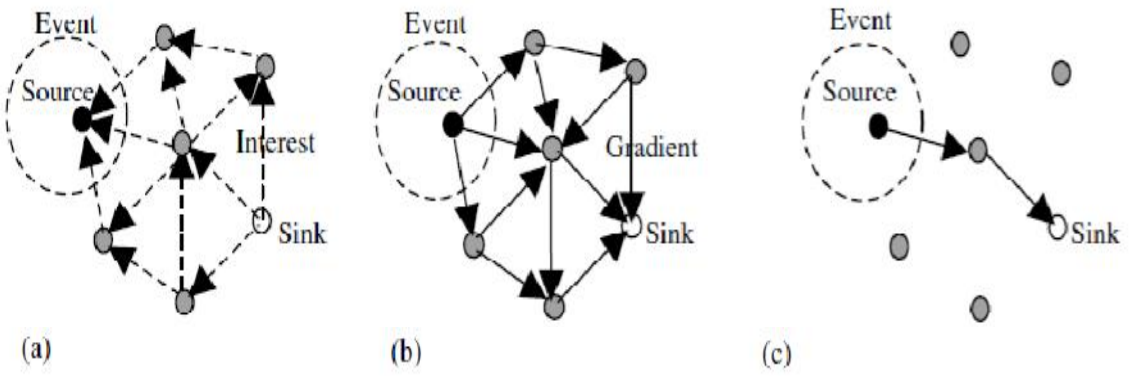



شکل (1-11) مراحل مختلف پروتکل حسگر برای اطلاعات از طریق مذاکره

یکی از مزایای این پروتکل اینست که تغییرات توپولوژیکی که به صورت محلی باقی می‌مانند چون هر گره تنها نیاز به شناختن همسایگان مستقیم خود دارد. مشکلی که این پروتکل دارد اینست که اگر گره مقصد از گره مبدا دور باشد و در این بین هیچ یک از همسایگان مقصد بسته را نخواهند آن بسته هیچگاه به دست مقصد نمی‌رسد. پس این پروتکل برای کاربردهایی که نیاز به تبادل بسته‌ی مطمئن دارند مناسب نیست.

**انتشار جهت‌دار**

این پروتکل از یک زوج مشخصه- مقدار استفاده می‌کند و جستجوی گره‌ها برای اطلاعاتی خاص با استفاده از این زوج انجام می‌شود. برای ایجاد یک جستجو یک لیست مورد نظر حاوی این زوج‌ها ایجاد می‌شود. این لیست را گره چاهک به همسایگانش ارسال می‌کند و آنها نیز آنرا به گره‌های مجاورشان منتقل می‌کنند تا به منبع برسد. وقتی لیستی به یک گره می‌رسد آن گره مسیری که لیست از آن به دستش رسیده است را بعنوان یک مسیر جواب نگه می‌دارد. بدین ترتیب چندین مسیر ممکن است از منبع تا چاهک تثبیت شده باشد که در هر لیست قرار دارد. ولی یک مسیر انتخاب شده و ازآن برای تبادل اطلاعات با نرخ بالاتر از بقیه میان منبع و چاهک استفاده می‌شود. طریقه‌ی کار در شکل 1-12 نشان داده شده است.




شکل (1-12) مراحل مختلف پروتکل انتشار جهت‌دار

**مسیریابی پخشی**

ایده‌ی این پروتکل مسیریابی، جستجو به گره‌هایی است که یک رویداد خاص را مشاهده کرده-اند به جای اینکه تمام شبکه را از جستجو پر کنند تا اطلاعاتی درباره‌ی رویداد در حال رخداد بدست آورد.

در این پروتکل بسته‌هایی با طول عمر بالا به نام عامل ساخته می‌شوند. وقتی یک گره یک رخداد را مشاهده می کند آنرا به جدول محلی‌اش اضافه کرده و یک عامل تولید می‌کند. وقتی یک جستجوی خاص به یک گره می‌رسد آن گره در جواب جستجو جدول محلی‌اش که حاوی رویدادهای مشاهده شده‌اش است را می‌فرستد.

## 2- پروتکل‌های سلسله مراتبی

برای اینکه سیستم از عهده‌ی بار اضافی برآید و قادر باشد مناطق بزرگتری را تحت پوشش قرار دهند بدون اینکه سرویس‌شان افت کند کلاستربندی شبکه در پروتکل‌های مسیریابی داخل شده است. هدف اصلی مسیریابی سلسله مراتبی ایجاد بهره‌وری انرژی گره‌های حسگر بوسیله داخل کردن آنها در ارتباط چند پرشی در یک کلاستر خاص می باشد. تشکیل کلاستر معمولاً براساس انرژی ذخیره‌ی حسگرها و نزدیکی به سرکلاستر است.

### [1] *LEACH*

ایده‌ی این پروتکل، تشکیل کلاسترها از گره‌های حسگر بر مبنای قدرت سیگنال دریافتی است و تبادل بسته‌ها را بر عهده‌ی سر کلاسترها گذاشته می‌شود. بنابراین تنها گره‌هایی که به چاهک‌ها اطلاعات می‌فرستند سر کلاسترها هستند. تمام پردازش داده‌ها در هر کلاستر انجام می‌شود. بطور تصادفی سرکلاسترها تعویض می‌شوند تا مصرف توان در هر کلاستر متعادل شود. *LEACH* از لحاظ مصرف توان نسبت به ارتباط مستقیم مصرف توان کمتری دارد. این پروتکل کاملاً توزیع

*1. Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy*

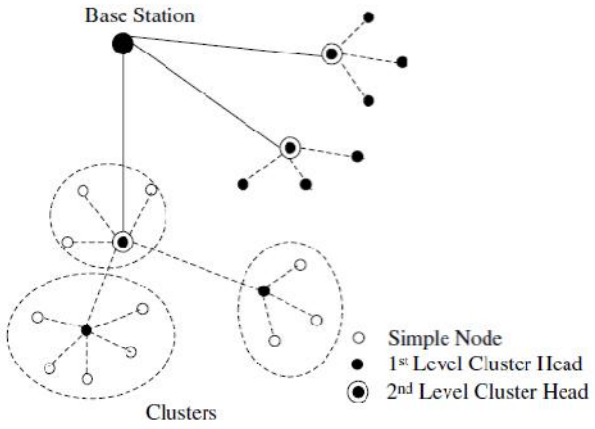
شـده اسـت و هـیچ دانـش کلـی از شـبکه را نیـاز نـدارد. ایـن پروتکـل از مسـیریابی تـک پرشـی اسـتفاده می‌کند چون هر گرهی می تواند مستقیماً با سرکلاستر ارتباط برقرار کند.

### *PEGASIS*

پروتکـل *PEGASIS* شـبیه *LEACH* اسـت امـا بـا ایـن تفـاوت کـه از گـره‌هـای حسـگر زنجیـره‌هـایی مـی-سـازد و در ایـن زنجیـره تنهـا یـک گـره انتخـاب شـده کـه مـی‌توانـد بـا پایگـاه اصـلی در ارتبـاط باشـد. در طـول زنجیـره هـر گرهـی داده‌ی خـود را بـا داده‌ی گـره قبلـی جمـع کـرده و بـه گـره بعـد مـی‌فرسـتد تـا اینکـه گـره انتخـاب شـده تمـام داده‌هـا را بـه پایگـاه اصـلی ارسـال کنـد. تفـاوت ایـن پروتکـل بـا پروتکـل *LEACH* اینسـت کـه فقـط یـک گـره مـی‌توانـد بـا پایگـاه اصـلی در ارتبـاط باشـد بـرخلاف *LEACH* کـه گـره مـرتبط بـا پایگـاه اصـلی بطـور تصـادفی عـوض مـی‌شـد و همـین پویـا نبـودن گـره‌ی سرکلاسـتر باعـث حـذف سـربار از ایـن پروتکـل شـده اسـت و همچنـین تجمـع داده در ایـن پروتکـل تعـداد نقـل و انتقالات را کاهش داده که باعث افزایش کارآیی این پروتکل نسبت به *LEACH* شده است.

### *TEEN and APTEEN*

پروتکل *TEEN* برای پاسخ به تغییرات ناگهانی در مشخصـه‌ای اسـت کـه حسـگر در حـال حـس کـردن آن می باشد طراحی شده است. این پروتکل کلاسترهایی بر مبنای فاصله ایجاد می‌کند و این فرآیند تـا وقتـی بـه گره چاهک برسیم به سطح دوم کشیده می‌شود. شکل 1-13 این فرآیند را نشان می‌دهد.




شکل (1-13) کلاستربندی سلسله مراتبی در *ATEEN* و *APTEEN*

سر کلاسترها دو نوع مقدار آستانه برای گره‌هایشان تعریف می‌کنند. آستانه‌ی سخت کمترین مقدار ممکن یک مشخصه است که می‌تواند حسگر را وادار به انتقال داده به سرکلاستر کند. وقتی یک گره مقداری به اندازه یا بیشتر از آستانه‌ی سخت حس کند فقط هنگامی داده را منتقل می‌کند که مقدار مشخصه با مقداری مساوی یا بزرگتر از آستانه‌ی نرم تغییر کند. این طرح برای گزارش‌های دوره‌ای مناسب نیست چون ممکن است که هیچگاه داده‌ای به کاربر نرسد.

*APTEEN* پروتکلی است که هم داده‌ی دوره‌ای را دریافت می‌دارد و هم به رویدادهای بحرانی زمانی پاسخ می‌دهد. همانند *TEEN* این پروتکل عمل می‌کند. این پروتکل دارای سه نوع جستجو می‌باشد: تاریخی برای تحلیل داده‌های قبلی، یک مرتبه برای دیدگاهی لحظه‌ای از شبکه و مداوم برای نظارت بر یک رویداد برای دوره‌ی زمانی.

## 3- پروتکل‌های بر مبنای مکان

بسیاری از پروتکل‌ها نیازمند داشتن اطلاعاتی از مکان گره‌ها هستند. مثلاً برای مسیریابی یا تخمین مقدار انرژی باقیمانده یا نبود یک طرح آدرس‌دهی کلی مانند *IP* اطلاعات مربوط به مکان گره-ها در مسیریابی به کار می‌رود.

### [1] *MECN*

این پروتکل یک شبکه بی‌سیم با مصرف توان کم بوسیله *GPS* های کم مصرف تشکیل می‌دهد.

*MECN* یک ناحیه‌ی رله برای هر گره مشخص می‌کند. ناحیه‌ی رله از گره‌هایی تشکیل شده است که انتقال داده از طریق این گره‌ها بهره‌وری انرژی بیشتری از انتقال مستقیم داد.

ایده اصلی پیدا کردن یک زیر شبکه با تعداد گره‌های کمتر برای صرف انرژی کمتر برای انتقال داده است. این پروتکل دارای دو فاز است:

- ایجاد ماتریسی از مسیرهای بهینه از نظر مصرف انرژی که این محاسبات در خود گره‌ها انجام می‌شود.

---

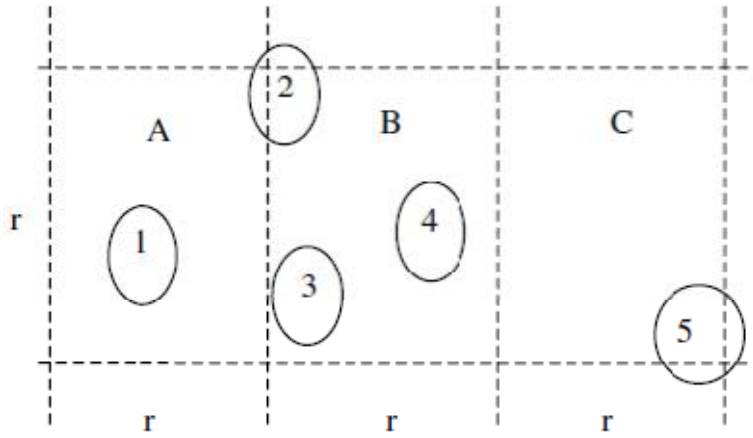
*1. Minimum Energy Connection Networks*

- پیدا کردن لینک های بهینه

*MECN* قابلیت باز پیکربندی خود را دارد و در مواقع خرابی یا اضافه شدن گره‌های جدید خود را وفق می‌دهد.

## [1] *GAF*

*GAF* یک پروتکل آگاه از انرژی بر مبنای مکان برای مسیریابی است. *GAF* با خاموش کردن گره‌های بیکار باعث صرفه جویی در انرژی می‌شود. گره ها با استفاده از *GPS* مکان خود را در نقشه‌ای ثبت می‌کنند و گره‌هایی که از نظر مکانی در ناحیه‌ی هم باشند از نظر مسیریابی معادل هم قرار داده می‌شوند که برخی را می توان خاموش کرد. در شکل 1-14 گره 1 می‌تواند به گره های 2 و 3 و 4 دسترسی داشته باشد و گره های 2 و 3 و 4 می توانند به 5 دسترسی داشته باشند پس از گره های 2 و 3 و 4 دوتای آن‌ها خاموش می‌شوند چون معادل همند.

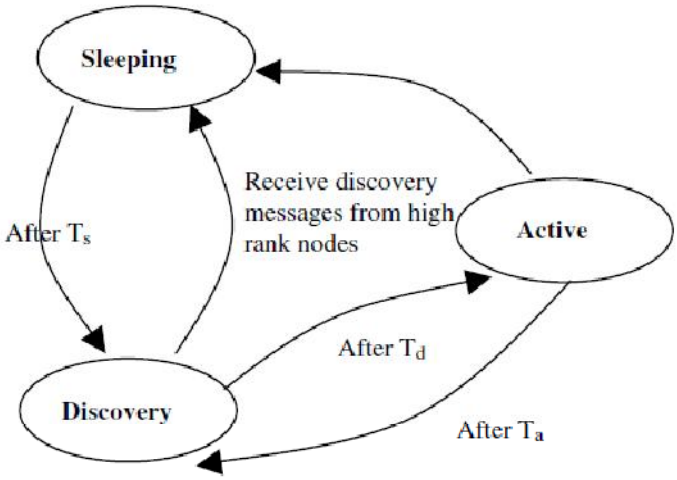



شکل (1-14) نمونه‌ای از شبکه مجازی در *GAF*

*GAF* دارای سه حالت است: اکتشاف برای تعیین همسایگان در نقشه، فعال نشان دهنده‌ی شراکت در مسیریابی، خوابیده هنگامی که رادیو خاموش است. انتقال حالات در شکل 1-15 نشان داده شده است.

1 . *Geographic Adaptive Fidelit*


www.prozhe.com




شکل (1-15) انتقال حالات در *GAF*

اینکه کدام گره برای چه مدتی خواب است بسته به کاربرد دارد و پارامترهای مربوط در طول فرآیند مسیریابی تنظیم می‌شوند .

## عیب های شبکه حسگر

1- استفاده از یک فرکانس واحد ارتباطی برای کل شبکه.شبکه را در مقابل استراق سمع آسیب پذیر می کند.

2- پویایی توپولوژی زمینه را برای پذیرش گره های دشمن فراهم می کند

3- بی سیم بودن ارتباط شبکه کار دشمن را برای فعالیت های ضد امنیتی و مداخلات آسانتر می کند

4- یکی دیگراز نقاط ضعف شبکه حسگر کمبود منبع انرژی است و دشمن می تواند با قرار دادن یک گره مزاحم که مرتب پیغام های بیدار باش بصورت پخش همگانی با انرژی زیاد تولید می کند باعث شود بدون دلیل گره های همسایه از حالت خواب خارج شوند.

5- در صنعت همیشه خطر نشت گاز های سمی وجود داشته است، متاسفانه حسگرهای گازی رایج بسیار دیر موفق به شناسایی این گازها با غلظت پایین می شوند و این خود لزوم استفاده از حسگر های سریع تر و دقیق تر را ایجاب می کرد.

## روش های امنیتی در شبکه‌های بی سیم

### *WEP*

در این روش از شنود کاربرهایی که در شبکه مجوز ندارند جلوگیری به عمل می‌آید که مناسب برای شبکه‌های کوچک بوده زیرا نیاز به تنظیمات دستی مربوطه در هر سرویس گیرنده می‌باشد. اساس رمز نگاری *WEP* بر مبنای الگوریتم *RC4* بوسیله *RSA* می‌باشد.

### *SSID*

شبکه‌های *WLAN* دارای چندین شبکه محلی می‌باشند که هر کدام آنها دارای یک شناسه یکتا می‌باشند این شناسه‌ها در چندین نقطه دسترسی قرار داده می‌شوند. هر کاربر برای دسترسی به شبکه مورد نظر بایستی تنظیمات شناسه *SSID* مربوطه را انجام دهد .

### *MAC*

لیستی از *MAC* آدرس‌های مورد استفاده در یک شبکه به نقطه دسترسی مربوطه وارد شده بنابراین تنها کامپیوترهای دارای این *MAC* آدرس‌ها اجازه دسترسی دارند به عبارتی وقتی یک کامپیوتر درخواستی را ارسال می‌کند *MAC* آدرس آن با لیست *MAC* آدرس مربوطه در نقطه دسترسی مقایسه شده و اجازه دسترسی یا عدم دسترسی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. این روش امنیتی مناسب برای شبکه‌های کوچک بوده زیرا در شبکه‌های بزرگ امکان ورود این آدرس‌ها به نقطه دسترسی بسیار مشکل می‌باشد. در کل می‌توان به کاستن از شعاع تحت پوشش سیگنال‌های شبکه کم کرد و اطلاعات را رمزنگاری کرد.

# فصل دوم

# بهینه سازی

## تئوری بهینه‌سازی

آرزوی انسان برای رسیدن به کمال مبین تئوری بهینه‌سازی است. انسان می‌خواهد بهترین را تجسم و توصیف کرده و به آن دست یابد. اما از آنجایی که می‌داند نمی‌تواند تمام شرایط حاکم بر بهترین را به خوبی شناسایی و تعریف نماید در بیشتر موارد به جای جواب بهترین یا بهینه مطلق، به یک جواب رضایت‌بخش بسنده می‌کند. هم‌چنین انسان در قضاوت عملکرد دیگران، معیار بهترین را در نظر نمی‌گیرد بلکه آنان را به صورت نسبی مورد ارزیابی قرار می‌دهد .بنابراین انسان به دلیل ناتوانی خود در بهینه‌سازی، به بهبود ارزش ویژه‌ای می‌دهد.

بیت لر و دیگران بهینه‌سازی را چنین شرح می‌دهند: فعل «بهینه ساختن» که کلمه قوی‌تری نسبت به «بهبود» می‌باشد عبارتست از دستیابی به «بهینه»، و «بهینه‌سازی» اشاره به عمل بهینه ساختن دارد. بنابراین تئوری بهینه‌سازی شامل مطالعات کمی بهینه‌ها و روش یافتن آنهاست. هم‌چنین «بهینه» به عنوان یک واژه فنی دلالت بر اندازه‌گیری کمی و تحلیل ریاضی دارد در حالی که بهترین دارای دقت کمتر بوده و بیشتر برای امور روزمره استفاده می‌شود.

در بیشتر موارد آنچه که با هدف بهینه‌سازی انجام می‌دهیم بهبود است. بهینه‌سازی به دنبال بهبود عملکرد در رسیدن به نقطه یا نقاط بهینه است. این تعریف دو قسمت دارد: (1) جستجوی بهبود برای رسیدن به (2) نقطه بهینه. تفاوت روشنی بین فرایند بهبود و مقصد یا نقطه بهینه وجود دارد. هنوز هم معمولاً در رویه‌های بهینه‌سازی تمرکز بر همگرایی است (آیا به نقطه بهینه می‌رسد؟) و عملکرد ضمنی رویه به طور کلی فراموش می‌شود. این اهمیت نسبت به همگرایی مربوط به ریشه‌های بهینه‌سازی در ریاضیات است اما همان طور که اشاره شد در عمل چنین اهمیتی طبیعی و معقول نمی‌باشد .این مقایسه قصد بی‌ارزش نشان دادن همگرایی و دقتهای معمول ریاضی را ندارد چرا که این حوزه خود مبنای ارزشمندی برای مقایسه روشهای بهینه‌سازی ارائه می‌کند.

درمقایسه الگوریتم‌های بهینه‌سازی دو معیار همگرایی و عملکرد مطرح می‌شود. بعضی از الگوریتم‌ها دارای همگرایی بوده ولی ممکن است عملکرد ضعیفی داشته باشند، یعنی فرایند

بهبود آنها از کارایی و سرعت لازم برخوردار نباشد. برعکس بعضی دیگر از الگوریتم‌ها همگرایی نداشته ولی عملکرد آنها خیلی خوب است.

می توان هدف از فرایندهای جستجو را در سه دسته زیر بیان کرد:

- بهینه‌سازی
- یافتن جواب عملی
- شبه بهینه‌سازی

در شرایطی که ما به یافتن جواب در همسایگی جواب بهینه راضی باشیم هدف جستجو را شبه بهینه‌سازی می‌نامند. شبه بهینه‌سازی دارای دوطبقه است. اگر هدف یافتن جواب عملی خوب در فاصله تعریف شده‌ای از جواب بهینه باشد به آن بهینه‌سازی نزدیک گفته می‌شود. اگر شرط فاصله تعریف شده برای جواب بدست‌آمده حذف گردد و تنها یافتن جواب نزدیک بهینه با احتمال بالا، هدف باشد به آن بهینه‌سازی تقریبی گفته می‌شود.

بیشتر مسائل عملی آنقدر مشکل هستند که در آنها هدف، شبه‌بهینه‌سازی در نظر گرفته می‌شود تا از این طریق تعادلی بین کیفیت جواب بدست آمده و هزینه جستجوی آن جواب برقرار گردد. هم‌چنین از آنجایی که تعداد محاسبات مسائل بهینه‌سازی ترکیبی به اعداد نجومی می‌رسد حذف شرط بهینگی یک ضرورت اقتصادی است. در شبه‌بهینه‌سازی باید الگوریتم‌هایی ارائه کرد که حدود مناسب میزان محاسبات و نزدیکی به بهینگی را تضمین نموده و تعادلی بین آنها برقرار نمایند. این الگوریتم‌ها باید مجهز به پارامترهای قابل تنظیم باشند تا کاربر بتواند با تغییر آن پارامترها تعادل مطلوب بین جواب بدست آمده و میزان محاسبات را برقرار نماید.

## انواع مسائل بهینه سازی و تقسیم بندی آنها از دیدگاه های مختلف

مسائل بهینه سازی را از دیدگاه های مختلف به چندین نوع می توان تقسیم بندی نمود.

### بهینه سازی با سعی خطا، بهینه سازی با تابع

مثالی از یک مسئله بهینه سازی با سعی و خطا تنظیم آنتن یک گیرنده تلویزیونی است. بهینه سازی با تابع نیز زمانی است که یک مسئله بهینه سازی توسط یک تابع ریاضی که به نام های تابع هزینه، تابع برازش و تابع هدف شناخته می شود، مدل شده و از روش های ریاضی برای حل آن استفاده شود.

### بهینه سازی تک بعدی و بهینه سازی چند بعدی

اگر تنها یک متغیر در مسئله بهینه سازی وجود داشته باشد، مسئله بهینه سازی یک مسئله تک بعدی و در غیر این صورت دو بهدی است.

### بهینه سازی پویا و بهینه سازی ایستا

اگر تابع هزینه مسئله بهینه سازی تابعی از زمان نباشد، با یک مسئله بهینه سازی ایستا سر و کار داریم. ولی اگر زمان نیز وارد تابع هزینه شود مسئله بهینه سازی پویا می شود. به عنوان مثال حرکت از یک نقطه شهر به نقطه دیگر با انتخاب کوتاهترین مسیر یک مسئله بهینه سازی ایستا می باشد. اما اگر پارامترهای دیگری همچون ترافیک که تابعی از زمان است را وارد تابع هزینه بکنیم، با یک مسئله بهینه سازی پویا سر و کار داریم.

جواب هر دو مسئله بهینه سازی فوق نقطه (0,0) است. حتی تابع دوم نیز که متغیر با زمان می باشد برای هر لطحظه از زمان $t$ به جواب (0,0) می رسد. اما این حالت کلی نمی باشد و در حالت کلی جواب بهینه مسئله پارامتر زمان را نیز با خود خواهد داشت.

### بهینه سازی مقید و نا مقید

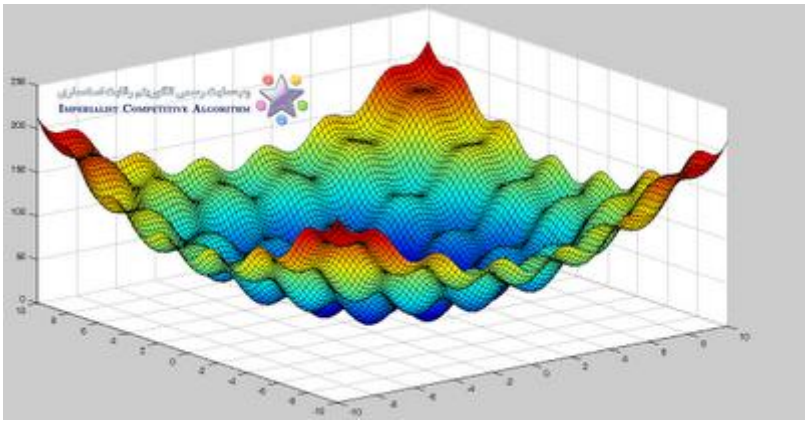
اگر متغیر های مسئله بهینه سازی به بازه (و یا قید) خاصی محدود باشند، با یک مسئله بهینه سازی مقید (*Constrained Optimization*) سروکار داریم و در غیر این صورد مسئله بهینه سازی نا مقید است. مثالی از بهینه سازی مقید را در زیر می بینید. در این رابطه موارد بعد از تابع هزینه همگی قیود بهینه سازی هستند. جواب بهینه مسئله باید از میان جوابهایی انتخاب شوند که در هر سه قیود صدق می کنند.

$f(x,y) = x^2 + y^2 + sin(x) + sin\ (y)$
$x, y\epsilon[-10,10]$
$x^2 + y^2 \leq 20$
$x - y \geq 15$

### بهینه سازی پیوسته و یا گسسته

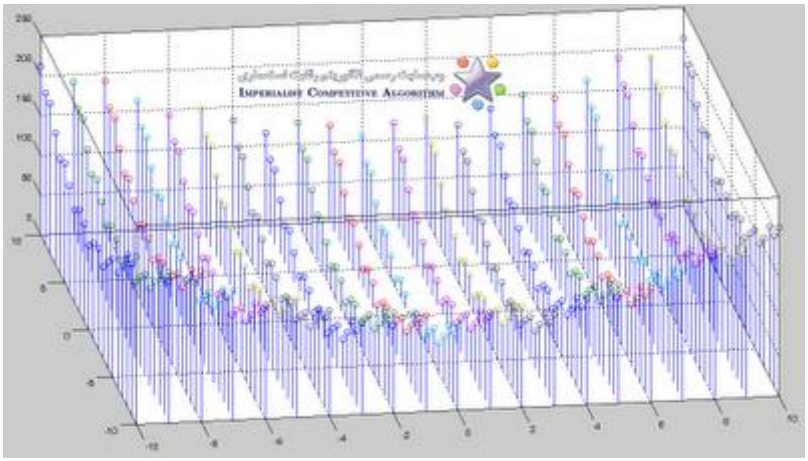
یک مسئله بهینه سازی گسسته مسئله ای است که در آن متغییر های مسئله در یک بازه معین تغییرات گسسته دارند. در حالی که در یک مسئله پیوسته مغییرها در بازه معین تغییرات گسسته دارند. مثالی از یک مسئله بهینه سازی پیوسته به صورت زیر است. این تابع به تابع راسریجین معروف است.

این تابع به تابع راسریجین معروف است و نقطه بهینه این تابع نقطه (0,0) است. شکل زیر این تابع را نشان می دهد.



شکل (2-1) تابع راسریجین پیوسته

به عنوان مثالی از یک مسئله بهینه سازی گسسته، همان تابع فوق را بصورت گسسته در نظر می گیریم. نقطه بهینه این تابع نقطه (0,0) است. شکل این تابع در زیر نشان داده شده است.




شکل (2-2) تابع راسریجین گسسته

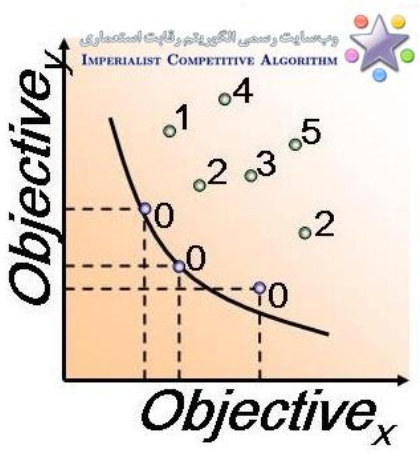
## بهینه سازی تک معیاره و چند معیاره

یک مسئله بهینه سازی تک معیاره (*Single Objective*)، دارای تنها یک تابع هدف می باشد. مثالی از این نوع مسئله بهینه سازی به صورت زیر می باشد.

اما در یک مسئله چند معیاره (*Multi Objective*)، تعداد تابع هدف هایی که بطور همزمان بهینه می شوند بیش از یک تا است. مثال از این نوع مسئله بهینه سازی به صورت زیر می باشد.

این مسئله دارای دو تابع هدف می باشد که باید بطور همزمان بهینه شوند. اگر فرض کنیم که توابع فوق مسائل مینیمم سازی هستند، در این صورت به عنوان مثال جواب $(f_1, f_2) = (10,11)$ در مقابل جواب $(f_1, f_2) = (20,22)$ بهتر بوده و انتخاب مناسب تری می باشد. اما در مقابل آن جواب (یعنی $(f_1, f_2) = (10,11)$ )، جواب $(f_1, f_2) = (9,12)$ نه بهتر است نه بدتر. در حقیقت از دید $f_2$ جواب اول بهتر است و از دید $f_1$ جواب دوم. مجموعه جوابهایی که هیچ برتری نسبت به هم ندارند تشکیل یک منحنی را در صفحه می دهند که به نام منحنی پرتو (*Pareto*) شناخته می شود. شکل زیر یک منحنی پرتو مربوط به یک مسئله بهینه سازی نوعی را نشان می دهد.


www.prozhe.com




شکل (2-3) منحنی پرتو

منحنی پرتو در بر دارنده همه ی جوابهای مناسبی است که نسبت به همدیگر هیچ برتری ای ندراند. معمولاً در یک مسئله بهینه سازی چند معیاره، با دادن اهمیتی (وزنی) به هر یک از توابع هدف و جمع بستن آنها، مسئله را تبدیل به یک مسئله تک معیاره می کنند. این کار در حقیقت قطع کردن یک خط با منحنی پرتو است که به یک جواب معین می رسد.

## برخی دیگر از روش های بهینه سازی

### 1. روش مبتنی بر گرادیان

در روش های گرادیان های تابع هزینه نسبت به متغیرهای طراحی نقشی اساسی را در فرآیند بهینه سازی ایفاء می کنند. روش های تفاضل محدود و بسط سری تیلور مختلط از این نوع هستند. در این روش ها بعد از محاسبه مشتقات تابع هزینه نسبت به متغیرهای طراحی، با استفاده از یک الگوریتم مرتبه اول یا دوم جستجو برای یافتن مقادیر بهینه آغاز می شود. در الگوریتم های مرتبه اول تنها مشتق اول تابع هزینه نسبت به متغیرهای طراحی لازم است. به عنوان مثال می توان به الگوریتم سریع ترین شیب اشاره کرد. در این الگوریتم جستجو در جهت منفی بردار گرادیان انجام می شود. در الگوریتم های مرتبه دوم علاوه بر مشتق اول، مقادیر مشتق دوم تابع هزینه نسبت به متغیرهای طراحی نیز مورد نیاز می باشد. الگوریتم های شبه نیوتنی از این نوع هستند.

www.Prozhe.com

**روند کلی بهینه سازی گرادیانی**

1. محاسبه گرادیان
2. جستجوی خطی در راستای تندترین شیب نزولی و یا یک راستای بهبود یافته بر مبنای تخمین هسیان[1]

این متد تا وقتی که تابع هزینه را بتوان به سادگی محاسبه کرد، به خوبی کار می کند اما در مورد طراحی با استفاده از معادلات ناویر استوکس و یا اویلر و در حالت تعداد زیاد متغیرهای طراحی صدق نمی کند. روش الحاقی[2] یک استراتژی به منظور کاستن از هزینه محاسبه گرادیان ها است و به منظور احتراز از جستجوی خطی از یک فرآیند نزولی پیوسته به همراه هموارسازی گرادیان بهره می گیرد.

روش های جستجوی خطی مستلزم آن هستند که راستایی توسط الگوریتم انتخاب و در طول آن جستجو آغاز شود و این کار با انجام تکرار تا رسیدن به مقدار جدیدی برای تابع هدف صورت می گیرد. با انتخاب شدن راستای جستحو، یک طول گام در راستای جستجو ضرب شده تا عمل بهینه سازی به تکرار بعدی پیش رود. این راستای جستجو در جهت منفی گرادیان تابع هدف در هر تکرار می باشد. در روش جستجوی خطی، طول گام به گونه ای انتخاب می شود که حداکثر کاهش تابع هدف را باعث شود. راه حل دیگر سعی در دنبال کردن یک مسیر پیوسته در راستای تندترین شیب و در یک سری گام های متوالی خیلی کوچک است.

**2. روش سیمپلکس**

روش سیمپلکس اصلاح شده (*MS*) برای محاسبه ثابتهای تشکیل واکنشهای تشکیل کمپلکس برخی از اترهای تاجی با یون هیدرونیوم و تعدادی از یونهای فلزات قلیائی خاکی در بعضی حلالهای غیر مایی بکار گرفته شده است. بدین منظور، دادههای طیف سنجی رزنانس مغناطیسی هسته و هدایت سنجی به معادلات غیرخطی مناسب برازش شده و مقادیر ثابت تشکیل و هدایت

---

*1. Hessian*
*2. Adjoint Method*

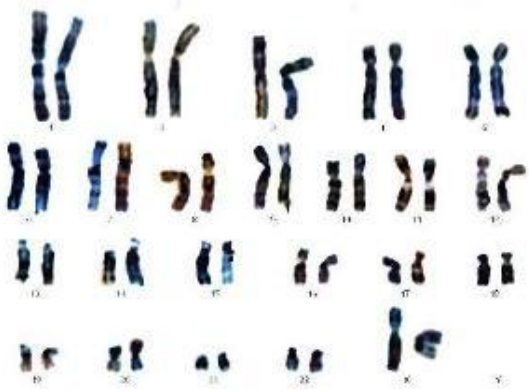

www.prozhe.com

اکیوالان حد یا جابجائی شیمیائی حد محاسبه شده‌اند. نتایج این مطالعه در تطابق بسیار خوب با نتایج حاصل از دیگر الگوریتمهای برازش خم غیر خطی می‌باشد، آنالیز شک خط داده‌های دینامیکی *NMR* با استفاده از روش سیمپلکس اصلاح شده برای بدست آوردن زمان عمر اندرکنش *t* برای کمپلکس شدن *crown-6*-18 و یونهای فلزات قلیایی خاکی در برخی از حلالهای غیرمائی انجام گردید. بدین منظور، معادله اصلاح شده *Bloch* مورد استفاده قرار گرفت و بین 4 تا 6 پارامتر مجهول برازش شده‌اند . نتایج بسیار خوب بوده و مجموع مربعات خطاها قابل قبول می‌باشند. روش سیمپلکس فوق اصلاح شده (*SMS*) برای بهینه‌سازی برخی از پارامترهای مؤثر در تجزیه تزریقی جریان (*FTA*) برای تعیین ید با نشاسته مورد استفاده قرار گرفته است . حاصل ضرب ضریب همبستگی و شیب خط (حساسیت) منحنی کالیبراسیون به عنوان تابع هدف برای بهینه‌سازی درنظر گرفته شده است . در این مورد پارامترهای سرعت جریان و اندازه نمونه بهینه شده‌اند. طرح فاکتوریل کامل برای مطالعه اثرات برخی از گونه‌های مزاحم در طیف سنجی اتمی شعله بکار گرفته شده است . در این مورد، روش مذکور برای مطالعه اثرات آلومینیوم، لیتیم و زیرکونیم بر روی جذب اتمی منیزیم در شعله و اثرات آلومینیوم، سولفات و فسفات بر روی نشر اتمی استرانسیم در شعله مورد استفاده قرار گرفته است. یک سری محلول مطابق با طرح فاکتوریل کامل تهیه و نتایج جذب یا نشر برای استخراج نتایج مزاحمتها مورد استفاده قرار گرفته است . با بکارگیری ضرایب معادلات رگراسیون، میزان اندرکنش‌های مختلف ارزیابی شده است . نتایج بدست آمده حاکی از مزاحمتهای جدی آلومینیوم، زیرکونیم، آلومینیوم - لیتیم و آلومینیوم - زیرکونیم (به صورت اندرکنشی توام) بر روی جذب منیزیم و نیز مزاحمتهای آلومینیوم، فسفات ، سولفات ، آلومینیوم - فسفات و آلومینیوم - سولفات بر روی نشر استرانسیم می‌باشد. توانایی طرح فاکتوریل برای تجزیه چند جزئی مخلوطی از مس، کبالت، نیکل و کرم توسط طیف سنجی مرئی و مخلوطی از ارتوگزیلن، متاگزیلن، پاراگزیلن و تولوئن بوسیله طیف سنجی ماوراءبنفش نشان داده شده است . معادلات حاصله در دسته‌های ترکیبی مختلف از طول موجها برای رسیدن به کمترین خطا در غلظت اجزای فوق‌الذکر حل شده‌اند.

نتـایج تجزیـه مخلـوط مـس، کبالـت، نیکـل و کـرم تطـابق بسـیار خـوبی بـین غلظتهـای تجربـی و محاسـبه‌ای نشـان مـی‌دهنـد. در مـورد مخلـوط گـزیلن‌هـا و تولـوئن، نیـز نتـایج محاسـبه شـده بـا غلظتهـای تجربی بخوبی تطبیق می کنند.

### 3. الگوریتم ژنتیک

الگـوریتم هـای ژنتیـک یکـی از الگـوریتم هـای جسـتجوی تصـادفی اسـت کـه ایـده آن برگرفتـه از طبیعـت مـی‌باشـد . الگـوریتم هـای ژنتیـک در حـل مسـائل بهینـه سـازی کـاربرد فراوانـی دارنـد . بـه عنـوان مثـال مـی‌تـوان بـه مسـئله فروشـنده دوره گـرد اشـاره کـرد.(در ادامـه بـا ایـن مسـئله و حـل آن بیشـتر آشـنا مـی شـویم) در طبیعـت از ترکیـب کرومـوزوم هـای بهتـر، نسـل هـای بهتـری پدیـد مـی‌آینـد. در ایـن بـین گـاهی اوقـات جهـش هـایی نیـز در کرومـوزوم هـا روی مـی‌دهـد کـه ممکـن اسـت باعـث بهتـر شـدن نسل بعدی شوند. الگوریتم ژنتیک نیز با استفاده از این ایده اقدام به حل مسائل می کند .



شکل (2-4) انواع کرموزوم های بدن انسان که در نحوهٔ نمایش گذاری نیز موثر می‌باشد

### ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک

الگـوریتم ژنتیـک ویژگـی‌هـایی دارد کـه آن را در مقایسـه بـا دیگـر الگـوریتم‌هـای بهینـه سـازی، متفاوت و برتر ساخته است. این ویژگی‌ها و تمایزات را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

1- الگـوریتم ژنتیـک مـی توانـد بـه جـای بـه کـارگیری از متغیرهـا از بـه رمـز درآمـده‌ی آن هـا، یعنـی کروموزومهـا، اسـتفاده کنـد. در نتیجـه نیـازی بـه تعریـف مسـاله بـه صـورت ریاضـی نـدارد. بنـابراین می‌توان حدس زد که این الگوریتم می تواند پاسخ گستره‌ی وسیعی از مسائل را بیابد.

2- الگـوریتم ژنتیـک بـه طـور هـم زمـان شـمار زیـادی از نقـاط فضـای پاسـخ را بـه کـار مـی‌گیـرد. ایـن ویژگی، احتمال گرفتار شدن الگوریتم در نقاط بهینه‌ی محلی را تا اندازه زیادی کاهش می دهد.

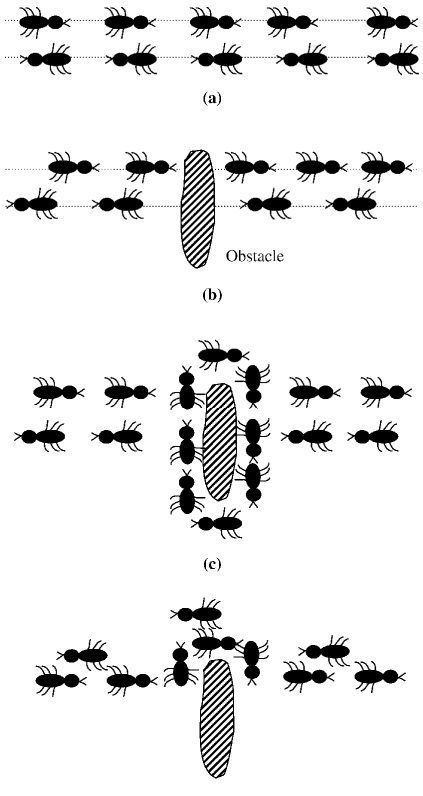
3- الگـوریتم ژنتیـک همگرایـی بـه نقطـه‌ی بهینـه‌ی محلـی را تضـمین نمـی‌کنـد، ولـی اغلـب بـه نقـاط تقریباً بهینه و پذیرفتنی همگرا می‌شود.

4- این الگوریتم به سادگی برای پاسخ‌یابی پرسش‌هایی که شمار زیادی متغیر دارند به کار گرفته می‌شود.

5- الگـوریتم ژنتیـک، سـاده اسـت و بـه اطلاعـات کمکـی ماننـد مشـتق‌هـای تـابع هـدف نیـازی نـدارد. در نتیجـه بـرای بهینـه‌سـازی روی یـک تـابع هـدف بسـیار پیچیـده، ناپیوسـته یـا بـی‌مشـتق، و یـا سیسـتم هـایی کـه تعریـف ریاضـی مشخصـی ندارنـد و بـا شـبیه‌سـازی یـا اعمـال مسـتقیم پارامترهـا بـه سیسـتم واقعـی آزموده می‌شوند، بسیار مناسب است.

6- الگـوریتم ژنتیـک در پایـان مـی‌توانـد بـه جـای یـک پاسـخ، مجموعـه‌ای از پاسـخ‌هـای بهینـه را ارائـه کند. این ویژگی در مسائل بهینه سازی چندهدفی اهمیت دارد.

### 4. *Ant colony*




شکل (2-5) الگوریتم کلونی مورچه ها

**الگوریتم کلونی مورچه ها چیست؟**

یک مورچه در حال حرکت، مقداری فرومون (در اندازه‌های مختلف) از خود بر زمین باقی می گذارد و بدین ترتیب مسیر را بوسیله بوی این ماده مشخص می سازد. هنگامی که یک مورچه به طور تصادفی و تنها حرکت می کند، با مواجه شدن با مسیری که دارای اثر فرومون بیشتری است، به احتمال زیاد مسیر فوق را انتخاب می کند و با فرومونی که از خود بر جای می گذارد، آن را در مسیر مذکور تقویت می نماید

الگوریتم کلونی مورچه الهام گرفته شده از مطالعات ومشاهدات روی کلونی مورچه هاست. این مطالعات نشان داده که مورچه ها حشراتی اجتماعی هستند که در کلونی ها زندگی می کنند و رفتار آنها بیشتر در جهت بقاء کلونی است تادرجهت بقاء یک جزء از آن. یکی از مهمترین و جالبترین رفتار مورچه ها، رفتار آنهابرای یافتن غذا است و بویژه چگونگی پیدا کردن کوتاهترین مسیر میان منابع غذایی وآشیانه. این نوع رفتار مورچه ها دارای نوعی هوشمندی توده ای است که اخیرا مورد توجهدانشمندان قرار گرفته است.باید تفاوت هوشمندی توده ای(کلونی) و هوشمندی اجتماعی راروشن کنیم.

در هوشمندی اجتماعی عناصر میزانی از هوشمندی را دارا هستند. بعنوان مثال درفرآیند ساخت ساختمان توسط انسان، زمانی که به یک کارگر گفته میشود تا یک توده آجررا جابجا کند، آنقدر هوشمند هست تا بداند برای اینکار باید از فرغون استفاده کند نهمثلا بیل!!! نکته دیگر تفاوت سطح هوشمندی افراد این جامعه است. مثلا هوشمندی لازمبرای فرد معمار با یک کارگر ساده متفاوت است.

در هوشمندی توده ای عناصر رفتاریتصادفی دارند و بین آن ها هیچ نوع ارتباط مستقیمی وجود ندارد و آنها تنها بصورت غیرمستقیم و با استفاده از نشانه ها با یکدیگر در تماس هستند. مثالی در این مورد رفتارموریانه ها در لانه سازیست.

جهت علاقه مند شدن شما به این رفتار موریانه ها وتفاوتهوشمندی توده ای و اجتماعی توضیحاتی را ارائه می دهم:

فرآیند ساخت لانه توسط موریانهها مورد توجه دانشمندی فرانسوی به نام گرس قرار گرفت. موریانه ها برای ساخت لانه سهفعالیت مشخص از خود بروز می دهند. در ابتدا صدها موریانه به صورت تصادفی به این طرفو آن طرف حرکت می کنند. هر موریانه به محض رسیدن به فضایی که کمی بالاتر از سطحزمین قرار دارد شروع به ترشح بزاق می کنند و خاک را به بزاق خود آغشته می کنند .بهاین ترتیب گلوله های کوچک خاکی با بزاق خود درست می کنند. علیرغم خصلت کاملا تصادفیاین رفتار، نتیجه تا حدی منظم است. در پایان این مرحله در منطقه ای محدود تپه هایبسیار کوچک مینیاتوری از این گلوله های خاکی آغشته به بزاق شکل می گیرد. پس از این،همه تپه های مینیاتوری باعث می شوند تا موریانه ها رفتار دیگری از خود بروز دهند . در واقع این تپه ها به صورت نوعی نشانه برای موریانه ها عمل می کنند. هر موریانه بهمحض رسیدن به این تپه ها با انرژی بسیار بالایی شروع به تولید گلوله های خاکی بابزاق خود می کند . این کار باعث تبدیل شدن تپه های مینیاتوری به نوعی ستون می شود .این رفتار ادامه می یابد تا زمانی که ارتفاع هر ستون به حد معینی برسد .در این صورتموریانه ها رفتار سومی از خود نشان می دهند. اگر در نزدیکی ستون فعلی ستون دیگیرینباشد بلافاصله آن ستون را رها می کنند در غیر این صورت یعنی در حالتی که در نزدیکیاین ستون تعداد قابل ملاحظه ای ستون دیگر باشد، موریانه ها شروع به وصل کردن ستونهاو ساختن لانه می کنند.

تفاوتهای هوشمندی اجتماعی انسان با هوشمندی توده ایموریانه را در همین رفتار ساخت لانه می توان مشاهده کرد. کارگران ساختمانی کاملا براساس یک طرح از پیش تعیین شده عمل می کنند، در حالی که رفتار اولیه موریانه هاکاملا تصادفی است. علاوه بر این ارتباط مابین کارگران سختمانی مستقیم و از طریقکلمات و ... است ولی بین موریانه ها هیچ نوع ارتباط مستقیمی وجود ندارد و آنها تنهابصورت غیر مستقیم و از طریق نشانه ها با یکدیگر در تماس اند. گرس نام این رفتار را *Stigmergie* گذاشت، به معنی رفتاری که هماهنگی مابین موجودات را تنهااز طریق تغییرات ایجاد شده در محیط ممکن می سازد

### مزیتهای *ACO*

همانطور که گفته شد «تبخیر شدن فرومون» و «احتمال-تصادف «به مورچه ها امکان پیدا کردن کوتاهترین مسیر را می دهند. این دو ویژگی باعث ایجادانعطاف در حل هرگونه مسئله بهینه سازی می شوند. مثلا در گراف شهرهای مسئله فروشندهدوره گرد، اگر یکی از یالها (یا گره ها) حذف شود الگوریتم این توانایی را دارد تابه سرعت مسیر بهینه را با توجه به شرایط جدید پیدا کند. به این ترتیب که اگر یال (یا گره ای) حذف شود دیگر لازم نیست که الگوریتم از ابتدا مسئله را حل کند بلکه ازجایی که مسئله حل شده تا محلحذف یال (یا گره) هنوز بهترین مسیر را داریم، از اینبه بعد مورچه ها می توانند پس از مدت کوتاهی مسیر بهینه(کوتاهترین) رابیابند.

### کاربردهای *ACO*

از کاربردهای *ACO* می توان به بهینه کردن هر مسئله ای که نیاز به یافتنکوتاهترین مسیر دارد ، اشاره نمود:

1. مسیر یابی داخل شهری و بین شهری
2. مسیر یابی بین پست های شبکه های توزیع برق ولتاژ بالا
3. مسیریابی شبکه های کامپیوتری

### 5- الگوریتم رقابت استعماری

(*Imperialist Competitive Algorithm - ICA*) روشی در حوزه محاسبات تکاملی است که به یافتن پاسخ بهینه مسائل مختلف بهینه سازی می‌پردازد. این الگوریتم با مدلسازی ریاضی فرایند تکامل اجتماعی - سیاسی، الگوریتمی برای حل مسائل ریاضی بهینه سازی ارائه می‌دهد. از لحاظ کاربرد، این الگوریتم در دسته الگوریتم های بهینه سازی تکاملی همچون الگوریتم های ژنتیک (*Genetic Algorithms*)، بهینه سازی انبوه ذرات ( *Particle Swarm Optimization*)، بهینه سازی کلونی مورچگان (*Ant Colony Optimization*)، تبرید فلزات شبیه سازی شده (*Simulated Annealing*) و ... قرار می گیرد. همانند همه الگوریتم های قرار

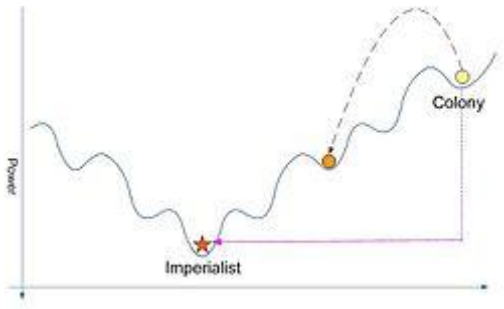
گرفتـه در ایـن دسـته، الگـوریتم رقابـت اسـتعماری نیـز مجموعـه اولیـه ای از جوابهـای احتمـالی را تشـکیل مـی دهـد. ایـن جوابهـای اولیـه در الگـوریتم ژنتیـک بـا عنـوان "کرومـوزوم"، در الگـوریتم ازدحـام ذرات بـا عنـوان "ذره" و در الگـوریتم رقابـت اسـتعماری نیـز بـا عنـوان "کشـور" شـناخته مـی شـوند. الگـوریتم رقابـت اسـتعماری بـا رونـد خاصـی کـه در ادامـه مـی آیـد، ایـن جوابهـای اولیـه (کشـور هـا) را بـه تـدریج بهبـود داده و در نهایـت جـواب مناسـب مسـئله بهینـه سـازی (کشـور مطلـوب) را در اختیار می گذارد.

پایـه‌هـای اصـلی ایـن الگـوریتم را *سیاسـت همسـان سـازی (Assimilation)*، *رقابـت اسـتعماری (Imperialistic Competition)* و *انقـلاب (Revolution)* تشـکیل مـی‌دهنـد. ایـن الگـوریتم بـا تقلیـد از رونـد تکامـل اجتمـاعی، اقتصـادی و سیاسـی کشـورها و بـا مدلسـازی ریاضـی بخشـهایی از ایـن فرایند، عملگرهـایی را در قالـب منظم بـه صـورت الگـوریتم ارائـه مـی‌دهـد کـه مـی‌تواننـد بـه حـل مسـائل پیچیـده بهینـه سـازی کمـک کننـد. در واقـع ایـن الگـوریتم جوابهـای مسـئله بهینـه سـازی را در قالـب کشـورها نگریسـته و سـعی مـی‌کنـد در طـی فراینـدی تکـرار شـونده ایـن جـواب‌هـا را رفتـه رفتـه بهبـود داده و در نهایت به جواب بهینه مسئله برساند.

امپریالیسـم، در لغـت بـه سیاسـت توسـعه قـدرت و نفـوذ یـک کشـور در حـوزه خـارج از قلمـرو شـناخته شـده بـرای آن، اطـلاق مـی‌شـود. یـک کشـور مـی‌توانـد کشـور دیگـر را بـه طـور قانونگـذاری مسـتقیم و یـا از طریـق روش‌هـای غیـر مسـتقیم، مثـل کنتـرل کالاهـا و مـواد خـام، کنتـرل کنـد. مـورد اخیـر اغلـب اسـتعمار نـو خوانـده مـی‌شـود. اسـتعمار یـک پدیـده ذاتـی در تـاریخ بـوده‌اسـت. اسـتعمار در مراحـل ابتـدایی، بـه صـورت نفـوذ سیاسـی‌نظـامی در کشـورها و بـه صـورت صـرف اسـتفاده از منـابع زمینـی، انسـانی و سیاسـی بـوده‌اسـت. بعضـی مواقـع نیـز اسـتعمار، بـه صـرف جلـوگیری از نفـوذ کشـور اسـتعمارگر رقیـب انجـام مـی‌شـد. بـه هـر حـال کشـورهای اسـتعمارگر رقابـت شـدیدی را بـرای بـه استعمار کشیدن مستعمرات همدیگر نشان می‌دادند.

مسـتقل از اثـرات و تبعـات مثبـت و منفـی آن، اسـتعمار بـه عنـوان یـک فراینـد ذاتـی در تـاریخ بشـر ایجـاد شـد، و در عـین وارد کـردن خسـارتهای جبـران ناپـذیر بـه زیربناهـای اساسـی یـک کشـور (خصوصـاً

زیربناهـای فرهنگـی) در بعضـی مـوارد اثـرات مثبتـی را نیـز بـرای کشـورها مسـتعمره داشـت. از دیـد بهینـه‌سـازی، اسـتعمار بعضـی از کشـورها را کـه در یـک دره معمـولی تمـدن قـرار داشـتند، خـارج کـرده و آنهـا را بـه یـک حـوزه مینـیمم دیگـر بـرد کـه در بعضـی مـوارد وضـعیت ایـن حـوزه مینـیمم بهتـر از موقعیـت قبلـی کشـور مسـتعمره بـود. امـا بـه هـر حـال ایـن حرکـت مسـتلزم پیشـروی مسـتعمره در راسـتای محورهـای مختلـف اقتصـادی و فرهنگـی بـه سـمت یـک امپریالیسـت قـویتر بـود، یعنـی از میـان رفـتن بعضـی از سـاختارهای فرهنگـی و اجتمـاعی. شـکل زیـر حرکـت یـک مسـتعمره بـه سـمت اسـتعمارگر قـوی را نشـان مـی دهـد. ایـن رونـد در الگـوریتم رقابـت اسـتعماری در قالـب سیاسـت جـذب مدلسـازی می شود.




شکل(2-6) حرکت یک کشور مستعمره به سمت استعمار گر

هماننـد دیگـر الگـوریتم‌هـای تکـاملی، ایـن الگـوریتم، نیـز بـا تعـدادی جمعیـت اولیـه تصـادفی کـه هـر کـدام از آنهـا یـک «کشـور» نامیـده مـی‌شـوند؛ شـروع مـی‌شـود. تعـدادی از بهتـرین عناصـر جمعیـت (معـادل نخبـه‌هـا در الگـوریتم ژنتیـک) بـه عنـوان امپریالیسـت انتخـاب مـی‌شـوند. باقیمانـده جمعیـت نیـز بـه عنـوان مسـتعمره، در نظـر گرفتـه مـی‌شـوند. اسـتعمارگران بسـته بـه قدرتشـان، ایـن مسـتعمرات را بـا یـک رونـد خـاص کـه در ادامـه مـی‌آیـد؛ بـه سـمت خـود مـی‌کشـند. قـدرت کـل هـر امپراطـوری، بـه هـر دو بخـش تشـکیل دهنـده آن یعنـی کشـور امپریالیسـت (بـه عنـوان هسـته مرکـزی) و مسـتعمرات آن، بسـتگی دارد. در حالـت ریاضـی، ایـن وابسـتگی بـا تعریـف قـدرت امپراطـوری بـه صـورت مجـوع قـدرت کشـور امپریالیسـت، بـه اضـافه در صـدی از میـانگین قـدرت مسـتعمرات آن، مـدل شـده‌اسـت. بـا

شکل‌گیری امپراطوری‌های اولیه، رقابت امپریالیستی میان آن‌ها شروع می‌شود. هر امپراطوری‌ای که نتواند در رقابت استعماری، موفق عمل کرده و بر قدرت خود بیفزاید (و یا حداقل از کاهش نفوذش جلوگیری کند)، از صحنه رقابت استعماری، حذف خواهد شد. بنابراین بقای یک امپراطوری، وابسته به قدرت آن در جذب مستعمرات امپراطوری‌های رقیب، و به سیطره در آوردن آنها خواهد بود. در نتیجه، در جریان رقابت‌های امپریالیستی، به تدریج بر قدرت امپراطوری‌های بزرگتر افزوده شده و امپراطوری‌های ضعیف‌تر، حذف خواهند شد. امپراطوری‌ها برای افزایش قدرت خود، مجبور خواهند شد تا مستعمرات خود را نیز پیشرفت دهند.

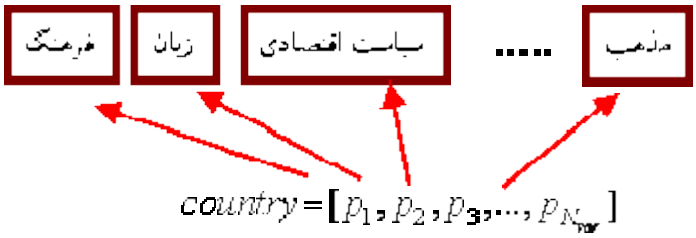
به طور خلاصه این الگوریتم به استعمار به عنوان جزئی لاینفک از سیر تکامل تاریخی انسان نگریسته شده و از چگونگی اثرگذاری آن بر کشورهای استعمارگر و مستعمره و نیز کل تاریخ، به عنوان منبع الهام یک الگوریتم کارا و نو در زمینه محاسبات تکاملی استفاده شده‌است.

## شکل دهی امپراطوری‌های اولیه

در بهینه‌سازی، هدف یافتن یک جواب بهینه بر حسب متغیرهای مسئله، است. ما یک آرایه از متغیرهای مسئله را که باید بهینه شوند، ایجاد می‌کنیم. در الگوریتم ژنتیک این آرایه، کروموزوم نامیده می‌شود. در اینجا نیز آن را یک کشور می‌نامیم. در یک مسئلهٔ بهینه‌سازی $N_{var}$ بعدی، یک کشور، یک آرایه به طول $1 * N_{var}$ است. این آرایه به صورت زیر تعریف می‌شود.

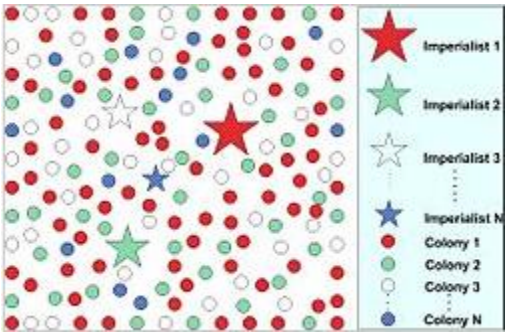
$$country = [p_1, p_2, ..., p_{Nvar}]$$

مقادیر متغیره‌ها در یک کشور، به صورت اعداد اعشاری نمایش داده می‌شوند. از دیدگاه تاریخی‌فرهنگی، اجزای تشکیل دهنده یک کشور را می‌توان ویژگی‌های اجتماعی–سیاسی آن کشور، همچون فرهنگ، زبان، ساختار اقتصادی و سایر ویژگی‌ها در نظر گرفت. شکل زیر نحوه تناظر متغیر های بهینه سازی مسئله با ویژگی های اجتماعی سیاسی را نشان می دهد.




شکل(2-7) تناظر متغیر های بهینه سازی مسئله با ویژگی های اجتماعی سیاسی

برای شروع الگوریتم، تعداد $N_{country}$ کشور اولیه را ایجاد می‌کنیم. تا $N_{imp}$ از بهترین اعضای این جمعیت (کشورهای دارای کمترین مقدار تابع هزینه) را به عنوان امپریالیست انتخاب می‌کنیم. باقیمانده $N_{col}$ تا از کشورها، مستعمراتی را تشکیل می‌دهند که هرکدام به یک امپراطوری تعلق دارند. برای تقسیم مستعمرات اولیه بین امپریالست‌ها، به هر امپریالیست، تعدادی از مستعمرات را که این تعداد، متناسب با قدرت آن است، می‌دهیم. در شکل زیر نحوه تقسیم مستعمرات، میان کشورهای استعمارگر به صورت نمادین نشان داده شده است.




شکل(2-8) نحوه تقسیم مستعمرات، میان کشورهای استعمارگر

### سیاست جذب: حرکت مستعمره‌ها به سمت امپریالیست

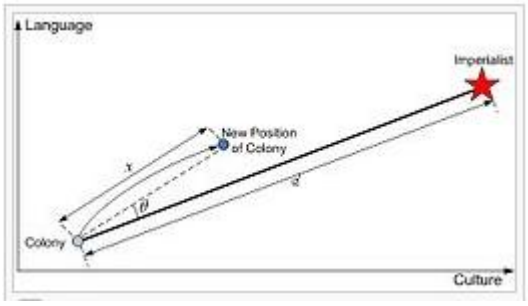
سیاست همگون‌سازی (جذب) با هدف تحلیل فرهنگ و ساختار اجتماعی مستعمرات در فرهنگ حکومت مرکزی انجام می‌گرفت. همانگونه که قبلاً نیز بیان شد، کشورهای استعمارگر، برای افزایش نفوذ خود، شروع به ایجاد عمران (ایجاد زیرساخت‌های حمل و نقل، تاسیس دانشگاه و ...) کردند. به عنوان مثال کشورهایی نظیر انگلیس و فرانسه با تعقیب سیاست همگون‌سازی در مستعمرات خود در فکر ایجاد انگیس نو و فرانسه نو در مستعمرات خویش بودند. با در نظر

گرفتن شیوه نمایش یک کشور در حل مسئله بهینه‌سازی، در حقیقت این حکومت مرکزی با اعمال سیاست جذب سعی داشت تا کشور مستعمره را در راستای ابعاد مختلف اجتماعی سیاسی به خود نزدیک کند. این بخش از فرایند استعمار در الگوریتم بهینه‌سازی، به صورت حرکت مستعمرات به سمت کشور امپریالیست، مدل شده‌است

در راستای این سیاست، کشور مستعمره (*Colony*)، به اندازه $x$ واحد در جهت خط واصل مستعمره به استعمارگر (*Imperialist*)، حرکت کرده و به موقعیت جدید (*New Position of Colony*)، کشانده می‌شود. $x$ عددی تصادفی با توزیع یکنواخت (و یا هر توزیع مناسب دیگر) می‌باشد. اگر فاصله میان استعمارگر و مستعمره با $d$ نشان داده شود، معمولاً برای $d$ داریم.

$$x \sim U(0,\beta * d)$$

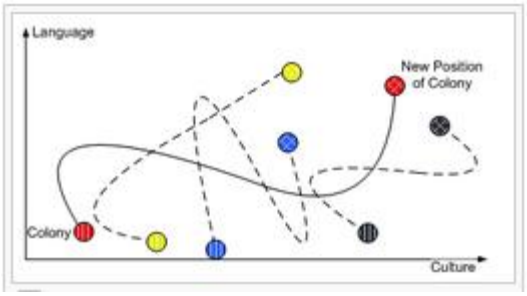
که در آن $\beta$ عددی بزرگتر از یک و نزدیک به 2 می‌باشد. یک انتخاب مناسب می‌تواند $2\beta =$ باشد. وجود ضریب $1\beta \geq$ باعث می‌شود تا کشور مستعمره در حین حرکت به سمت کشور استعمارگر، از جهت‌های مختلف به آن نزدیک شود. همچنین در کنار این حرکت، یک انحراف زاویه‌ای کوچک نیز با توزیع یکنواخت به مسیر حرکت افزوده می‌شود. یک نمای گرافیکی از اعمال سیاست جذب در الگوریتم رقابت استعماری در صفحه دو بعدی در زیر نشان داده شده است.




شکل (2-9) اعمال سیاست جذب در الگوریتم رقابت استعماری

### انقلاب؛ تغییرات ناگهانی در موقعیت یک کشور

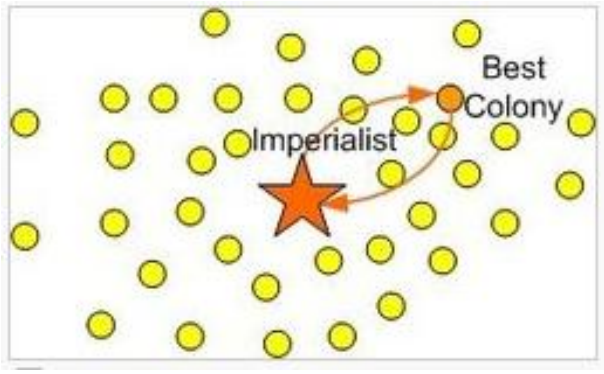
بروز انقلاب تغییرات ناگهانی را در ویژگی های اجتماعی سیاسی یک کشور ایجاد می کند. در الگوریتم رقابت استعماری، انقلاب با جابجایی تصادفی یک کشور مستعمره به یک موقعیت تصادفی جدید مدلسازی می شود. انقلاب از دیدگاه الگوریتمی باعث می شود کلیت حرکت تکاملی از گیر کردن در دره های محلی بهینگی نجات یابد که در بعضی موارد باعث بهبود موقعیت یک کشور شده و آن را به یک محدوده بهینگی بهتری می برد.




شکل(2-10) اعمال سیاست انقلاب

### جابجایی موقعیت مستعمره و امپریالیست

در حین حرکت مستعمرات به سمت کشور استعمارگر، ممکن بعضی از این مستعمرات به موقعیتی بهتر از امپریالیست برسند (به نقاطی در تابع هزینه برسند که هزینه کمتری را نسبت به مقدار تابع هزینه در موقعیت امپریالیست، تولید می‌کنند.) در این حالت، کشور استعمارگر و کشور مستعمره، جای خود را با همدیگر عوض کرده و الگوریتم با کشور استعمارگر در موقعیت جدید ادامه یافته و این این بار این کشور امپریالیست جدید است که شروع به اعمال سیاست همگون‌سازی بر مستعمرات خود می‌کند. نحوه جابجایی موقعیت مستعمره و استعمارگر در شکل زیر نشان داده شده است.

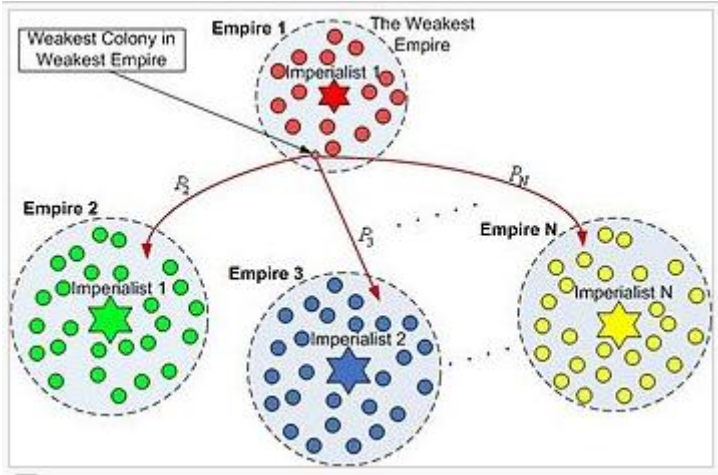



شکل(2-11) جابجایی موقعیت مستعمره و استعمارگر

## رقابت استعماری

قدرت یک امپراطوری به صورت قدرت کشور استعمارگر، به اضافه درصدی از قدرت کل مستعمرات آن تعریف می‌شود.

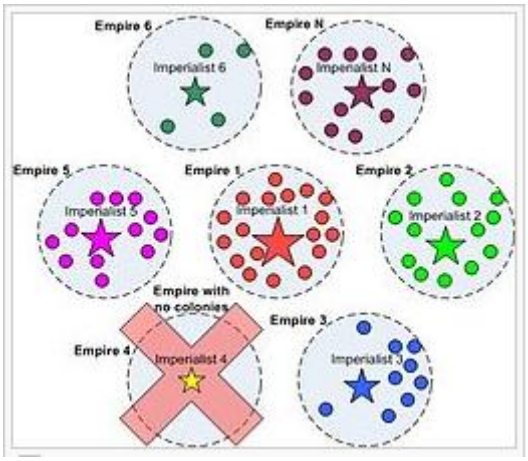
هر امپراطوری‌ای که نتواند بر قدرت خود بیفزاید و قدرت رقابت خود را از دست بدهد، در جریان رقابت‌های امپریالیستی، حذف خواهد شد. این حذف شدن، به صورت تدریجی صورت می‌پذیرد. بدین معنی که به مرور زمان، امپراطوری‌های ضعیف، مستعمرات خود را از دست داده و امپراطوری‌های قویتر، این مستعمرات را تصاحب کرده و بر قدرت خویش می‌افزایند. در الگوریتم رقابت استعماری، امپراطوری در حال حذف، ضعیف‌ترین امپراطوری موجود است. بدین ترتیب، در تکرار الگوریتم، یکی یا چند مورد از ضعیف‌ترین مستعمرات ضعیف‌ترین امپراطوری را برداشته و برای تصاحب این مستعمرات، رقابتی را میان کلیه امپراطوری‌ها ایجاد می‌کنیم. مستعمرات مذکور، لزوماً توسط قویترین امپراطوری، تصاحب نخواهند شد، بلکه امپراطوری‌های قویتر، احتمال تصاحب بیشتری دارند. رقابت استعماری میان چندین استعمار گر برای جذب مستعمرات همدیگر در شکل زیر به خوبی نشان داده شده است.




شکل(2-12) رقابت استعماری میان چندین استعمارگر

## سقوط امپراطوری‌های ضعیف

در جریان رقابت‌های امپریالیستی، خواه ناخواه، امپراطوریهای ضعیف به تدریج سقوط کرده و مستعمراتشان به دست امپراطوری‌های قوی‌تر می‌افتد. شروط متفاوتی را می‌توان برای سقوط یک امپراطوری در نظر گرفت. در الگوریتم پیشنهاد شده، یک امپراطوری زمانی حذف شده تلقی می‌شود که مستعمرات خود را از دست داده باشد. شکل زیر یک نمای کلی از سقوط امپراطوری ها در روند چرخه الگوریتم، ارائه می دهد.



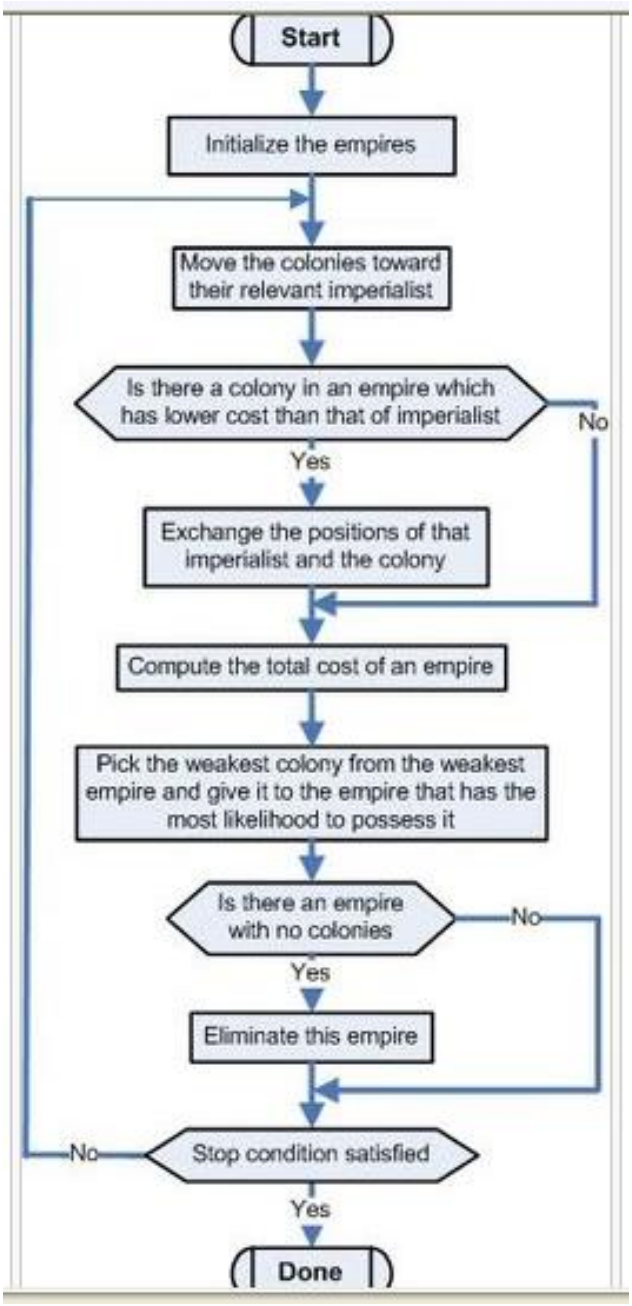

شکل(2-13) سقوط امپراطوری ها در روند چرخه الگوریتم رقابت استعماری

**شبه کد**

مراحل ذکر شده در بالا را می‌توان به صورت شبه کد ریز خلاصه کرد.

1. چند نقطه تصادفی روی تابع انتخاب کرده و امپراطوری‌های اولیه را تشکیل بده.
2. مستعمرات را به سمت کشور امپریالیست حرکت بده (سیاست همسان‌سازی یا جذب).
3. عملگر انقلاب (*Revolution*) را اعمال کن.
4. اگر مستعمره‌ای در یک امپراطوری، وجود داشته باشد که هزینه‌ای کمتر از امپریالیست داشته باشد؛ جای مستعمره و امپریالیست را با هم عوض کن.
5. هزینهٔ کل یک امپراطوری را حساب کن (با در نظر گرفتن هزینهٔ امپریالیست و مستعمراتشان).
6. یک (یا چند) ستعمره از ضعیف‌ترین امپراطوری انتخاب کرده و آن را به امپراطوری‌ای که بیشترین احتمال تصاحب را دارد، بده.
7. امپراطوری‌های ضعیف را حذف کن.
8. اگر تنها یک امپراطوری باقی مانده باشد، توقف کن وگرنه به 2 برو.

روند کامل الگوریتم رقابت استعماری را می توان با فلوچارت زیر نشان داد. نکته قابل توجه این است که در این فلوچارت، بخش انقلاب نشان داده نشده است که باید به مرحله مناسب خود اعمال گردد.




شکل(2-14) فلوچارت الگوریتم رقابت استعماری

## کاربردها

در حالت کلی الگوریتم رقابت استعماری به هر نوع مسئله بهینه سازی بدون هیچ محدودیتی قابل اعمال است. همین موضوع باعث شده‌است تا از این الگوریتم در حل مسائل بسیاری در حوزه مهندسی برق، مکانیک، صنایع، مدیریت، عمران، هوش مصنوعی و غیره استفاده شود. به عنوان مثال از این الگوریتم با موفقیت در حل مسائل عملی بهینه سازی زیر استفاده شده‌است.

- طراحی بهینه کنترل کننده برای سیستمهای صنعتی همچون سیستم چند ورودی - چند خروجی تبرید و صنعتی ستون تقطیر
- طراحی بهینه سیستم‌های پیشنهاد دهی هوشمند
- طراحی بهینه آنتن‌های آرایه‌ای
- حل مسائل برنامه ریزی تولید در حوزه مهندسی صنایع و مدیریت
- یادگیری و تحلیل شبکه‌های عصبی مصنوعی
- طراحی بهینه موتورهای القای خطی
- طراحی استراتژی بهینه در نظریه بازیها برای رسیدن به نقطه تعادل نش
- طراحی بهینه کنترل کننده‌های فازی
- انتخاب و بهینه سازی سبد سهام
- طراحی و بهینه سازی ترمودینامیکی مبدل های حرارتی صفحه و پوسته

6- *PSO* (در فصل 3 به طور کامل توضیح داده شده است.)

7- و...

# فصل سوم

# Particle Swarm Optimitation(PSO)

**مقدمه**

فرض کنید شما و گروهی از دوستانتان به دنبال گنج می‌گردید. هر یک از اعضای گروه یک فلزیاب و یک بی‌سیم دارد که می‌تواند مکان و وضعیت کار خود را به همسایگان نزدیک خود اطلاع بدهد. بنابراین شما می‌دانید آیا همسایگانتان از شما به گنج نزدیکترند یا نه؟ پس اگر همسایه‌ای به گنج نزدیکتر بود شما می‌توانید به طرف او حرکت کنید. با چنین کاری شانس شما برای رسیدن به گنج بیشتر می‌شود و همچنین گنج زودتر از زمانی که شما تنها باشید، پیدا می‌شود.

این یک مثال ساده از رفتار جمعی یا *Swarm behavior* است که افراد برای رسیدن به یک هدف نهایی همکاری می‌کنند. این روش مؤثرتر از زمانی است که افراد جداگانه عمل کنند. *Swarm* را می‌توان به صورت مجموعه‌ای سازمان یافته از موجوداتی تعریف کرد که با یکدیگر همکاری می‌کنند. در کاربردهای محاسباتی *Swarm intelligence* از موجوداتی مانند مورچه‌ها، زنبورها، موریانه‌ها، دسته‌های ماهیان و دسته‌ی پرندگان الگو برداری می‌شود. در این نوع اجتماعات هر یک از موجودات ساختار نسبتاً ساده‌ای دارند ولی رفتار جمعی آنها بی‌نهایت پیچیده است. برای مثال در کولونی مورچه‌ها هر یک از مورچه‌ها یک کار ساده‌ی مخصوص را انجام می‌دهد ولی به طور جمعی عمل و رفتار مورچه‌ها، ساختن بهینه‌ی لایه، محافظت ازملکه و نوزادان، تمیز کردن لانه، یافتن بهترین منابع غذایی و بهینه‌سازی استراتژی حمله را تضمین می‌کند. رفتار کلی، یک *Swarm* به صورت غیر خطی از آمیزش رفتارهای تک‌تک اجتماع بدست می‌آید. یا به عبارتی یک رابطه‌ی بسیار پیچیده بین رفتار جمعی و رفتار فردی یک اجتماع وجود دارد. رفتار جمعی فقط وابسته به رفتار فردی افراد اجتماع نیست بلکه به چگونگی تعامل میان افراد نیز وابسته است. تعامل بین افراد، تجربه‌ی افراد درباره‌ی محیط را افزایش می‌دهد و موجب پیشرفت اجتماع می‌شود. ساختار اجتماعی *Swarm* بین افراد مجموعه کانالهای ارتباطی ایجاد می‌کند که طی آن افراد می‌توانند به تبادل تجربه‌های شخصی بپردازند، مدل‌سازی محاسباتی *Swarm*ها کاربردهای موفق و بسیاری را در پی داشته است مانند:

*scheduling, structural ,Function optimization, Finding optimal roots optimization, Image and data analysis*

کاربردهای زیادی از مطالعه‌ی *Swarm*های مختلف وجود دارد. از این دسته می‌توان به کولونی مورچه‌ها (*Ant Colony*) و دسته‌ی پرندگان (*Bird Flocks*) اشاره نمود.

### *Particle Swarm Optimitation(PSO)*

الگوریتم *PSO* یک الگوریتم جستجوی اجتماعی است که از روی رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان مدل شده است. در ابتدا این الگوریتم به منظور کشف الگوهای حاکم بر پرواز همزمان پرندگان و تغییر ناگهانی مسیر آنها و تغییر شکل بهینه‌ی دسته به کار گرفته شد. در *PSO*، *particle*ها در فضای جستجو جاری می‌شوند. تغییر مکان *particle*ها در فضای جستجو تحت تأثیر تجربه و دانش خودشان و همسایگانشان است. بنابراین موقعیت دیگر *particle*های *Swarm* روی چگونگی جستجوی یک *particle* اثر می‌گذارد. نتیجه‌ی مدل‌سازی این رفتار اجتماعی فرایند جستجویی است که *particle*ها به سمت نواحی موفق میل می‌کنند. *Particle*ها در *Swarm* از یکدیگر می‌آموزند و بر مبنای دانش بدست آمده به سمت بهترین همسایگان خود می‌روند.

ایده *Particle Swarm Optimization*، برای اولین بار توسط کندی و ابرهارت در سال 1995 مطرح شد. *PSO*، یک الگوریتم محاسبه ای تکاملی الهام گرفته از طبیعت و براساس تکرار می‌باشد. منبع الهام این الگوریتم، رفتار اجتماعی حیوانات، همانند حرکت دسته جمعی پرندگان و ماهی‌ها بود. از این جهت که *PSO* نیز با یک ماتریس جمعیت تصادفی اولیه، شروع می‌شود، شبیه بسیاری دیگر از الگوریتم های تکاملی همچون الگوریتم ژنتیک پیوسته و الگوریتم رقابت استعماری است. برخلاف الگوریتم ژنتیک ، *PSO* هیچ عملگر تکاملی همانند جهش و تزویج ندارد. از این جهت می شود گفت که الگوریتم رقابت استعماری شباهت بیشتری به *PSO* دارد تا به *GA*. هر عنصر جمعیت، یک ذره نامیده می‌شود (که همان معادل کروموزوم در *GA* و یا کشور

در الگـوریتم رقابـت اسـتعماری) اسـت. در واقـع الگـوریتم *PSO* از تعـداد مشخصـی از ذرات تشـکیل مـی-شـود کـه بـه طـور تصـادفی، مقـدار اولیـه مـی گیرنـد. بـرای هـر ذره دو مقـدار وضـعیت و سـرعت، تعریـف مـی شـود کـه بـه ترتیـب بـا یـک بـردار مکـان و یـک بـردار سـرعت، مـدل مـی‌شـوند. ایـن ذرات، بصـورت تکرارشـونده ای در فضـای $n$ـبعـدی مسـئله حرکـت مـی کننـد تـا بـا محاسـبهٔ مقـدار بهینگـی بـه عنـوان یـک مـلاک سـنجش، گزینـه‌هـای ممکـن جدیـد را جسـتجو کننـد. بُعـد فضـای مسـئله، برابـر تعـداد پارامترهـای موجـود در تـابع مـورد نظـر بـرای بهینـه سـازی مـی باشـد. یـک حافظـه بـه ذخیـرهٔ بهتـرین موقعیـت هـر ذره در گذشـته و یـک حافظـه بـه ذخیـرهٔ بهتـرین موقعیـت پـیش آمـده در میـان همـهٔ ذرات، اختصـاص مـی‌یابـد. بـا تجربـهٔ حاصـل از ایـن حافظـه هـا, ذرات تصـمیم مـی گیرنـد کـه در نوبـت بعـدی، چگونـه حرکـت کننـد. در هـر بـار تکـرار، همـهٔ ذرات در فضـای $n$ بعـدی مسـئله حرکـت مـی¬کننـد تـا بـالاخره نقطـهٔ بهینـهٔ عـام، پیـدا شـود. ذرات، سـرعت‌هایشـان و موقعیـت‌شـان را بـر حسـب بهترین جواب‌های مطلق و محلی به‌روز می‌کنند. یعنی

$$v_{m,n}^{new} = v_{m,n}^{old}\Gamma_1 \times r_1 \times \left(p_{m,n}^{local\ best} - p_{m,n}^{old}\right)\Gamma_2 \times r_2 \times \left(p_{m,n}^{global\ best} - p_{m,n}^{old}\right)$$
$$p_{m,n}^{new} = p_{m,n}^{old}\ v_{m,n}^{new}$$

که در آن

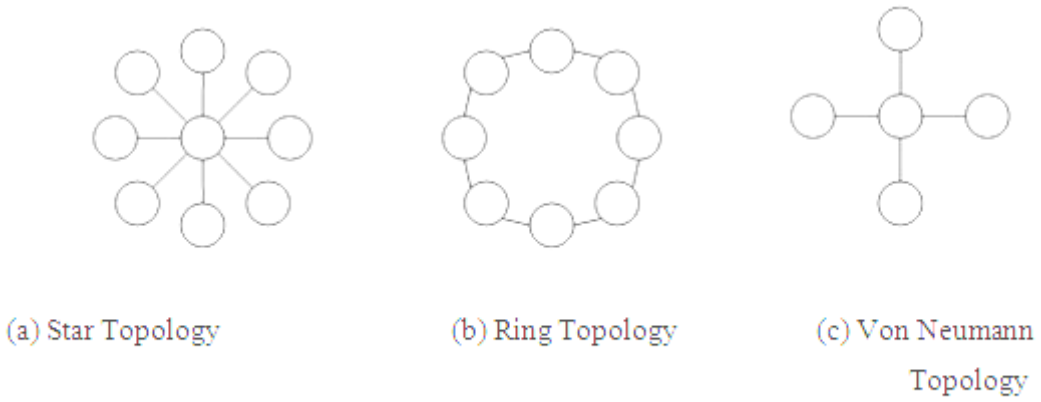
- $v_{m,n}$ ، سرعت ذره
- $p_{m,n}$ ، متغیرهای ذره
- $r_1, r_2$ ، اعداد تصادفی مستقل با توزیع یکنواخت
- $\Gamma_1$و$\Gamma_2$ ، فاکتورهای یادگیری
- $p_{m,n}^{local\ best}$، بهترین جواب محلی
- $p_{m,n}^{global\ best}$ ، بهترین جواب مطلق

مـی‌باشـند. الگـوریتم *PSO*، بـردار سـرعت هـر ذره را بـه‌روز کـرده و سـپس مقـدار سـرعت جدیـد را بـه موقعیـت و یـا مقـدار ذره مـی‌افزایـد. بـه‌روز کـردن‌هـای سـرعت، تحـت تـأثیر هـر دو مقـدار بهتـرین

جواب محلی و بهترین جواب مطلق قرار می‌گیرند. بهترین جواب محلی و بهترین جواب مطلق، بهترین جوابهایی هستند که تا لحظه‌ی جاری اجرای الگوریتم، به ترتیب توسط یک ذره و در کل جمعیت به دست آمده‌اند. ثابت‌های $\Gamma_1$ و $\Gamma_2$ به ترتیب، پارامتر ادراکی و پارامتر اجتماعی نامیده می‌شوند. مزیت اصلی *PSO* این است که پیاده‌سازی این الگوریتم ساده بوده و نیاز به تعیین پارامترهای کمی دارد. همچنین *PSO* قادر به بهینه‌سازی توابع هزینه‌ی پیچیده با تعداد زیاد مینیمم محلی است.

## توپولوژی های همسایگی *PSO*

دو نوع عمومی توپولوژی های همسایگی توپولوژی *star*یا *wheel*و *ring* یا *circle* می باشد. در توپولوژی *star*یک ذره به عنوان *hub*(مرکز)انتخاب می شود و دیگر ذره های گروه به هسته مرکزی متصل می شوند.در توپولوژی *ring*ذره ها مانند یک حلقه مرتب شده اند. هر ذره تعدادی ذره دیگر در سمت چپ و راست در همسایگی خود دارد. یک مدل جدید *PSO*که به تازگی مورد استفاده قرار گرفته مدل توپولوژی *Von Neumann*می باشد. در این مدل ذره ها با استفاده از شبکه *grid*به یکدیگر متصل می باشند. (ذره ها در بالا پایین ، چپ و راست قرار گرفته اند). در شکل زیر انواع توپولوژیها نشان داده شده است:




شکل (3-1) انواع توپولوژی های همسایگی در *PSO*

انتخاب توپولوژی همسایگی تاثیر زیادی بر روی انتشار بهترین راه حل پیدا شده توسط گروه را می تواند داشته باشد. با استفاده از مدل *gbest* انتشار سریعتری خواهیم داشت. استفاده از توپولوژیهای *Ring*و *Von eumann* سرعت همگرایی پایینی را دارد زیرا بهترین راه حل پیدا شده برای انتشار از طریق چندین همسایگی قبل از تاثیر همه ذره های گروه می باشد. این انتشار پایین قادر خواهد بود ذره هایی را مناطق مختلف مورد جستجو استخراج کند.

نوع دیگری از *PSO*برای جستجو در فضای باینری، مدل باینری *PSO*می باشد. در این نوع مدل اجزای ان دارای مقادیر 1 و 0 می باشد.

در هر صورت *PSO*و دیگر الگوریتم های جستجوی احتمالی دارای دو اشکال عمده هستند.اول اینکه ممکن است دسته ها به موقع همگرا نشوند. اگر چه *PSO*بهترین راه حل را با سرعت زیاد به نسبت دیگر الگوریتم های تکاملی پیدا میکند اما معمولا نمی تواند کیفیت راه حلهایی که تعداد تکرارشان افزوده می شوند را بهبود ببخشد. دومین مشکلی که روشهای احتمالی با ان مواجه هستند مشکل وابسته به اجرا می باشد. این وابستگی معمولا در نتیجه تنظیمات پارامترهای هر الگوریتم می باشد. بنابراین با استفاده از تنظیمات پارامترهای مختلف برای هر الگوریتم نتایج اجرای مختلفی بدست می آید. بطور کلی هیچ تنظیم پارامتر واحدی برای این مشکل وجود ندارد. یک راه حل برای این مشکل استفاده از پارامترهای انطباق پذیر می باشد. در این الگوریتم پیشنهادی پارامترها بر اساس فیدبکی که از پردازش جستجو داشته اند تنظیم میشوند. این روش بروی الگوریتم ها *GA*نیز بطور موفقیت امیزی اجرا شده است. مشکل وابستگی به اجرا می تواند از طریق هیبرید شدگی یا *hybridization* ادرس دهی شود. هیبرید شدگی اشاره به ترکیب روشهای مختلف برای اینکه بتوان از مزیتهای هر روش استفاده کرد را میکند.این روش بطور موفقیت امیزی بر روی روش *PSO*اجرا شده است.

برای پیدا کردن بهترین ذره در *PSO*نوعی از ان بنام *GCPSO*( *Convergence PSOGuaranteed*) تولید شده. این روش عموما اجرا و عملکرد بهتری نسبت به روش *PSO*برای محک روشهای پیشرو دارد. در هر صورت اگر چه این روش سرعت بالایی دارد اما

ممکـــن اســـت کـــه در تلـــه *local optima* بیفتـــد. نـــوع گســـترش یافتـــه مـــدل *GCPSO* روش *MPSO*(*Multi-start*) می باشد که بر اساس یک الگوریتم جستجو عمومی ساخته شده است.

**مزیت اصـلی** *PSO* ایـن اسـت کـه پیـاده سـازی ایـن الگـوریتم سـاده بـوده و نیـاز بـه تعیـین پـارامترهـای کمی دارد. همچنین *PSO* قادر به بهینه سازی توابع هزینه پیچیده باتعداد زیاد مینیمم محلی است.

## تاریخچه خوشه بندی

داده و الگـو یکـی از شـاخص هـای بسـیار مهـم در دنیـای اطلاعـات هسـتند . خوشـه بنـدییکی از بهتـرین روش هـایی اسـت کـه بـرای کاربـا داده هـا ارائـه شـده . قابلیـت ان در ورود بـه فضـای داده و تشـخیص سـاختار آن هـا، خوشـه بنـدی را یکـی ازایـده ال تـرین مکـانیزم هـا بـرای کـار بـا دنیـای عظـیم داده هـا کـرده اسـت . اولـین بارایـده ی ان دردهـه 1935 ارائـه شـد و امـروزه بـا پیشـرفت هـا وجهـش هـای عظیمـی کـه دران پدیـد امـده ، خوشـه بنـدی درکاربردهـا و جنبـه هـای مختلفـی حضـور یافتـه است.

## تعریف خوشه بندی

الگـوریتم هـای خوشـه بنـدی اشـیای داده ای (طـرح هـا ، نهادهـا، نمونـه هـا، مشـاهدات، واحـدها) را داخـل تعـداد خاصـی از خوشـه هـا (گـروه هـا، زیرمجموعـه هـا یـا مقولـه هـا) تفکیـک مـی کننـد. امـا عموماً تـوافقی بـر تعریـف مختصـر فـوق از اصـطلاح خوشـه بنـدی وجـود نـدارد. اوریـت بیـان مـی کنـد کـه "تعریـف رسـمی خوشـه بنـدی نـه تنهـا متفـاوت اسـت بلکـه حتـی ممکـن اسـت نادرسـت بـه کـار رود. "علـی رغـم ایـن مشـکل چنـدین تعریـف قابـل اسـتفاده هنوزدردسـترس اسـت آنچنـان کـه اوریـت درزیرخلاصه کرده وتوضیح داده است :

"خوشـه بنـدی مجموعـه ای از نهادهـای مشـابه اسـت ، ولـی نهادهـای خوشـه هـای مختلـف شـبیه هـم نیستند."

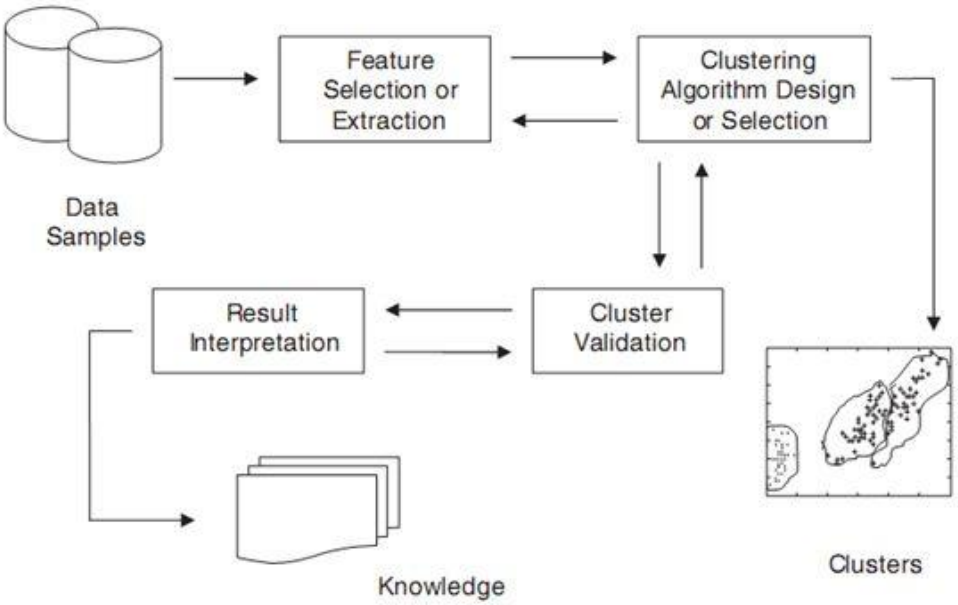
خوشه بندی " انبوهی از نقاط در فضای آزمایش است طوری که فاصله بین هردو نقطه در خوشه کمتر از فاصله بین هر نقطه درخوشه بندی و هر نقطه که در آن نیست می باشد . "

"خوشه ها ممکن است با نواحی پیوسته این فضا (فضای ترکیبی $d$بعدی ) شامل یک تراکم نسبتاً زیاد نقطه که از نواحی دیگر به وسیله نواحی شامل تراکم نسبتاً کم نقطه جدا شده اند توصیف شوند."

به طورواضح خوشه دراین تعاریف به اصطلاح هم جنسی درونی وجدا کننده بیرونی توصیف می شود یعنی اشیای داده ای دریک خوشه باید به یکدیگرشبیه باشند درحالی که اشیای داده ای درخوشه های متفاوت می بایست با دیگری غیرمشابه باشند.

## تحلیل خوشه بندی

شکل زیر رویه تحلیل خوشه بندی با چهارمرحله اساسی را شرح می دهد :




شکل(3-2) رویه خوشه بندی

1- انتخاب یا استخراج طرح ؛ همان طور که جین[1] و بیشاپ[2] (1995) اشاره کرده اند انتخاب طرح ، خصوصیات متمایز را از مجموعه کاندیدا انتخاب می کند درحالی که استخراج طرح بعضی تبدیلات را به کارمی گیرد تا خصوصیات سودمند وجدید را از خصوصیات اصلی تولید کند . واضح است که استخراج طرح بالقوه قادر به تولید خصوصیاتی است که بتوانند کاربرد بهتری در اشکار کردن ساختار داده داشته باشند . هر چند استخراج طرح ممکن است خصوصیاتی را تولید کند که طبیعتاً قابل تفسیر نیستند درحالی که انتخاب طرح نگه داری معنی طبیعی و اصلی خصوصیات انتخابی را تضمین می کند. در نوشته ها بعضی اوقات این دو اصطلاح به جای هم بدون شناخت بیشتر تفاوت استفاده می شوند . هم انتخاب وهم استخراج طرح درتأثیرکاربردهای خوشه بندی خیلی مهم هستند . انتخاب برازنده درست یا تولید خصوصیات برجسته می تواند هزینه اندازه گیری و احتیاجات ذخیره سازی را خیلی کم کند، پروسه طراحی بعدی را ساده کند ، و به فهم و درک داده کمک کند . معمولاً خصوصیات ایده ال باید در الگوهای متمایز متعلق به خوشه های متفاوت استفاده شوند ، از پارازیت مصون بمانند و راحت فراهم و تفسیرشوند .

انتخاب طرح اغلب در زمینه طبقه بندی نظارت شده با برچسب های دسته ای در دسترس است واستفاده می شود . جین (2000) ، لیو و یو[3] (2005) و تئودوریدز و کوترومباس[4] (2006) بازبینی های خوب تکنیک های انتخاب طرح را برای یادگیری نظارت شده فراهم کرده اند . یک روش انتخاب طرح و خوشه بندی همزمان تحت چارچوب مدل های ترکیبی متناهی در سال 2004 در قانون مطرح شد . کیم[5] درسال 2000 الگوریتم ژنتیک را برای انتخاب طرح در یک الگوریتم*k-means* به کار گرفت . میترا[6] درسال 2002 راهنمای مختصر با حداکثراطلاعات را برای تشابه طرح اندازه گیری وفراوانی طرح ازمون معرفی نمود.

---

1. *Jain*
2. *Bishop*
3.. *Liu & Yu*
4. *Theodoridis & Koutroumbas*
5. kim
6. Mitra

2- طراحی یا انتخاب الگوریتم خوشه بندی ؛ این مرحله معمولاً شامل تعیین اندازه گیری نزدیکی مناسب و ساختن یک تابع معیار است . ذاتاً اشیای داده ای در خوشه های متفاوت مطابق با این که ایا با دیگری مشابه هستند یا نه ، گروه بندی می شوند . تقریباً همه الگوریتم های خوشه بندی به طوروواضح و مطلق به تعریف کم و بیش خاص اندازه گیری نزدیکی مربوطند . حتی بعضی الگوریتم ها مستقیماً روی ماتریس نزدیکی کار می کنند . همین که یک مقیاس نزدیکی تعیین می شود، خوشه بندی می تواند به عنوان یک مسئله بهینه سازی با یک تابع معیار خاص استنباط گردد . پس خوشه های به دست امده وابسته به انتخاب تابع معیار می باشند . درونی بودن تحلیل خوشه بندی گریزناپذیر است .

نزدیکی تعمیم عدم تجانس وشباهت است . تابع عدم تجانس یا فاصله روی مجموعه داده $X$تعریف می شود تا شرایط زیر را برآورده سازد :

1- تقارن $D(x_i,x_j)=D(x_j,x_i)$ ؛

2- مثبت بودن $D(x_i,x_j) \geq 0$ برای همه $x_i$ها و $x_j$ها .

اگر شرایط 3 و4 نیز در نظرگرفته شوند

3- نامساوی مثلثی $D(x_i,x_j) \leq D(x_i,x_k) + D(x_k,x_j)$ برای هر $x_i$، $x_j$ و $x_k$؛

4- بازتابی $D(x_i,x_j) =0$ اگر $x_i=x_j$.

تابع عدم تجانس یک استاندارد نامیده می شود . اگرفقط نامساوی مثلثی ارائه نشود تابع نیمه استاندارد نامیده می شود . یک استاندارد به یک فوق استاندارد ( جانسون[1] 1967) اشاره دارد اگر یک شرط محکم تر را برآورده کند:

$D(x_i,x_j) \leq max(D(x_i,x_k) , D(x_k,x_j))$ برای هر $x_i$، $x_j$ و $x_k$. به علاوه یک تابع تشابه برای برآوردن ساختن شرایط زیرتعریف می شود :

1- تقارن $S(x_i,x_j)=S(x_j,x_i)$ ؛

2- مثبت بودن $0 \leq S(x_i,x_j) \leq 1$برای همه $x_i$ها و $x_j$ها .

1. Johnson

اگرشرایط اضافی زیر را نیز براورده کند :

3- برای هر $x_i$، $x_j$ و $x_k$، $S(x_i,x_j) \leq [S(x_i,x_k) + S(x_j,x_k)]\, S(x_i,x_k)S(x_i,x_j)\, S(x_j,x_k)$؛

4- $S(x_i,x_j) = 1$ اگر $x_i = x_j$،

یک استاندارد تشابه نامیده می شود .

برای یک مجموعه داده با $N$شی می توانیم یک ماتریس متقارن $N\times N$که ماتریس نزدیکی نامیده می شود تعریف کنیم که عنصر $(i,j)^{th}$اندازه شباهت و عدم شباهت برای اشیای $i^{th}$و $j^{th}$ $(i,j=1,...,N)$را ارائه می کند . ماتریس نزدیکی تک موده نام دارد چون شاخص های ردیف وستون ان معنی یکسانی دارند . متناظراً ماتریس داده اصلی $N\times d$ که $d$بعد داده ها است دوموده تعیین می شود .

اندازه های متفاوت نزدیکی روی اطلاعات خوشه های نتیجه تأثیرمی گذارد بنابراین انتخاب یک تابع نزدیکی مناسب مهم است .

خوشه بندی همه جا وجود دارد و توانگری الگوریتم های خوشه بندی توسعه یافته تا مسائل متفاوت در زمینه های خیلی متنوع را حل کند . هر چند الگوریتم خوشه بندی عمومی وجود ندارد که همه مسائل را حل نماید . " ایجاد یک چارچوب متحد برای استدلال در مورد خوشه بندی در یک سطح فنی و روش های متمایز برای خوشه بندی ، عمیقاً خیلی سخت شده است " ( کلینبرگ[1] 2002) . بنابراین با دقت وارسی کردن مشخصات یک مسئله برای انتخاب یا طرح یک استراتژی مناسب خوشه بندی ، مهم است . الگوریتم های خوشه بندی که برای حل یک مسئله خاص در یک زمینه اختصاصی ایجاد شده اند معمولاً گمان می رود کاربری سودمندی دارند .

3- اعتبار[2]خوشه بندی ؛ هدف از اعتبارسنجی خوشه‌ها یافتن خوشه هایی است که بهترین تناسب را با داده‌های مورد نظر داشته باشند. دو معیارِ پایه اندازه‌گیری پیشنهاد شده برای ارزیابی و انتخاب خوشه های بهینه عبارتند از:

1. Kleinberg
2. validation

- **تـــراکم** (*Compactness*) :داده‌هـــایمتعلق بـــه یـــک خوشـــه بایســـتی تـــا حـــد ممکـــن بـــه یکدیگرنزدیک باشند . معیار رایج برای تعیین میزان تراکم داده‌ها واریانس داده‌ها است .
- **جـدا**یـی(*Separation*) :خوشـه‌هـا خـود بایسـتی بـه انـدازه کافیـاز یکـدیگر جـدا باشـند . سـه راه برای سنجش میزان جدایی خوشه ها مورد استفاده قرارمی گیرد که عبارتند از:
  - فاصله بین نزدیک ترین داده‌ها از دو خوشه
  - فاصله بین دورترین داده‌ها از دو خوشه
  - فاصله بین مراکزخوشه ها

وقتـی مجموعـه اطلاعـاتی داده مـی شـود هـر الگـوریتم خوشـه بنـدی همیشـه مـی توانـد افـرازی را تولیـد کنـد کـه ایـا واقعـاً یـک سـاختارخاص درداده وجـود دارد یـا خیـر . عـلاوه بـراین روش هـای متفـاوت خوشـه بنـدی معمـولاً منجربـه خوشـه هـای مختلفـی ازداده هـا مـی شـوند و حتـی بـرای یـک الگـوریتم انتخـاب یـک پارامتریـا سـبک نمـایش طـرح هـای ورودی ممکـن اسـت روی نتـایج نهـایی تـأثیر بگـذارد. بنـابراین ضـوابط و اسـتانداردهای ارزیـابی مـؤثر خیلـی مهـم هسـتند ، چـون بـرای کـاربران درجـه ای ازاطمینـان را بـرای نتـایج خوشـه بنـدی فـراهم مـی کنـد . ایـن ارزیـابی هـا بایـد معقـول باشـند و اولویـت هـایی بـر دیگـر الگـوریتم هـا نداشـته باشـند . همچنـین ان هـا بایـد قـادر بـه فـراهم کـردن بینـش عمیقـی درجـواب دادن بـه سـؤالاتی نظیـراین کـه چنـد خوشـه درداده هـا مخفـی هسـتند، ایـا خوشـه های به دسـت امـده ازیـک نقطـه نظرخـاص بـا معنـی هسـتند یـا فقـط محصـولات الگـوریتم مـی باشـند، یـا چرا یـک الگـوریتم را بـه جـای الگـوریتم دیگـری انتخـاب مـی کنـیم . معمـولاً سـه مقولـه ضـوابط تسـت وجـود دارد : شـاخص هـای خـارجی ، شـاخص هـای داخلـی و شـاخص هـای رابطـه ای (جـین و دابـز 1988 ، تئودوریـدز و کوترومبـاس 2006 ). کـه روی سـه نـوع سـاختار خوشـه بنـدی کـه تحـت عنـاوین خوشـه بنـدی افرازشـده، خوشـه بنـدی سلسـله مراتبـی و خوشـه بنـدی خـاص شـناخته مـی شـوند، تعریـف مـی گـردد. شـاخص هـای خـارجی مبتنـی بربعضـی سـاختارهای ازپـیش تعیـین شـده انـد کـه بازیـاب اطلاعـات قبلـی درمـورد داده هـا بـوده و بـه عنـوان اسـتانداردی بـرای اعتبـار راه حـل هـای خوشـه بنـدی اسـتفاده مـی شـوند. تسـتهای داخلـی وابسـته بـه اطلاعـات خـارجی (دانـش قبلـی) نیسـتند.

www.Prozhe.com

درعوض داده های اصلی مستقیماً ساختارخوشه بندی را امتحان می کنند . ضوابط رابطه ای بر مقایسه ساختارهای مختلف خوشه بندی برای فراهم کردن مرجعی که تصمیم بگیریم کدام یک مشخصات اشیا را بهتر معلوم می کنند ، تأکید دارند .

هم ضوابط خارجی وهم ضوابط داخلی به شدت به روشهای اماری وتستهای فرضیه مربوط هستند . نمونه اعتبار برای یک ساختار خوشه بندی در شکل زیر نمایش داده شده است (دابز[1] 1993 ).

مخصوصاً درچارچوب اعتبارخوشه یک فرضیه $H_0$توضیح می دهد که هیچ ساختاری روی مجموعه داده وجود ندارد یا ساختار داده تصادفی است .

معمولاً سه فرضیه صفر رایج استفاده می شوند که در زیرتعریف شده اند:

**فرضیه موقعیت تصادفی**

$H_0$: همه موقعیت های $N$ نقطه داده در یک ناحیه خاص از فضای $d$بعدی به طور مساوی محتمل هستند .

**فرضیه برچسب تصادفی**

$H_0$: همه جایگشت های برچسب های $N$شی داده به طورمساوی محتمل اند .

**فرضیه نمودارتصادفی**

$H_0$: همه ماتریس های نزدیکی دسته $N\times N$رتبه به طورمساوی محتمل می باشند .

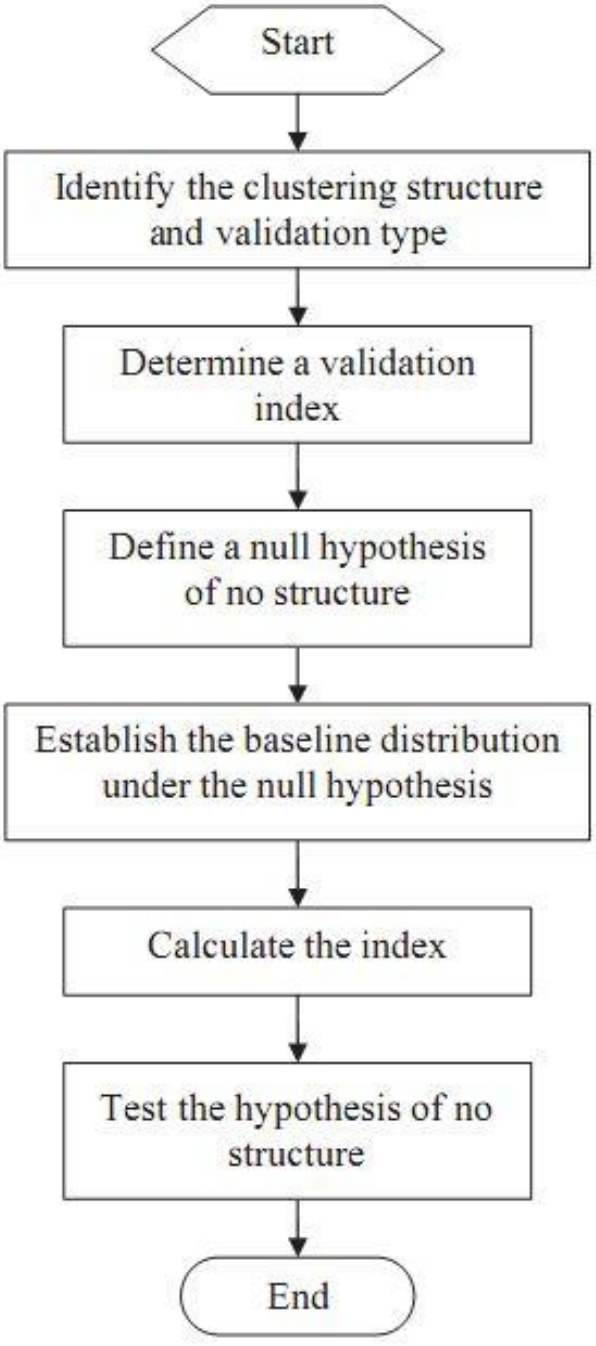
نوعاً فرضیه موقعیت تصادفی برای داده های نسبیت مناسب است ، فرضیه نمودار تصادفی برای نزدیکی های ترتیبی بین جفت های شی داده کارمی کند ، و فرضیه برچسب تصادفی کاربردهایی برای همه نوع داده دارد .

**تفسیر نتایج**: هدف نهایی خوشه بندی فراهم اوردن بینش پر معنی از داده اصلی برای کاربران است تا ان ها بتوانند درک روشنی از داده را پرورش دهند و بنابراین به طور مؤثر مسائلی را که با آن ها روبه رومی شوند حل کنند . اندربرگ ( 1973 ) تحلیل خوشه بندی را به عنوان " وسیله

1. Dubes


www.prozhe.com

ای بـرای فرضـیه هـای پیشـنهادی " در نظرگرفـت . همچنـین پیشـنهاد کـرد کـه" یـک مجموعـه خوشـه خودش یک نتیجه پایانی نیست بلکه فقط یک طرح ممکن است . "




شکل(3-3) فلوچارت نمونه اعتبار برای ساختارهای خوشه بندی

متخصصـان درزمینـه هـای مربـوط تفسـیرموقعیت داده ، یکـی کـردن اطلاعـات دامنـه ای و مـدرک ازمایشـی دیگـر بـدون محـدود کـردن مشـاهدات و تحلیـل هـای خـود را بـرای هـر نتیجـه خـاص خوشـه بندی پیش می برند . نتیجتاً تحلیل ها و ازمایشات بیشتری ممکن است نیاز باشد.

## مراحل خوشه بندی

گام های معمول خوشه بندی به صورت زیر است:

### نمایش الگو

ایـن مرحلـه شـامل کارابتـدایی وامـاده سـازی مثـل انتخـاب تعـداد خوشـه هـای درحـال جسـتجو، برگزیـدن مقیـاس هـایی کـه قراراسـت اسـتفاده شـوند (انتخـاب خصیصـه) ، تعیـین تعـداد مشـاهداتی کـه قـرار اسـت پـردازش شـود، و انتخـاب مقیـاس یـا تبـدیلات دیگـر داده هـا (اسـتخراج خصیصـه)، بعضـی از این موارد ممکن است ماورای بازرسی تحلیلگران باشد.

### سنجش نزدیکی الگو

بسـیاری ازروشـهای خوشـه بنـدی یـک سـنجش فاصـله یـا نزدیکـی بـین مشـاهدات احتمـالاً بـین خوشـه هـا را نیـاز دارنـد. طـوری کـه ممکـن اسـت در مـوردی مشـکوک شـویم فاصـله هـای مختلـف داده مـی شود تا الگوهای متفاوتی ازداده ها به وجود آید.

### گروه بندی

ایـن مرحلـه پروسـه جـزء بنـدی داده هـا در خوشـه هاسـت. گـروه بنـدی مـی توانـد سـخت باشـد، یعنـی ایـن کـه یـک مشـاهده متعلـق بـه یـک گـروه هسـت یـا نـه. در مقابـل گـروه بنـدی مـی توانـد فـازی باشـد کـه هـر نقطـه داده، درجـه عضـویتی درهریـک از خوشـه هـا دارد. گـروه بنـدی سلسـله مراتبـی هـم می تواند باشد که یک توالی تو درتو از افرازها را خواهیم داشت .

**تجرید داده**

این مرحله پروسه اختیاری فراهم آوردن نمایش ساده و فشرده فرازها است. که می تواند توصیف هر خوشه در چند کلمه باشد. ممکن است مقداری کمی باشد مثل یک الگوی نماینده مثلاً مرکزثقل خوشه.

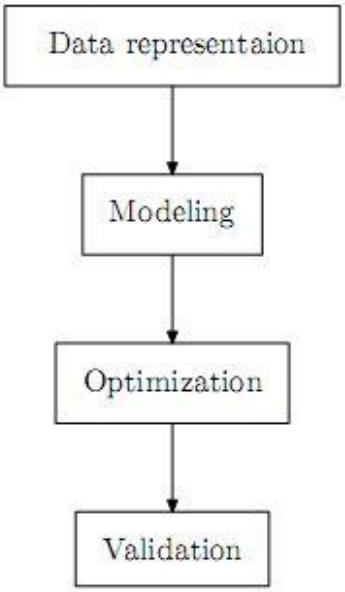
**تشخیص خوشه**

این مرحله شامل ارزیابی داده است تا ببینیم آیا شامل خوشه ای هست یا نه. هر چند غالباً ان یک آزمون خروجی الگوریتم برای تعیین این که آیا خوشه ها با معنی هستند یا خیر می باشد.

## فرایندهای خوشه بندی

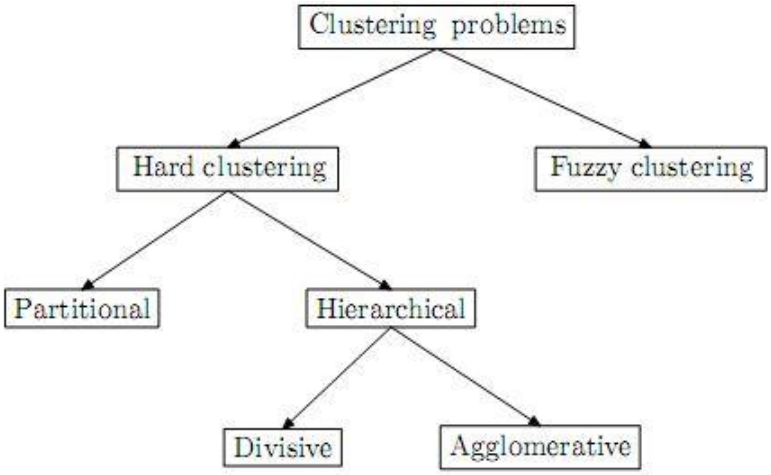
ازآنجا که یک مسئله تشخیص الگوی بنیادی یک الگوریتم خوشه بندی خوب طراحی شده است معمولاً چهار فاز طراحی زیررا در بردارد : نمایش داده، مدل سازی ، بهینه سازی و اعتبار. (شکل زیر را ببینید) فاز نمایش داده از قبل تعیین می کند چه نوع ساختارهای خوشه ای می تواند درداده پیدا شوند . براساس نمایش داده فاز مدل سازی تصورخوشه ها و ضوابطی که ساختارهای گروهی مطلوب را از انواع نا مطلوب جدا می کند تعریف می نماید. برای داده های شمارشی به عنوان مثا ل حداقل دو جنبه برای انتخاب یک مدل ساختاری خوشه وجود دارد:

خوشه های متراکم (کروی یا بیضی وار) و خوشه های توسعه یافته (مارپیچی ). درفازمدل سازی یک اندازه گیری کیفیت که می تواند بهینه یا تقریب زده شود در طی تحقیق برای ساختارهای مخفی در داده تولید می شود .




شکل(3-4) فرایندهای خوشه بندی داده

معمولاً مسائل خوشه بندی می تواند دردومقوله تقسیم شوند (شکل زیررا ببینید) : خوشه بندی سخت ( یا خوشه بندی پیچیده ) و خوشه بندی فازی ( یا خوشه بندی نرم ) . در خوشه بندی سخت یک نقطه داده به یک وفقط یک خوشه تعلق می گیرد درحالی که در خوشه بندی فازی یک نقطه داده ممکن است به دو نقطه یا بیشتر با احتمال زیاد تعلق داشته باشد .




شکل(3-5) نمودار الگوریتم های خوشه بندی


www.prozhe.com

درکل الگوریتم های خوشه بندی سنتی می توانند داخل دومقوله دسته بندی شود : الگوریتم های سلسله مراتبی و الگوریتم های افرازی . دو نوع از الگوریتم های سلسله مراتبی وجود دارد : الگوریتم های سلسله مراتبی تقسیم کننده و الگوریتم های سلسله مراتبی تجمیعی . در یک الگوریتم سلسه مراتبی تقسیم کننده الگوریتم از بالا به پایین حرکت می کند یعنی الگوریتم با یک خوشه بزرگ شامل تمام نقاط داده در مجموعه داده شروع می شود و با خوشه های جدا ازهم ادامه پیدا می کند. دریک الگوریتم سلسله مراتبی تجمیعی الگوریتم ازپایین به بالا حرکت می کند یعنی الگوریتم با خوشه هایی که هر کدام شامل یک نقطه داده است شروع می شود و ادغام خوشه ها ادامه می یابد . برخلاف الگوریتم های سلسله مراتبی الگوریتم های افرازکننده یک جزء بندی بدون اشتراک تک سطحی از نقاط داده ایجاد می کنند .

برای یک مجموعه داده بزرگ روش های سلسله مراتبی غیر عملی می شوند مگر این که با تکنیک های دیگر ترکیب گردند . چون معمولاً روش های سلسله مراتبی فضای حافظه $O(n^2)$و زمان $O(n^3)$برای CPUنیازدارند که $n$تعداد نقاط داده در مجموعه داده هاست .

## مطالعه تکنیک های خوشه بندی

خوشه بندی به تقسیم داده در گروه های با موضوعات شبیه برمی گردد ، هر گروه یا خوشه شامل موضوعاتی است که به یکدیگر شبیه اند و با موضوعات گروه های دیگرغیرمشابه . وقتی کمیت داده با تعداد نسبتاً کمی ازخوشه ها نمایش داده می شود بعضی ساده سازی ها را درازای ازدست دادن برخی جزئیات ( به عنوان مثال درفشرده سازی داده های پراتلاف ) به انجام رسانده ایم . خوشه بندی شکلی ازمدل سازی داده است که ان را دریک منظرتاریخی که ریشه درریاضیات وامارداردقرارمی دهد . از لحاظ یادگیری یک ماشین خوشه ها مطابق با الگوهای مخفی اند ، جستجو برای خوشه ها ، یادگیری بدون سرپرستی است و سیستم نتیجه یک مفهوم داده ای را ارائه می کند . بنابراین خوشه بندی یادگیری بدون سرپرستی یک مفهوم داده ای

مخفی است . چون خوشه بندی برای کاربردهای داده کاوی به کار می رود با سه پیچیدگی اضافی مواجه می شود:

1. پایگاه داده های بزرگ ،
2. موضوعات با ویژگی های زیاد ،
3. ویژگی های انواع متفاوت .

این پیچیدگی ها مایل به تحمیل احتیاجات محاسباتی سخت که چالش های واقعی الگوریتم های خوشه بندی کلاسیک را ارائه می دهند ، می باشند . به طورکلی این چالش ها منجر به ظهور روش های نیرومند عملی خوشه بندی داده کاوی مبتنی برپایه تکنیک های کلاسیک می شوند .

ویژگی های الگوریتم های خوشه بندی مربوط به داده کاوی شامل موارد زیراست :

- نوع خصوصیات یک الگوریتم که قرار است استفاده شود ،
- قابلیت قیاس با دیتاست های بزرگ ،
- قابلیت کار با داده های با ابعاد زیاد ،
- قابلیت یافتن خوشه های با حالت غیرمعمول ،
- اداره کردن خوشه های پرت ،
- پیچیدگی زمانی ( اغلب به سادگی ازاصطلاح پیچیدگی استفاده می کنیم ) ،
- وابستگی تنظیم داده ها ،
- برچسب گذاری یا تخصیص (*hard* یا *strict*، *soft* یا *fuzzy*) ،
- تکیه بر دانش قبلی و پارامترهای تعریف شده کاربر ،
- قابلیت تفسیر و ترجمه نتایج .

## کاربرد های ویژه *PSO*

## تعریف کلاسیک خوشه بندی

خوشه بندی و شرایط آن برای نوع سخت به صورت زیر می باشد.

$X = \{x_1, x_2, \ldots, x_N\}$

تبدیل به m خوشه

$C_1, \ldots, C_m$

$C_i \neq \emptyset, i = 1, \ldots, m$

$\cup_{i=1}^{m} C_i = X$

$C_i \cap C_j = \emptyset, i \neq j, i, j = 1, \ldots, m$

## معیار نزدیک بودن

*weighted* $l_p$ metric $\quad d_p(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}) = \left( \sum_{i=1}^{l} w_i |x_i - y_i|^p \right)^{1/p}$

If $w_i = 1, i = 1, \ldots, l$, we obtain the *unweighted* $l_p$ metric

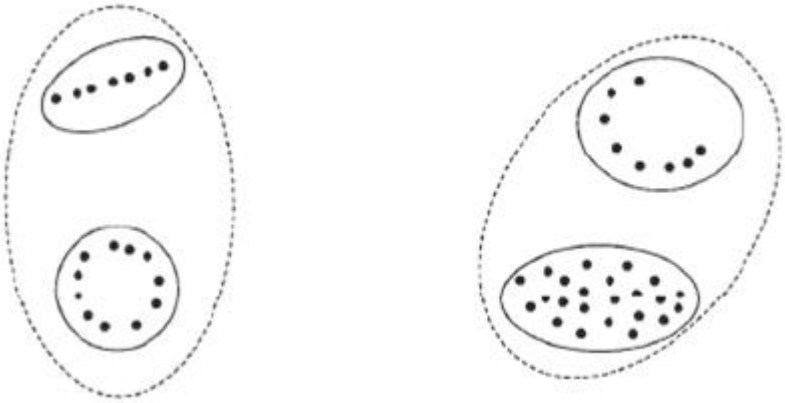
$$d_2(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{l} (x_i - y_i)^2}$$

## کاربرد های خوشه بندی

1. کاهش داده
2. پیش بینی بر اساس گروهها
3. بازشناسی الگو و ناحیه بندی داده

...

### تعداد خوشه ها



شکل(3-6) تعداد خوشه ها

1. با تعداد زیادی خوشه شروع می کنیم و خوشه هایی که از دیدگاه معیار همسانی یکسان هستند را ترکیب می کنیم. *(Cluster Merging)*
2. به ازای تعداد متفاوتی خوشه، فرآیند خوشه بندی را انجام می دهیم و سپس مناسب بودن هر یک را ارزیابی می کنیم.

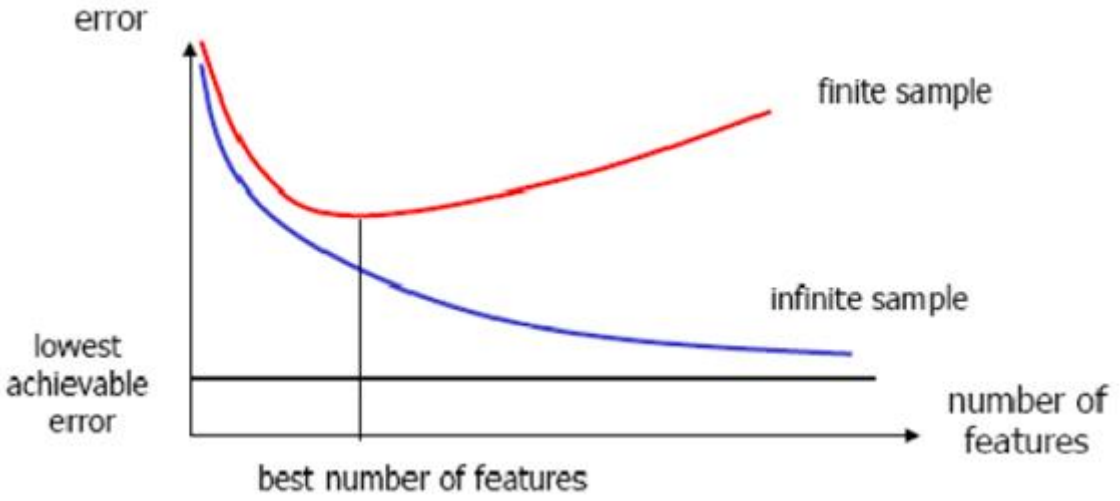
### داده ها

داده نوعاً مشاهدات یک فرآیند فیزیکی است.

ویژگیها

ماتریس الگو $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N1} & x_{N2} & \cdots & x_{Nn} \end{bmatrix}$

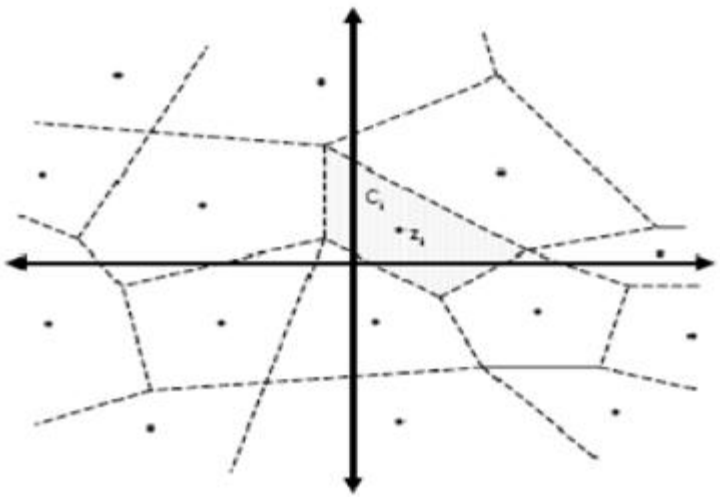
## تعداد ویژگی ها و مشخصات آنها




شکل(3-6) ویژگی ها و مشخصات

## مقدار دهی اولیه برای *Kmeans*

مقدار دهی اولیه برای *Kmeans* به صورت زیر می باشد.



شکل(3-7) مقدار دهی اولیه

www.Prozhe.com

*Kmeans*

1. Randomly initialize the $N_c$ cluster centroid vectors
2. **Repeat**
   (a) For each data vector, assign the vector to the class with the closest centroid vector, where the distance to the centroid is determined using

$$d(\mathbf{z}_p, \mathbf{m}_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^{N_d} (z_{pk} - m_{jk})^2} \qquad (1)$$

   where $k$ subscripts the dimension.
   (b) Recalculate the cluster centroid vectors, using

$$\mathbf{m}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{\forall \mathbf{z}_p \in C_j} \mathbf{z}_p \qquad (2)$$

   **until** a stopping criterion is satisfied.

## *Pso* و کاربرد آن در خوشه بندی

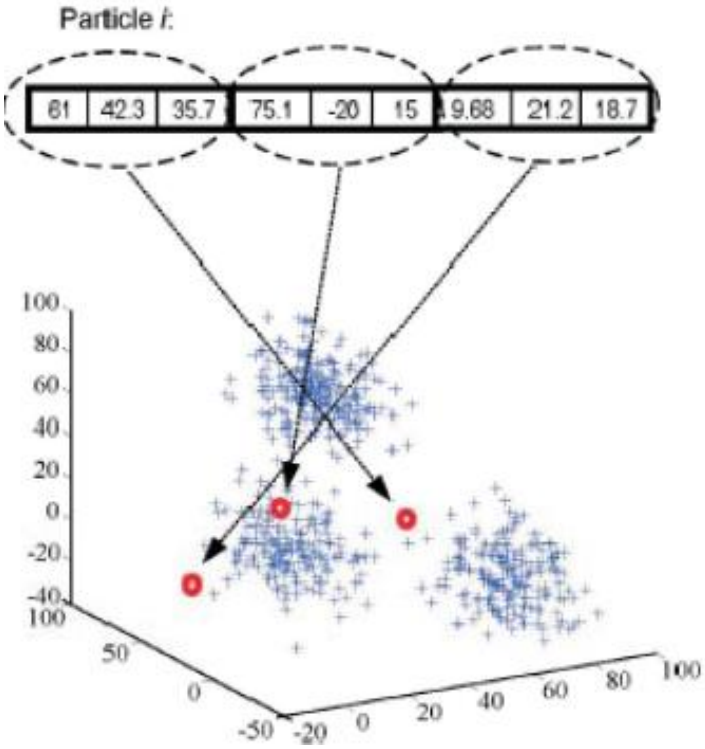
تعداد باید 10 الی 20 ذره باشد.هر ذره تعدادی کاندید را برای مراکز خوشه داده نشان میدهد به فرمول زیر توجه کنید.

$$x_i = (m_{i,1}, \ldots, m_{i,k}, \ldots, m_{i,K})$$

(یک ذره تعدادی کاندید را برای مراکز خوشه داده نشان می دهد.)


www.prozhe.com

## رمز گذاری فضای سه بعدی در ذرات




شکل(3-8) رمزگذاری فضای سه بعدی در ذرات

## کمی کردن کیفیت خوشه بندی

$$J_e = \frac{\sum_{k=1}^{K}\left[\sum_{\forall z_p \in C_k} d(z_p, m_k)\right] / n_k}{K}$$

$$f(x_i, Z_i) = w_1 \overline{d}_{max}(Z_i, x_i) + w_2(z_{max} - d_{min}(x_i)) \qquad z_{max} = 2^z - 1$$

$$f(x_i, Z_i) = w_1 \overline{d}_{max}(Z_i, x_i) + w_2(z_{max} - d_{min}(x_i)) + w_3 J_{e,i}$$

$$\overline{d}_{max}(Z_i, x_i) = \max_{k=1,\dots,K}\left\{\sum_{\forall z_p \in C_{ik}} d(z_p, m_{ik})/n_{ik}\right\} \qquad d_{min}(x_i) = \min_{\forall k,kk,k\neq kk}\{d(m_{ik}, m_{ikk})\}$$

www.Prozhe.com

## Pso و خوشه بندی(الگوریتم 1)

1. Initialize each particle to contain $K$ randomly selected cluster centroids

2. For $t = 1$ to $t_{max}$

(a) For each particle $i$

i. For each pattern $z_p$

- calculate $d(z_p, m_{i,r})$ for all clusters $C_{i,r}$ using equation (3.1)
- assign $z_p$ to $C_{ik}$ where

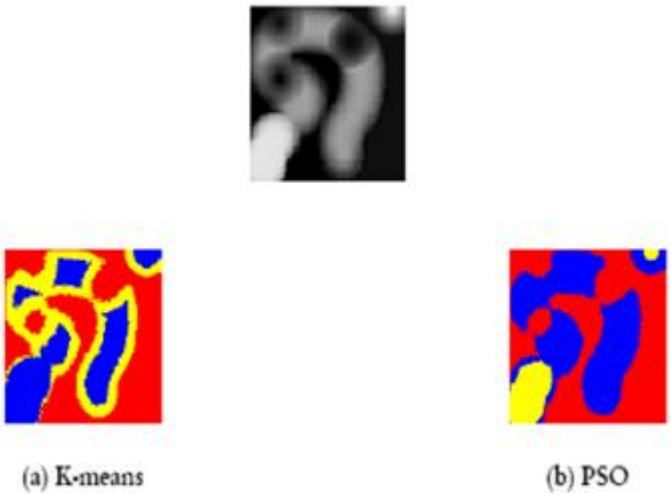
$$d(z_p, m_{ik}) = \min_{\forall k=1,\ldots,K} \{d(z_p, m_{ik})\} \quad (4.5)$$

ii. Calculate the fitness, $f(x_i, Z_i)$

(b) Find the personal best position for each particle and the global best solution, $\hat{y}(t)$

(c) Update the cluster centroids using equations (2.8) and (2.10)

## Pso و خوشه بندی در ناحیه بندی تصویر



(a) K-means (b) PSO

شکل(3-9) Pso و خوشه بندی در ناحیه بندی تصویر


www.prozhe.com

## Pso و خوشه بندی(الگوریتم 2)

1. Initialize each particle to contain $K$ randomly selected cluster centroids
2. For $t = 1$ to $t_{max}$
   (a) For each particle $i$
      i. For each pattern $z_p$
         - calculate $d(z_p, m_{ij})$ for all clusters $C_{ij}$ using equation (3.1)
         - assign $z_p$ to $C_{ij}$ where

$$d(z_p, m_{ij}) = \min_{\forall c=1,\dots,K} \{d(z_p, m_{ic})\} \quad (4.5)$$

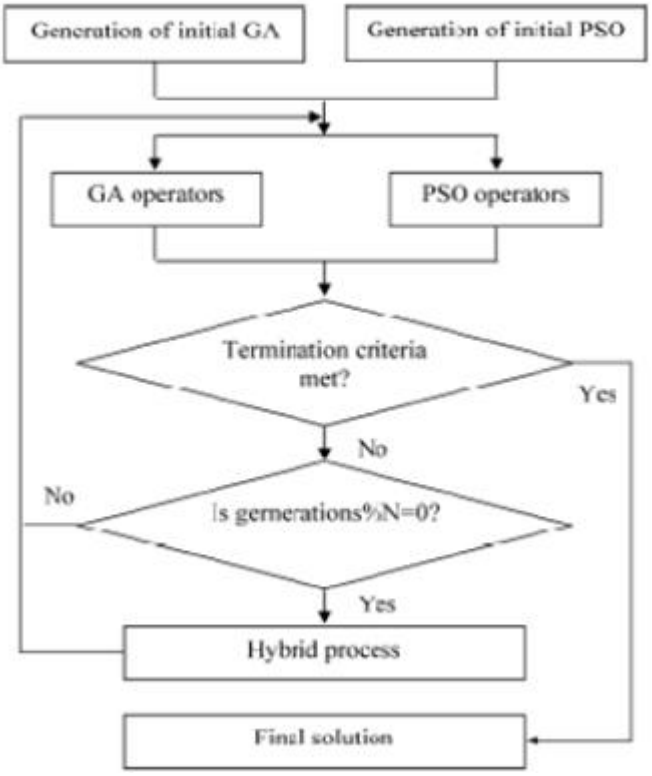
      ii. Calculate the fitness, $f(x_i, Z_i)$
   (b) Find the personal best position for each particle and the global best solution, $\hat{y}(t)$
(c) Update the cluster centroids using equations (2.8) and (2.10)

$$z_j^* = \frac{1}{N_j} \sum_{x_i \in C_j} x_i, j = 1, 2, \dots, K$$

## ترکیب pso وkmeans برای خوشه بندی (الگوریتم هیبرید)

1. الگوریتم kmeans را اجرا می کنیم.
2. مرکز خوشه بدست آمده از مرحله قبل را به عنوان یک ذره در نظر می گیریم و سایر ذرات را به صورت تصادفی مقدار دهی میکنیم.
3. خوشه بندی با روش pso را انجام می دهیم.

## ترکیب *Pso* و *GA*




شکل(3-10) ترکیب *Pso* و *GA*

# فصل چهارم

## بهینه سازی wsn با استفاده از الگوریتم بهینه سازی pso

### نصب گره ها *WSN* بهینه

مشکل نصب گره ها *WSN* به مشخص کردن موقعیت هایی برای گره های حسگر (یا جایگاههای پایه) برمی گردد به گونه ای که می توان تا جایی که ممکن است با کمترین گره ها پوشش مناسب، قابلیت اتصال و کارایی انرژی را بدست آورد. وقایعی که در منطقه ای عاری از تعداد کافی گره های حسگر اتفاق می افتد بدون توجه باقی می مانند و مناطقی که جمعیت انبوهی حسگر دارند از تراکم و تأخیر رنج می برند. شبکه های حسگر بی سیم که به طور مناسب در آن نصب گره انجام شده است ما را از کیفیت مناسب خدمات، عمر طولانی شبکه و اقتصاد مالی مطمئن می سازند.

راه حل های موجود *PSO* به مشکل نصب گره ها را به طور مرکزی بر جایگاه پایه برای تعیین کردن موقعیت های حسگرها، گره های متحرک یا جایگاههای پایه همان طور که در جدول 1 خلاصه شده اند مورد بررسی قرار داده اند.

جدول(4-1) خلاصه ای از کاربرد *PSO* در *wsn*

| | Task of PSO | Optimization criterion | Algorithm | Ref. | Centralized/ Distributed | Study |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Deployment | Position stationary nodes | Max. coverage | PSO-Voronoi* | [13] | Centralized | Simulation |
| | Position stationary nodes | Min. cost of sensor equipment | PSO-Traffic* | [14] | Centralized | Real Deployment |
| | Position mobile nodes | Max. coverage | PSGO | [15] | Centralized | Simulation |
| | Position mobile nodes | Max. coverage | VFCPSO | [16] | Combination of both | Simulation |
| | Position base stations | Max. energy efficiency | PSO Multi-Base* | [17] | Centralized | Simulation |
| Localization | Localize nodes | Min. localization error | PSO-Loc* | [21] | Centralized | Simulation |
| | Localize nodes | Min. localization error | PSO-Iterative | [11] | Distributed | Simulation |
| | Localize nodes | Min. localization error | PSO-Beaconless* | [22] | Distributed | Simulation |
| | Localize nodes | Min. localization error | PSO-Beaconless* | [23] | Distributed | Real Deployment |
| | Localize nodes | Min. localization error | PSO-4 Beacon* | [24] | Distributed | Simulation |
| EAC | Elect cluster-heads | Min. intra-cluster distance | PSO-Clustering* | [26] | Centralized | Simulation |
| | Elect cluster-heads | Max. network longevity | PSO-C* | [27] | Centralized | Simulation |
| | Elect cluster-heads | Max. network longevity | MSTree-PSO* | [29] | Centralized | Simulation |
| Data-fusion | Allocate optimal transmission power | Min. energy expenditure and error probability | PSO-Opt-Alloc* | [31] | Centralized | Simulation |
| | Determine local thresholds | Min. decision error | ABC-PSO | [32] | Centralized | Simulation |
| | Determine sensor configuration | Min. decision error and transaction time | BMPSO | [33] | Distributed | Simulation |
| * Authors refer to this algorithm by this name | | | | | | |


www.prozhe.com

## موقعیت یابی گره ثابت

هدف از الگوریتم متمرکز شده آفلاین *PSO-Voronoi* ارائه شده توسط *Aziz* و دیگران کاهش دادند مساحت سوراخ های پوشش است. این راهکار براساس این اصل است که اگر هر نقطه در این ناحیه از سهم *(ROI)* توسط حسگری پوشیده شود، آنگاه کل *ROI* پوشیده می شود. ارزیابی پوشش شامل نمونه گیری *ROI* از طریق اسکن شبکه ای است. *PSO-Voroni* این پوشش را توسط چند ضلعی های *Voronoi* اطراف حسگرها گیر می اندازد. اجزاء *PSO* موقعیت های حسگرها می باشند. برای هر جزء مجموعه ای از چند ضلعی های *Voronoi* را مشخص کرده اند و رأس های چند ضلعی ها به عنوان نقاط نمونه عمل می کنند. تابع مناسب تعداد رأس هایی است که توسط حسگرها پوشیده نشده اند. *PSO-Voroni* نزدیک به پوشش ایده آل بدست می آید ولی پیچیدگی زمان تعیین کننده چند ضلعی های *Voroni* را نادیده می گیرد.

*Hu* و همکارانش *PSO* ترافیک را برای طرح ریزی توپولوژیکی برای کاربرد نظارت بر ترافیک جهان واقعی ارائه دادند. در این بررسی از تعداد زیادی از گره های دوربین کار گذاشته شده استفاده شده است که بعضی از آنها نیازمند عبور شعاع های بزرگتری هستند که توسط انتقال دهنده های گران قیمت پرقیمت آسان شده است.

هدف مشخص کردن این گره ها با انتقال دهنده های پرقدرت است به گونه ای که بیشترین ارتباط ممکن با کمترین هزینه سخت افزاری ممکن بدست آید. *PSO-Traffic*، *PSO* مضاعف است که در آن اجزاء نشان دهنده توالی حسگرها هستند. *PSO* در جستجوی کاهش دادن پارامتر مناسب بودن چند جانبه است $LDC = aL + bD + cC$ هرگاه $L$ پرش انتقالی از سیگنال، $D$ افزایش در برخورد و $C$ هزینه انتقال دهنده های پرقدرت اضافی باشند. ثابت های $a$ و $b$ و $c$ به ترتیب وزن های نسبی $L$، $D$ و $C$ را معین می کنند. $L$ و $D$ را از طول درجه بندی شده محاسبه کرده اند که مفاهیمی از جهان کوچک وقایع هستند. این الگوریتم که در توزیع قرینه ای

انتقال دهنده های پرقدرت بدست آمده است عملکرد شبکه را بهبود بخشیده و در هزینه سیستم صرفه جویی کرده است.

## موقعیت یابی گره متحرک

لی و همکارانش ترکیبی از گره های ثابت و متحرک و تکمیل پیدایش گروهی جزء *(PSGO)* را به عنوان درمانی برای پوشاندن سوراخ ها ارائه داده اند. از پیوند *PSGO* برای مشخص کردن صف بندی های مجدد موقعیت های گره های متحرک به منظور افزایش دادن تراکم گره میانگین استفاده می شود. *PSGO* کیفیت خدمات را افزایش می دهد که به صورت نسبت مساحت پوشیده شده به مساحت کل *ROI* تعریف شده است یعنی *QOS=Sc/s* که به طور ایده آل باید مساوی با واحد باشد. مساحت پوشیده شده *Sc*، *Sc=Snodc U Srobc* اجتماع مساحت پوشیده شده توسط گره های ثابت و گره های متحرک ربات کمکی است. *Sc* فقط وابسته به شعاع حس کننده *rs* و موقعیت های (مختصات *x*و*y*) گره های متحرک *n* یعنی $sc = F(x_{rob1} \dots x_{robN}, y_{robN}, T_s)$ است که *PSGO* مشخص می سازد. *PSGO* عملکردهای تغییر و انتخاب را از *GA* قرض می گیرد. درهر تکرار،*PSGO*بعضی از بدترین اجزا را رد می کند وتعدامساوی از اجزا جدید رادر موقعیت های تصادفی بوجودمی آورد. علاوه براین ،*PSGO* اجزا کمی رابصورت تصادفی حرکت می دهد. این مقاله بیش از 60درصد افزایش در*QOS* رابا5 گره ثابت از 100 گره را گزارش می دهد که توسط گره های متحرک جایگزین شده اند . گره های متحرک را میتوان با استفاده از*PSGO* به طور متحرک بصورت تغییرات توپولوژی شبکه دوباره قرارداده با وجوداین ، این کارمستلزم مکانیزم هایی برای جلوگیری از موانع وآگاهی از موقعیت است.

*VFCPSO*

وانـگ وهمکـارانش *PSO* مشـترک تکـاملی بـانیروی واقعـی را بـرای نصـب متحـرک گـره هـا بـرای افـزایش پوشـش ارائـه دادنـد. صـف بنـدی متحـرک مبتنـی بـر نیـروی واقعـی شـامل حرکـت مکـرر حسـگر براسـاس جـذب کننـده واقعـی یـا نیروهـای دافعـه گـره هـای دیگـر، مـوانعی درایـن میـدان و منـاطقی کـه احتمـالا بـه پوشـش بیشـتری نیـاز دارنـد مـی شـود. بردارهـای نیـروی واقعـی وابسـته بـه فاصـله میـان گـره هـا وهـر چیـزی کـه آنهـا را جـذب یـا دفـع مـی کنـدو مسـیرهای وابسـته بـه آنهـا مـی باشـند. موقعیـت هـای جدیـد حسـگر رابـه گونـه ای محاسـبه مـی کنـد کـه درمسـیر نیـروی واقعـی بـا انـدازه مرحله متناسب با بزرگی اش حرکت کند.

جزء $2n$ بعدی $i$ بیانگر مختصات $x$و$y$ تمام گره های حسگر متحرک $n$ می باشد یعنی:

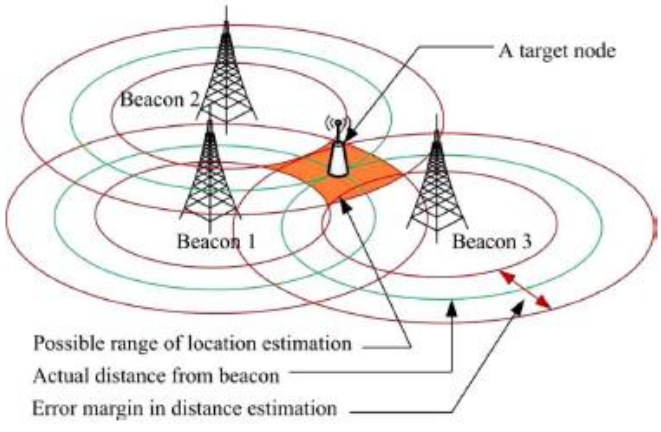
$x_i = \{x_{i1}^1, x_{i1}^2, x_{i2}^1, x_{i2}^2, \dots, x_{in}^1, x_{in}^2\}$ هـدف تـابع *F(xi)* پوشـش مـؤثری اسـت کـه *PSO* را افـزایش مـی دهـد. بـرای رسـیدن بـه بهتـرین پوشـش ، معادلـه سـرعت *pso* راتوسـط اضـافه کـردن عبـارت $c_3 r_3 k_{gij}(k)$ تغییـر داده انـد. هرگـاه $c_3$ ثابـت سـرعت باشـد، $r_3(k)$ عـدد تصـادفی باشـد کـه بـه طـور یکسـان در مجموعـه [1و0] توزیـع شـده باشـد و *gij* مجموعـه ای از موقعیـت هـای جدیـد *n* حسـگر محاسـبه شـده بـا اسـتفاده از روش نیروهـای واقعـی باشـد. *VFCPSO* فوایـد نیـروی واقعـی و *PSO* را ترکیـب مـی کنـد. در ایـن جـا، *2n PSO* بعـدی را تبـدیل بـه *PSO*هـای *2n* تـک بعـدی کـرده انـد کـه هرکـدام را بـا گروهـی خـاص هـدایت مـی کننـد. راه حـل نهـایی بـه وسـیله بـه هـم پیوسـتن راه حـل هـای *2ngbest* ایجـاد مـی شـود. نویسـندگان پوشـش حسـگر عـالی تـرین را بـا تـلاش محاسـبه ای کمتـری بـه طـور مشـخص گـزارش مـی دهنـد. ایـن روش شـامل هزینـه انـرژی مشـخص در موقعیـت هـای گسـترده اولیـه و نهـایی اسـت. همچنـین ایـن روش مسـتلزم مکـانیزم هـایی بـرای موقعیـت یـابی و اجتناب از به هم خوردن است.

## موقعیت یابی ایستگاه اصلی

هانگ و همکارانش *PSO* چند پایه را برای موقعیت یابی مناسب ایستگاههای اصلی متعدد در شبکه حسگر بی سیم دوردیفی ارائه دادند. شبکه دوردیفی متشکل از گره هایی است که فقط می تواند با گره های کاربردی ارتباط برقرار کند که برای آنها مشخص شده اند. گره های کاربردی دارای انتقال دهنده هایی با ردیف طولانی، پردازش کننده هایی با سرعت بالا و انرژی فراوان می باشند. روش *PSO* چند پایه می کوشد تا موقعیت های ایستگاههای اصلی را به گونه ای مشخص سازد که فاصله کلی گره های کاربردی با نزدیکترین ایستگاههای پایه شان حداقل باشد. این صف بندی مستلزم حداقل نیروی انتقال است و ما را از حداکثر عمر شبکه مطمئن می سازد. در روش *PSO* چند پایه، جزء *i* بیانگر موقعیت های ایستگاههای اصلی  است که می تواند براساس منطقه صف بندی دو یا سه بعدی باشد. مناسب بودن *i* به صورت $F_i = min\ (\sum_{j=1}^{n} lij$ تعریف شده است هرگاه *N* تعداد گره های کابردی باشد. از این رو، *Lij* نشان دهنده عمر کلی شبکه است همان طور که به وسیله $Lij = max \sum_{k=1}^{\mu} = Li(k)j$ یعنی عمر گره کاربردی *j* که با ایستگاه پایه *k* ارتباط دارد مشخص شده است. عمر *Lij* به صورت $Li(k)j = ej(0)/(rj(a_{j1} + a_{j2}d_i^n(k)j))$ محاسبه شده است. از این رو، $d_i^n(k)j$ بیانگر ردیف *n*اُم فاصله اقلیدسی از ایستگاه اصلی *k*اُم با گره کاربردی *j*اُم است. *e(o)* انرژی اولیه و $a_1$ و $a_2$ پارامترهای مستقل از فاصله و وابسته به فاصله می باشند که به ترتیب انرژی لازم برای انتقال را فراهم می سازند. در حالیکه روشهای *PSO* چند پایه و اسکن شبکه ای جامع منجر به عمر قابل مقایسه ای می شوند. روش *PSO* به بیش از 5ردیف عمر پایین تر نزدیک می شود. این روش مرکزی است و نیاز به آگاهی موقعیتی دارد. علاوه براین، گره ها مجبورند انرژی اولیه شان را به ایستگاه اصلی ارتباط دهند. این انرژی روی هم رفته برقابلیت بالا رفتن شبکه تأثیر می گذارد.

## تعیین محل گره در *WSN*ها (شبکه های حسگر بی سیم)

تعیین محل گره به ایجاد آگاهی موقعیتی در گره های ردیف شده اطلاق می شود. اطلاعات موقعیتی در فرستنده هشدار هندسی مورد استفاده قرار می گیرد. روش آشکار تعیین محل این است که هر گره را با سیستم موقعیت یابی جهانی *(GPS)* تجهیز کنیم که به دلیل هزینه، اندازه و فشارهای نیرو جذاب نخواهد بود. بسیاری از الگوریتم های تعیین محل *WSN* موقعیت هایی را با استفاده از دانش قیاسی مختصات گره های مخصوصی که علامت، نشان مرزی یا نشانه نام گرفته اند تخمین می زنند. تعیین محل شبکه حسگر بی سیم *(WSN)* فرایندی دو مرحله ای است. در مرحله درجه بندی گره ها مسافتهایشان را از علامتها با استفاده از زمان گسترش سیگنال یا قدرت سیگنال دریافتی تخمین می زنند. زمان پیشرفت سیگنال را از طریق اندازه گیری زمان ورود، زمان رفت و برگشت پرش یا تفاوت زمانی ورود سیگنال تخمین می زنند. اندازه گیری دقیق این پارامترها به دلیل وجود صدا ممکن نیست، بنابراین نتایج چنین تعیین محلی همان طور که در شکل1 نشان داده شده است نادرست می باشد. در مرحله ارزیابی، موقعیت گره های هدف با استفاده از اطلاعات درجه بندی به وسیله حل معادلات چند مجهولی و یا به وسیله الگوریتم تکمیلی تخمین زده می شود که اشتباه تعیین محل را کاهش می دهد. الگوریتم های *PSO* برای تعیین محل *WSN* را در جدول1 خلاصه کرده اند.




شکل(4-1) تعیین محل *WSN*


www.prozhe.com

## تعیین موقعیت های گره های هدف

گوباکومار و همکارانش *PSO-LOC* را برای تعیین محل *n* گره هدف از *m* گره براساس اطلاعات قیاسی *a* موقعیت های *m-n* دکل ها ارائه دادند . ایستگاه اصلی *PSO*، *2n* بعدی (مختصات *x* و *y* و *n* گره) را برای کاهش دادن خطای تعیین محل تعریف شده به صورت $f(x,y) = 1/M \sum_{i=1}^{M}(\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} - \widehat{d_i})^2$ اجرا کرد. در این جا *(x,y)* تخمینی از موقعیت گره هدف، *$(x_i,y_i)$* موقعیت گره *i* نشانه و $M \geq 3$ تعداد نشانه ها در همسایگی گره هدف می باشند. مسافت تخمین زده شده از نشانه $i, \widehat{d_i}$ به صورت مسافت واقعی معیوب شده توسط سروصدای کم آزار اضافه شده *Gaussian* فرض شده است. اختلاف صدا برصحت تعیین محل تأثیر می گذارد. این دیدگاه موضوعات ابهام تلنگر و موقعیت یابی گره هایی که حداقل سه نشانه در همسایگی شان دارند را به حساب نمی آورد. این طرح به خوبی عمل می کند فقط اگر نشانه ها ردیف کافی داشته باشند یا تعداد زیادی از نشانه ها در آنجا وجود داشته باشد. علاوه براین، ایستگاه اصلی نیازمند تخمین های ردیفی تمام گره های هدف از تمام نشانه ها در همسایگی انهاست. این امر مستلزم تعداد زیادی ارتباط است که ممکن است منجر به تراکم، تأخیر و تحلیل انرژی شود. علاوه براین، طرح ارائه شده قابلیت بالارفتن محدودی دارد چون ابعادی بودن *PSO* دوبرابر تعداد گره های هدف است.

### 1) *PSO* تکراری

کولکارنی و همکارانش الگوریتم موقعیت یابی تکراری توزیع شده *PSO* تکراری را ارائه دادند. هرگره هدف که سه یا تعداد بیشتری علامت در حوزه شنیداری اش داشته باشد، *PSO* را اجرا می کند تا خطای موقعیت یابی را کاهش دهد. گره هایی که موقعیت یابی شده اند مانند علامتهایی برای گره های دیگر عمل می کنند. این عمل به طور تکراری ادامه می یابد تا زمانیکه یا همه گره ها موقعیت یابی شوند و یا نتوان گره بیشتری را موقعیت یابی کرد. این روش نیاز به این ندارد که هر گره مقیاس حوزه اش را به گره مرکزی منتقل سازد، علاوه براین، این روش می


www.prozhe.com

تواند تمام گره هایی را که سه گره موقعیت یابی شده یا علامت در حوزه شان دارند را موقعیت یابی نماید. همان طور که تکرار موقعیت یابی اجرا می شود، گره تعداد بیشتری از منابع را برای موقعیت یابی بدست می آورد که این امر مشکل ابهام تلنگر را کاهش می دهد یعنی موقعیتی که منجر به خطای بزرگ موقعیت یابی می شود زمانیکه منابع نزدیک خط مستقیم باشند. با وجود این، این روش ارائه شده مستعد ذخیره خطا می باشد .

### 2) *PSO* بدون علامت

لو و همکارانش طرح موقعیت یابی توزیع شده مبتنی بر *PSO* را ارائه دادند که علامتها را در بر نمی گیرد. این گره ها را توسط وسیله بادی اشغال نشده ای که مجهز به جایگاه حسگر بود صف بندی کردند. موقعیت دقیق *Qi* گره *i* به صورت تراکم احتمالی شرطی تابع $di$ عمل می کند. این موقعیتی است که گره نصب شده است (که با استفاده از مسافت پیما ثبت شده است).

اگر این گره بتواند سیگنالی از گره موقعیت یابی شده *j* را بدست آورد، می تواند مسافت *dj*اش را تخمین بزند. تابع احتمالی برای موقعیت دقیق برحسب $di$ و *dj* بیان شده است. *PSO* یک عبارت از این تابع احتمالی را کاهش می دهد. نتایج دو اختلاف الگوریتم موجود می باشند. نتایج موقعیت یابی نسبتاً درستی را حتی در صف بندی پراکنده نشان می دهند. نویسندگان نتایج آزمون های میدان زمان واقعی اجرای الگوریتم *PSO* بدون علامت را بر روی کنترل کننده کوچک *Microchip-PIC18LF4620* کم هزینه گزارش می دهند. گزارش کرده اند که *PSO* زمان محاسبه ای طولانی تری را می گیرد ولی موقعیت یابی صحیحی را مانند الگوریتم گاس-نیوتن انجام می دهد زمانیکه دقت مسافت پیما بالا باشد. با وجود این، در گزارشات با دقت کمتر مسافت پیما، *PSO* روش گاس-نیوتن را برحسب دقت موقعیت یابی بیشتر انجام داد.

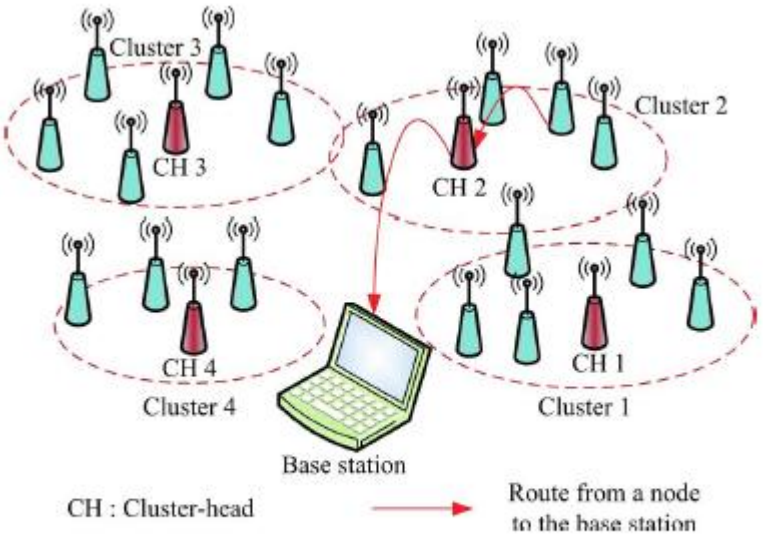
### 3) *PSO* با چهار علامت

لـو و همکـارانش طـرح موقعیـت یـابی *PSO* بـا چهـار علامـت را ارائـه دادنـد. ایـن طـرح وجـود چهـار علامتـی را مـی پـذیرد کـه بـه سـختی در مرزهـای میـدان حسـگر نصـب شـده انـد. تمـام گـره هـای هـدف مـی تواننـد سـیگنال هـایی را از علامـت هـای صـف بنـدی شـده در موقعیـت هـای *C*و*B*و*A* و *D* دریافـت کننـد. گـره *A* در موقعیـت *O* در میـدان حسـگر مـی توانـد مسـافتش را از علامـت بـه صـورت $d = (p/po)^{\frac{-1}{\alpha}}$ تخمـین بزنـد. هرگـه *p* نیـروی منتقـل شـده توسـط علامـت و *po* نیـرو در واحـد مسـافت *do* باشـد. کـاهش مسـیر محیطـی نمونـه نقـش مهمـی در تخمـین زدن مسـافت از قـدرت سـیگنال دریـافتی ایفـا مـی کنـد. در طـرح ارائـه شـده آنهـا گـره هـدف در موقعیـت *O* بـه وسـیله حـل معـادلات هندسـی موقعیـت یـابی مـی شـود اگـر مقـدار شـناخته شـده باشـد. گـره هـدف از *PSO* اسـتفاده مـی کنـد تـا بهتـرین مقـدار را بدسـت آورد و از ارزیـابی تکرارشـونده مبتنـی بـر کـالمن فیلتـر بـرای موقعیـت یـابی خـودش اسـتفاده مـی کنـد. در ایـن مقالـه صـحت موقعیـت یـابی خـوب بـه طـور کامـل گزارش می شود.

## خوشه بندی هشدار انرژی *(EAC)* در *WSN*ها

مصـرف اقتصـادی انـرژی موضـوع مهمـی در شـبکه هـای حسـگر بـی سـیم (*WSN*هـا) مـی باشـد. ارتبـاط گـران تـرین فعالیـت انـرژی اسـت کـه گـره انجـام مـی دهـد. انـرژی فـراهم شـده بـرای انتقـال بـه طـور مجهـول بـا انتقـال مسـافت تفـاوت دارد، بنـابراین، رسـم اسـت کـه از ارتبـاط چنـد پرشـی در شـبکه هـای حسگر بـی سـیم اسـتفاده شـود، طـول عمـر *WSN*هـا وابسـته بـه ایـن اسـت کـه چگونـه بـه طـور مـؤثر بسـته اطلاعـاتی را از منبـع آن بـه مقصـدش حمـل مـی کنـد. مسـیر گـردش بـه تعیـین مسـیری بـرای بسـته از گـره منبـع بـه سـینگ اطـلاق مـی شـود. *WSN* کـه از مسـیر گـردش سلسـله مراتبـی اسـتفاده مـی کنـد گـره هـایش را در گرههـایی خوشـه بنـدی کـرده اسـت. هرخوشـه گـره ای دارد کـه بـه عنـوان رأس خوشـه عمـل مـی کنـد. گـره هـایی کـه متعلـق بـه یـک خوشـه هسـتند بسـته هـای اطلاعـاتی شـان را بـه رأس خوشـه منتقـل مـی سـازند کـه آن را بـه جایگـاه اصـلی نشـان داده شـده در شـکل2 مـی رسـاند. گـره *A*

کـه بـه صـورت رأس خوشـه بـرای مـدتی طـولانی عمـل مـی کنـد خیلـی زود بـاطری هـایش تحلیـل مـی رود. ایـن امـر مسـتلزم مکـانیزم انتخـاب رأس خوشـه مناسـب اسـت. عـلاوه بـراین، تخصـیص خوشـه بـر عملکـرد شـبکه و عمـر آن تـأثیر مـی گـذارد. سلسـله مراتـب خوشـه بنـدی هشـدار انـرژی پـایین *(LEACH)* الگـوریتم سـاده و مـؤثری اسـت. خوشـه بنـدی مشـکل تکمیـل *NP-hard* اسـت کـه *PSO* بـه طـور مـؤثر مـی توانـد بـا آن روبـرو شـود. خوشـه بنـدی یـا انتخـاب رأس خوشـه فعـالیتی یـک مرحلـه ای نیسـت. بنـابراین هرچـه الگـوریتم تکمیلـی سـاده تـر باشـد، کـارایی شـبکه بهتـر خواهـد بـود. ایـن دلیـل دیگـری اسـت کـه چـرا *PSO* انتخـاب خـوبی بـرای خوشـه بنـدی *WSN* مـی باشـد. خلاصـه ای از کاربردهای جدید *PSO* در خوشه بندی *WSN* در جدول 1 آمده است.




شکل(4-2)کاربردهای جدید *PSO* در خوشه بندی *WSN*

### خوشه بندی *PSO*

گـورو و همکـارانش چهـار شـکل دیگـر *PSO* را ارائـه دادنـد یعنـی، *PSO* بـا اخـتلاف زمـانی وزن جبری *(PSO-TVIW)*، *PSO* با اختلاف زمانی ثابت های سرعت

*(PSO-TVAC)*، *PSO-TVAC* سلسله مراتبی *(HPSO-TVAC)* و *PSO* با مد دانشجویی ناظر *(PSO-SSM)* برای خوشه بندی هشدار انرژی. *PSO* گره های *nj* را به هریک از رأس های خوشه *k* اختصاص می دهد یعنی *j=1,2,...,k* به گونه ای که کل انرژی در نتیجه کاهش یافتن مسافت های فیزیکی *Edd* از بین برود. این امر در(فرمول *A*) تعریف شده است. هرگاه *Dj* فاصله میان رأس خوشه *j* و ایستگاه پایه باشد.

فرمول*A* $$F = \sum_{j=v}^{k} \sum_{i=1}^{nj} (d_{ij}^2 + \frac{D_j^2}{nj})$$

در *PSO-TVIW* وزن جبری *W* به طور خطی در هر تکراری کاهش می یابد. در *PSO-TVAC* وزن جبری ثابت مجموعه است و ثابت های شتاب $C_1$ و $C_2$ به طور خطی در هر تکرار متفاوت اند. در *PSO-TVAC* *H* به روز رسانی جزء توسط سرعت در تکرار قبلی تحت تأثیر قرار نمی گیرد، ولی دوباره آغازکردن سرعت زمانی انجام می گیرد که سرعت در فضای جستجو از حرکت بایستد. در نهایت، در *PSO-SSM* معادله به روزرسانی *PSO* به (فرمول *B*) تغییر می یابد. هرگاه *mc* ثابتی باشد که عامل نیروی حرکت انی نام گرفته باشد. خوشه بندی براساس ایده ای ساده است که برای گروهی از گره هاست که در نزدیکی هم قرار می گیرند. نزدیکترین گره به ایستگاه اصلی رأس خوشه می شود.

تحلیل مفصل مقایسه ای الگوریتم ها برای خوشه بندی مناسب ارائه شده است. این طرح فقط مسافتهای فیزیکی میان گره ها و رأس های خوشه تخصیص یافته آنها را مدنظر قرار می دهد ولی انرژی موجود برای گره ها را در نظر نمی گیرد.

فرمول *B* $$x_{id}(k+1) = (1 - mc)x_{id}(k) + mcv_{id}(k+1)$$

*PSO-c* لطیف و همکارانش هم انرژی موجود برای گره ها و هم مسافتهای فیزیکی بین گره ها و رأس های خوشه آنها را درنظر گرفته اند. هر جزء نشان دهنده ترکیبی از رأس های خوشه است. تابع مناسب برای *PSO* متمرکز شده *(PSO-c)* به صورت $F = \beta F_1 + (1-\beta)F_2$ تعریف شده است هرگاه $F_1$ حداکثر میانگین مسافت اقلیدسی گره ها با رأس های خوشه مرتبط به آنها

و $F_2$ نسبت انرژی کل اولیه تمام گره ها به انرژی کل نامزدهای رأس خوشه باشد. این گفته ها به ترتیب به صورت (C) و (D) بیان شده اند:

$$F_1 = max_{k=1,2,\ldots,k}\left\{\sum_{\forall ni \epsilon c_{p,k}} \frac{d(ni,CH_{p.k}}{|c_{p,k}|}\right\} \quad (C)$$

$$f_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} E(ni)}{\sum_{k=1}^{K} E(CH_{p,k})} \quad (D)$$

هر گاه $N$ تعداد گره هایی باشد که $K$ از آن تعداد به عنوان رأس های خوشه انتخاب شده باشند. $|C_{p.k}|$ تعداد گره هایی است که متعلق به خوشه $C_k$ در جزء $p$ می باشد. این امر مطمئن می سازد که فقط گره هایی که منابع انرژی با میانگین بالا دارند به عنوان رأس های خوشه انتخاب شده اند و اینکه فاصله میانگین میان گره ها و رأس های خوشه حداقل است. آنها نتایج این الگوریتم را با نتایج الگوریتم های *LAECH* و *LAECH-C* مقایسه می کنند. خوشه بندی مبتنی بر *PSO* هر دو الگوریتم *LEACH* و *LEACH-C* را برحسب طول عمر و عملکرد شبکه به خوبی انجام می دهد. لطیف و همکارانش نشان داده اند که این الگوریتم مبتنی بر *PSO* الگوریتم های خوشه بندی مبتنی بر اهداف *GA,K* را نیز به خوبی انجام می دهد.

### *MST-PSO*

کائو و همکارانش مورد جالبی را در نظر گرفتند که در آن گره و رأس خوشه اش در ارتباطی چند پرشی عمل می کنند. این روش مسافت مبتنی بر حداقل درخت پراکنده شده گراف وزن شده شبکه حسگر بی سیم را محاسبه می کند. بهترین مسیر میان گره و رأس خوشه آن را از تمام درختهای مناسب روی مصرف معیار انرژی جستجو کردند. رأس های خوشه را براساس انرژی موجود برای گره ها و مسافت اقلیدسی آن با گره همسایه اش در درخت مناسب انتخاب می کنند. این مؤلفان عملکردهای این سه مکانیزم انتخاب رأس خوشه را مقایسه می کنند: مکانیزم مبتنی بر انرژی، مکانیزم مبتنی بر خود چرخشی و مکانیزم مبتنی بر احتمال حرکت مسیر و چرخش رأس خوشه به صورت مشکلات تکمیلی عمل می کنند و از طریق *PSO* عمل می کنند.

این نتایج نشان می دهند که روش های خوشه بندی مبتنی بر *PSO* ما را از عمر طولانی تر شبکه مطمئن می سازد.

### جمع آوری اطلاعات در *WSN*ها

نصب گره ها با مقیاس زیاد حسگرها منجر به اطلاعات توزیع شده حجیم می گردد. جمع آوری جدّی اطلاعات مؤثر است. جمع آوری اطلاعات فرایند ترکیب اطلاعات بدست آمده از چندین منبع است به گونه ای که نتیجه بهتر باشد (مختصرتر و معتبرتر) یا کل ارتباط کاهش یافته باشد . کاربرد اصلی *WSN* توزیع شده کشف یک واقع است. در چارچوب کشف متمرکز نشده هر گره حسگر مشاهدات محلی خراب شده توسط سروصدا را جمع آوری می کند و خلاصه ای از آن را به مرکز ترکیب سازی می فرستد. مرکز ترکیب همین کار را انجام می دهد تا تصمیم جهانی نهایی را بگیرد. این امر ما را از طول عمر شبکه گسترده با هزینه کاهش در عملکرد مطمئن می سازد.

*PSO* تکمیل سازی را در جنبه های مختلف جمع آوری اطلاعات فراهم کرده است. همان طور که در جدول *I* خلاصه آن آمده است.

### تخصیص نیروی انتقال مناسب

کانال بی سیم مشترک با گره ها و مرکز ترکیب به تدریج از بین می رود که این امر بر صحت ترکیب تأثیر گذار است. نشان داده شد که طرح تخصیص نیرو انتقال برای گره های توزیع شده نقش مهمی در احتمال ترکیب - خطا ایفا می کند. ویمالاجیوا و همکارانش مشکل تخصیص نیروی مناسب را از طریق *PSO* اجباری عنوان کردند. الگوریتم *PSO-OPT-ALLOC* آنها از *PSO* برای تعیین نمودن تخصیص نیروی مناسب در هر دو مورد مشاهدات مستقل و وابسته استفاده می کند. هدف کاهش دادن هزینه انرژی است در حالیکه احتمال ترکیب خطا را تحت آستانه مورد نیاز حفظ کند. این مؤلفان نتایج عددی را ارائه دادند تا نشان دهند که جدول نیروی

تعیین شده توسط *PSO* به صرفه جویی واقعی انرژی در مقایسه با جدول نیرو ثابت به ویژه در مورد تعداد زیادی از گره ها منتهی می شود.

### تعیین آستانه های مکانی- مناسب

در آزمایش فرضیه دوگانه، حسگرهای توزیع شده تصمیم دوگانه را با استفاده از آستانه های محلی گرفتند و تصمیماتشان را به گره مجاور فرستادند. در معماری ترکیب موازی، تمام گره ها تصمیماتشان را به ایستگاه مرکزی می فرستند و در معماری سری، تصمیمات از توالی پرش از اولین گره به ایستگاه پایه پیروی می کنند. آغاز کردن برحسب اطلاعات منتقل شده و انرژی منجر به سود و برحسب دقت منجر به کاهش می شود.

آستانه های مناسب در تمام گره ها و مسیر تصمیم گیری مناسب (که سلسله مراتبی نام گرفته است) ما را از حداقل هزینه انرژی و حداکثر صحت نتایج مطمئن می سازد. ویراماچانی و همکارانش ترکیبی از کنترل مبتنی بر مورچه و *PSO* را برای مدیریت سلسله مراتبی و آستانه ای ارائه کردند. در مناسب سازی مبتنی بر مورچه، مورچه های مصنوعی را از گره ای به گره دیگر حرکت می دهند تا راه حلی جزئی برای این مشکل ایجاد کنند. زمانیکه مورچه ای بر آخرین گره برسد، عملکرد این راه حل را مورد ارزیابی قرار می دهند و این مسیر با استفاده از ارزش ریاضی متناسب با عملکردش مورد تأکید قرار می گیرد. در الگوریتم *ABC- PSO* مورچه ها این توالی را می سازند و *PSO* محل های ورودی را مشخص می سازد و حداقل خطا برای این توالی را بدست آورد. بازخورد این عمل برای مورچه ها ارائه شده تا به آنها کمک کند تا در محل جستجو حرکت کنند و بهترین توالی ها را معین نمایند.

### تشکیل حسگر مناسب

سیستم های دارای چند حسگر متشکل از چندین شکل و انتخاب حسی هستند. شکل مناسب این سیستم که دارای منابع حسگر مختلف و پارامترهای حسگر متعدد می باشد یک مشکل مناسب

سازی است که چندین هدف دارد. این اهداف به طور کلی شامل حداکثر دقت، حداقل کاربرد منابع ارتباطی و حداکثر پوشش حسی می باشند. ویراماچانی و همکارانش *PSOBMPSO* مضاعف چندین منظوره را برای شکل مناسب ارائه کردند. این روش از چارچوب تصمیم-ترکیب *Bayesian* استفاده می کند تا تصمیمات را با حسگرهای متعدد و ترکیب کند. از عوامل گروهی برای تکمیل کردن انتخاب حسگرها استفاده می شود (هر عامل زیر مجموعه ای از حسگرهای مورد استفاده برای ترکیب است). هر عامل *PSO* را انتقال می دهد تا ورودی ها و قوانین ترکیب مناسب را برای مجموعه حسگرش تکمیل نماید. این نتایج توانایی عوامل را برای تصمیم گیری در مورد شکل مناسب حسگرها، ورودی های آنها و قانون ترکیب مناسب مشخص می سازد.

## نتیجه گیری

مقیاس و تراکم صف بندی نامشخص بودن محیطی و فشار در انرژی، حافظه، مقدار اطلاعات عبورداده شده و محاسبه منابع چالش هایی جدی را به توسعه دهندگان شبکه های حسگر بی سیم تحمیل می کنند. موضوعات صف بندی گره، موقعیت یابی، خوشه بندی هشدار انرژی و گردآوری اطلاعات اغلب به صورت مشکلات مناسب سازی تنظیم شده اند. اکثر روش های تحلیلی از همگرایی کند یا فقدان آن برای راه حل های نهایی رنج می برند. این امر مستلزم الگوریتم های مناسب سازی سریع است که با استفاده از منابع محدود راه حل های کیفی را بوجود می آورند.

*PSO* روش محبوب بوده است که برای حل مشکلات مناسب سازی در شبکه های حسگر بی سیم به دلیل آسان بودنش، کیفیت بالای راه حل هایش، همگرایی سریع و ظرفیت، محاسبه ای نامشخص خود مورد استفاده قرار گرفته است. هرچند، ماهیت تکراری *PSO* می تواند استفاده از آن را برای کاربردهای با سرعت بالا و زمان واقعی ممنوع سازد، به ویژه اگر مناسب سازی نیاز به این داشته باشد که به طور مکرر انجام شود. *PSO* مستلزم مقادیر زیادی حافظه است که ممکن است اجرای آن را برای ایستگاههای اصلی سرشار از منبع کاهش دهد. این متن کاربردهای شبکه حسگر بی سیم موفق فراوانی دارد که فواید *PSO* را مورد استفاده قرار می دهد. گردآوری اطلاعات نیازمند مناسب سازی توزیع شده مکرر و راه حل های سریع می باشد. بنابراین، *PSO*به طور متوسط آن را مناسب می سازد. صف بندی ثابت، موقعیت یابی و خوشه بندی مشکلاتی هستند که فقط یکبار در ایستگاه مرکزی حل شده اند. *PSO* آنها را بسیار مناسب ساخته است .

بررسی *PSO* موضوعاتی در زمینه *WSN*ها و خلاصه بررسی راه حل های جدید مبتنی بر *PSO* با موضوعات *WSN* در این مقاله ارائه شده اند به فواید و محدودیت های *PSO* اشاره شده است. بحث کیفی در مورد اینکه چگونه *PSO* برای کاربردهای *WSN* شکل گرفته است ارائه شده است.

از رشد نسبی متداول کاربردهای مبتنی بر *PSO* این طور به نظر می رسد که *PSO* به صورت روش مناسب سازی مهمی در چندین زمینه مهندسی مانند شبکه های حسگر بی سیم ادامه خواهد یافت.

www.Prozhe.com

## مراجع فارسی


1. اسماعیل آتش پز گرگری، «توسعه الگوریتم بهینه‌سازی اجتماعی و بررسی کارایی آن»، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران، 1387
2. هدی سپهری راد، «کاربرد روش های زیستی و اجتماعی در سیستم های پیشنهادگر»، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مکانیک دانشگاه تهران، 1386
3. زهرا رضایی، «ارائه الگوریتم فرا ابتکاری کارا برای حل مدل کنترل موجودی چند سطحی»، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، 1388
4. السا شکراله پور، «زمانبندی دو معیاره سیستم مونتاژ جریان کاری دو مرحله‌ای توسط روش‌های فرا ابتکاری»، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، 1388
5. امیر حسین بیابانگرد اسکویی، «تعیین خواص الاستو - پلاستیک فلزات با استفاده از آزمون سختی سطح و مطالعه اثر شکل ایندنتر در آن با استفاده از روش‌های عددی و تجربی»، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران، 1386
6. آرش طالبی، "انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از روش های فراابتکاری و مقایسه ی آن با سبدهای تشکیلیِ خبرگان و تازه کارها در بازار بورس اوراق بهادار تهران"، پایان نامه دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود، 1389



www.prozhe.com

## مراجع انگلیسی


1. *Raghavendra V. Kulkarni, and Ganesh Kumar Venayagamoorthy, "particle swarmoptimizataon in wireless-sensor network: a brief survey IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, VOL. 41, NO. 2, MARCH 2011*
2. *http://atalebi.com/show.asp?id=526&q*
3. *http://www.forum.persianadmins.com/showthread.php?t=4893*
4. *ce.kashanu.ac.ir/sabaghian/myprj/eslami_ali.doc*
5. *http://www.wsn.ir/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid*
6. *Akkaya, K. and Younis, M., "A survey on routing protocols for wireless sensor networks", Ad Hoc Networks, Vol. I, No. 3, pp. 325-349, 2005*
7. *Karl, H., Willig, A., Protocols And Architectures For Wireless Sensor Networks, John Wiley, New York, 2005.*
8. *E. Atashpaz-Gargari, C. Lucas* ,*Imperialist Competitive Algorithm: An algorithm for optimization inspired by imperialistic competition, IEEE Congress on Evolutionary Computation,* 4667–4661 (2007*)*
9. *R. R. Palmer, "A History of the Modern World", New York: Alfred A. Knopf, 1964, ©1956.*
10. *C. V. Findley* & *J. A. M .Rothney ,Twentieth century world, 3rd edition, Boston: Houghton Mifflin Company*1986 ,
11. *R. Goff, J. Terry, W. Moss, J. H .Upshur, The Twentieth Century: A Brief Global History, 6th edition, Boston*:*McGraw-Hill , 2001, part1.*
12. *R. Rajabioun, F. Hashemzadeh, E .Atashpaz-Gargari, B. Mesgari, F. Rajaei Salmasi, Identification of a MIMO evaporator and its decentralized PID controller tuning using Colonial Competitive Algorithm, In the proceeding of IFAC World Congress, Seoul, Korea* ,2008 ,*pp.* .9952-9957
13. *E. Atashpaz-Gargari, F .Hashemzadeh, R. Rajabioun, C. Lucas, Colonial competitive algorithm: A novel approach for PID controller design in MIMO*

*distillation column process* ,*International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics.* 1*(*3*)* .355-337 (2008*)*

14. *E. Gargari, F. Hashemzadeh, R .Rajabioun, and C. Lucas, "Colonial competitive algorithm: A novel approach for PID controller design in MIMO distillation column process," International Journal, vol.* 1*,* 2008

15. *E. Atashpaz-Gargari and C. Lucas*" ,*Designing an optimal PID controller using Colonial Competitive Algorithm*",

16. *R. Rajabioun, E .Atashpaz-Gargari, and C. Lucas, "Colonial competitive algorithm as a tool for Nash equilibrium point achievement," Computational Science and Its Applications–ICCSA 2008, pp.* 680–695

17. *H. Sepehri Rad, C. Lucas* ,*Application of Imperialistic Competition Algorithm in recommender systems, In*13 *th Int'l CSI Computer Conference (CSICC*08*), Kish Island, Iran.,* 2008

18. *F. Jolai, M. Sangari, and M .Babaie, "Pareto simulated annealing and colonial competitive algorithm to solve an offline scheduling problem with rejection," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture , pp.* 1–13

19. *A. Biabangard-Oskouyi, E .Atashpaz-Gargari, N. Soltani, and C. Lucas, "Application of Imperialist Competitive Algorithm for Material Properties Characterization from Sharp Indentation Test," Int J Eng Simul, vol.* 10*, no.* 1*, .*2009

20. *T. Maryam, F. Nafiseh, L. Caro* ,*and T. Fattaneh, "Artificial Neural Network Weights Optimization based on Imperialist Competitive Algorithm*",

21. *C. Lucas, Z. Nasiri-Gheidari* ,*and F. Tootoonchian, "Application of an imperialist competitive algorithm to the design of a linear induction motor," Energy Conversion and Management, vol.* ,51*no.* 7*, pp.* 1407–1411*,* 2010

22. *R. Rajabioun, E .Atashpaz-Gargari, C. Lucas, Colonial Competitive Algorithm as a Tool for Nash Equilibrium Point Achievement, Springer Lecture Notes in Computer Science) LNCS).* 680-695, 2008

23. *A. Jasour, E. Gargari, and C .Lucas, "Vehicle Fuzzy Controller Design Using Imperialist Competitive Algorithm," in Second First Iranian Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems, Tehran, Iran, 2008.*

24. *Moslem Yousefi,Amer Nordin Darus, Hossein Mohammadi, "Second law based optimization of a plate fin heat exchanger using Imperialist Competitive Algorithm, International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(20), pp. 4749-4759, 23 September, 2011*

25. *H. Duan, C. Xu, S. Liu, and S .Shao, "Template matching using chaotic imperialist competitive algorithm",Pattern Recognition Letters, 2009*

26. *T. Jain and M. Nigam, "Synergy of evolutionary algorithm and socio-political process for global optimization," Expert Systems with Applications, 2009.*

27. *http://thesis.ecg-pnum.com/index.php?pages=thesis&opt=one&i=7*