# ارزیابی و مقایسه الگوریتم‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری در مکانیابی تسهیلات

## مطالعه موردی: بانک‌ها

ابوالفضل رنجبر [۱]  فرشاد حکیم پور [۲]

سیامک طلعت اهری [۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹٤/۰٤/۱۱  تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/۱۰/۲۸

*********

**چکیده**

**مسأله مکانیابی بانک‌ها به فاکتورهای زیادی نیاز داشته و جزء مسایل NP-HARD طبقه‌بندی می‌شود. استفاده از روش‌های فراابتکاری برای حل مسایل NP-HARD علیرغم تقریبی بودن، مناسب‌ترین راه حل به نظر می‌رسد. در این تحقیق از روش‌های بهینه‌سازی گرگ خاکستری، علف‌های هرز، ژنتیک، اجتماع ذرات و الگوریتم فرهنگی در حل مسأله مکانیابی بانک‌ها استفاده شده است. برای این کار هدف به صورت جذب مشتری بیشتر و محدودیت در تعداد نفرات جذب شده به بانک جدیدالتأسیس تعریف شد. روش‌ها به طوری آماده شدند که قابلیت پیدا نمودن مکان بانک جدید با وجود بانک‌های دیگر در منطقه را دارند و مکان بانک جدید باید از بانک‌های هم نوع خودش تا حد ممکن دورتر شده (هدف بازاریابی) و همچنین در مجموع کل مشتریان این نوع بانک نبایستی از یک حدی کمتر شده و میزان جذب مشتری شعبه جدیدالتأسیس بانک از یک تعدادی کمتر نشود (محدودیت‌ها). بدین منظور قسمتی از کلان شهر تبریز جهت پیاده‌سازی انتخاب شد. به منظور ارزیابی کیفیت و دقت الگوریتم‌ها از تست تکرارپذیری و مقایسه اعداد همگرایی برای نتایج حاصل از اجرای هر الگوریتم روی داده‌ها اجرا شد. همچنین نتایج الگوریتم‌ها با آزمون آماری ویلکاکسون مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این آزمون‌ها عملکرد دقیق‌تر، الگوریتم علف‌های هرز نسبت به روش‌های بهینه‌سازی مذکور در مکانیابی بانک‌ها را نشان می‌دهد.**

**واژه‌های کلیدی: الگوریتم‌های فراابتکاری، بهینه‌سازی، مکان یابی، بانک‌ها، سیستم اطلاعات مکانی.**

*********

۱- دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی پردیس دانشکده فنی دانشگاه تهران، ranjbar57@yahoo.com

۲- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری پردیس دانشکده فنی- دانشگاه تهران farshad@hakimpour.com

۲- استادیار گروه عمران - دانشکده فنی - دانشگاه تبریز siamaktalat@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

## ۱- مقدمه

مسأله مکانیابی صحیح بانک‌ها یکی از مسایل بسیار مهم در تصمیم‌گیری مدیران ارشد بانک‌ها محسوب می‌شود. چرا که مکانیابی صحیح بانک‌ها، باعث جذب مشتری بیشتر و افزایش بهره‌وری بانک‌ها می‌شود. در مسایل مکانیابی راه‌حل‌های ممکن مسأله با افزایش تعداد نقاط تقاضا و مراکز ارائه تسهیلات[1]، به سرعت افزایش یافته و بررسی تمامی حالت‌های ممکن برای رسیدن به بهترین مکان ایجاد بانک‌ها امکان‌پذیر نبوده و این مسایل مکانیابی از نوع مسایل NP-HARD[2] می‌باشند *(Megiddo & Supowit, 1984)*. بنابراین از روش‌های قطعی[3] نمی‌توان در حل مسایل مکانیابی تسهیلات به علت زمانبر بودن، استفاده نمود و باید روش‌های فراابتکاری برای حل مناسب این مسایل توسعه داده شود.

تکنیک‌های بهینه‌سازی فراابتکاری زیادی در دو دهه اخیر معرفی شده‌اند. فراابتکارها به علت سادگی، انعطاف پذیری، نیاز نداشتن به مشتق‌گیری و فرار از بهینه محلی مورد توجه محققان بوده‌اند. اما طبق نظریه NFL[4] منطقاً اثبات شده است که هیچ فراابتکاری برای حل تمام مسائل بهینه‌سازی صحیح جواب نمی‌دهد. به عبارت دیگر، یک فراابتکار بخصوص، ممکن است نتایج امیدبخشی را برای حل یک سری از مسائل نشان دهد، اما همین الگوریتم ممکن است کارآیی ضعیفی را برای تعداد دیگری از مسائل نشان دهد *(Wolpert, 1997)*. لذا در این مقاله چهار روش الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری[5] *(Mirjalili et al., 2014)*، بهینه‌سازی الگوریتم فرهنگی[6] *(Reynolds, 1994)*، بهینه‌سازی علف‌های هرز[7] *(Mehrabian & Lucas, 2006)*، الگوریتم ژنتیک[8] *(Holland, 1975)* و الگوریتم اجتماع ذرات[9] *(Kennedy & Eberhart, 1995)* برای مکانیابی بانک‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

سیستم اطلاعات مکانی[10] قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات مکانی را در اختیار دارد *(Worboys, 1995)*. موفقیت بانک‌ها در بازار رقابتی امروزی بستگی به رویکرد مدیریت داده‌های مکانی دارد. از این رو، برنامه‌ریزی برای بهبود عملکرد بانک‌ها در ترکیب با مدلسازی مکانی در GIS مزایای ملموسی را برای بانک‌ها در پی خواهد داشت. پیشرفت‌های اخیر در جمع‌آوری، ذخیره، تحلیل و ارائه نمایش داده‌های مکانی اجازه می‌دهند تا به طور دوره‌ای داده‌های مکانی برای تسهیلات موجود را جمع‌آوری کنیم و لذا با استفاده از چنین داده‌های دقیق و جامع می‌توان مدل‌های کاربردی توسعه داد *(Zhang & Rushton, 2008)*.

تأثیر انتخاب صحیح مکان بهینه مراکز تنها موقعی خودش را نشان می‌دهد که یک مرکز ایجاد شده و شروع به کار نماید. این روش مستلزم هزینه است، لذا بهتر آنست که مکان صحیح مرکز پیش از تأسیس، حتی‌الامکان صحیح انتخاب شود تا از اتلاف سرمایه و زمان جلوگیری شود. همچنین امروزه مشتریان جهت انجام کارهای مالی خود نیاز دارند تا به بانک‌ها مراجعه نمایند و بانک‌ها درصدد این هستند که جهت جلب مشتریان بیشتر خدمات بیشتری را ارائه نمایند تا از بانک‌های رقیب موجود در منطقه پیشی بگیرند. بنابراین کاهش زمان رسیدن مشتریان به بانک‌ها، امری حیاتی در جهت جذب مشتری می‌باشد. لذا توسعه یک روش مناسب برای بهینه‌سازی مکانیابی بانک‌ها در جهت جذب مشتری، می‌تواند کمک زیادی به اقتصاد بانک‌ها به همراه داشته باشد.

در این تحقیق، ابتدا مطالعات انجام شده در زمینه حل مسایل مکانیابی در بخش دوم مقاله بررسی خواهد شد. در بخش سوم جزئیات مسأله مورد مطالعه و روش پیشنهادی مورد بحث قرار خواهند گرفت. نحوه طراحی و پیاده‌سازی مسأله بر پایه روش‌های فراابتکاری CA، GA، PSO، IWO

1- Facilities
2- Non Polynomial Hard
3- Deterministic
4- No Free Lunch
5- Grey Wolf Optimizer (GWO)
6- Cultural Algorithms (CA)
7- Invasive Weed Optimization (IWO)
8- Genetic Algorithms (GA)
9- Particle Swarm Optimization (PSO)
10- Geospatial Information System (GIS)

Archive of SID

www.SID.ir

و GWO برای بهینه‌سازی مکانیابی بانک‌ها جهت جذب مشتری بیشتر با استفاده از قابلیت‌های علم سیستم اطلاعات مکانی در بخش چهارم تشریح می‌شود. پیاده‌سازی سه الگوریتم بر روی داده‌های قسمتی از منطقه ۳ شهرداری تبریز در بخش پنجم ارائه شده است. سپس در بخش ششم نتایج حاصله از پنج الگوریتم مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. همچنین به منظور ارزیابی دقت الگوریتم‌ها از روش تکرارپذیری استفاده شده و نتایج آنها در بخش هفتم ارائه شده و در نهایت پیشنهاداتی برای کارهای آینده ارائه شده است.

## ۲- مروری بر کارهای گذشته

پیشینه مکانیابی‌های انجام شده در تئوری و عمل حدوداً به هشتاد سال قبل برمی‌گردد. مشکل مکانیابی برای اولین بار توسط Hotelling در سال ۱۹۲۹ مطرح شد و آن زمان ایشان مکانیابی را بر روی یک خیابان نشان دادند *(Hotelling, 1929)*. از جمله روش‌های مکانیابی می‌توان به مکانیابی مراکز به روش‌های p-مرکز و p-میانه اشاره نمود*(Daskin, 1995)* . در این روش‌ها هدف مینیمم نمودن هزینه برای مشتریان می‌باشد *(Drezner et al., 2002)*.

امروزه یافتن بهترین مکان برای مکانیابی تسهیلات، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است.

از کارهای انجام شده به روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان به مدل DEA، Azadeh و همکارانش *(Azadeh et al., 2008)* و از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی می‌توان به کار Chou و Tabari در جهت حل مسایل مکانیابی اشاره نمود *(Tabari et al, 2008) (Chou, 2007)*.

از روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان به کار تحقیق Onut و همکارانش اشاره نمود که ایشان از تصمیم‌گیری چند مشخصه به روش Topsis فازی برای تعیین رتبه‌بندی مناطق برای مراکز خرید استفاده نمودند. اما مشکلاتی که در این مقاله به چشم می‌خورد نیاز به اطلاعات کارشناسی برای وزندهی معیارها و همچنین ناتوانی در ارائه جواب مستقل برای مکان بهینه مراکز خرید را می‌توان ذکر نمود *(Onut et al., 2009)*. مسائل مکانیابی برای اولین بار در سال ۱۹۹۶ به روش الگوریتم شبیه‌سازی بازپخت حل شد *(Murray et al., 1996)*.

Brimberg و همکارانش از روش جستجوی ممنوع برای حل مسأله مکانیابی استفاده کردند.*(Brimberg et al., 2000)*

Yu و همکاران برای بهینه‌سازی توزیع مراکز خرید از الگوریتم ژنتیک در حالت تک هدفه برای دستیابی کمترین میزان سفر برای مشتریان براساس معیارهای شبکه حمل و نقل و ترافیک آن استفاده نمودند. با توجه به مد نظر قرار ندادن فاصله بین مراکز خرید دیگر و پراکندگی جمعیت، عملاً توزیع مراکز خرید در یک ناحیه متمرکز شد *(Yu et al., 2006)*.

در کار تحقیقاتی از Drezner و همکار ایشان، مکانیابی تسهیلات با سه روش بهینه‌سازی (الگوریتم نزولی، الگوریتم جستجو ممنوع و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید) انجام داده‌اند *(Drezner & Drezner, 2011)*.

Aboolian و همکاران دو الگوریتم نزولی و حریصانه را برای بهینه‌سازی موقعیت مراکز جدیدی که با در نظر گرفتن مشتریان و رقبای موجود در منطقه انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که الگوریتم نزولی برای مسایل پیچیده از لحاظ دقت و زمان مناسب می‌باشد *(Aboolian et al., 2007)* .

Aras و همکارانش چند روش ابتکاری غیرقطعی را براساس الگوریتم ژنتیک و روش شبیه‌سازی تبرید برای حل انواع مسایل چند مرکزی ظرفیت‌دار وبر[1] پیشنهاد کرده‌اند *(Aras et al, 2007)*. با هدف ماکزیمم کردن جذب مشتری بیشتر (سود بیشتر) به دو شرکت رقابت کننده از الگوریتم شاخه و حد استفاده شد *(Beresnew, 2013)*.

در مسایل مکانیابی، عموماً از GIS برای جمع‌آوری اطلاعات مکانی، محاسبه فواصل و تحلیل‌های مکانی استفاده می‌گردد. در روش ارائه شده توسط Karaganis و Mimis راه کار مبتنی بر نمودار ورونوی و الگوریتم جستجوی ممنوعه جهت مکانیابی شعبه‌های بانک می‌باشد *(Karaganis*

1- Capacitated Multi Source Weber Problem(CMSWP)

Archive of SID

www.SID.ir

*(& Mimis, 2010)* از روش‌های ترکیبی GIS به همراه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مسایل مکانیابی می‌توان به کار Zucca و همکارانش *(Zucca et al., 2008)* و از روش‌های ترکیبی GIS به همراه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مسایل مکانیابی رقابتی می‌توان به تحقیقی که توسط Suárez-Vega و همکاران انجام شده، اشاره نمود. ایشان ابتدا سطح جذابیت مراکز فروش را براساس مدلHuff بدست آورده و سپس جهت تعیین مراکز با استفاده از GIS و روش AHP و با در نظر گرفتن فاصله از جاده‌ها، شیب زمین، کاربری اراضی و فاصله از مراکز جمعیتی اقدام به تعیین مکان بهینه فروشگاه‌های خود نموده‌اند*(Suárez-Vega et al.,2011)*.

همچنین در ترکیب روش‌های MADM و MODM می‌توان به کار Badri اشاره نمود که در آن از روش بهینه‌سازی آرمانی به همراه AHP در جهت حل مسایل مکانیابی استفاده نموده‌اند *(Badri, 1999)* .

Bozkaya و همکاران در تحقیقی برای حل مشکل مسیریابی–مکانیابی تسهیلات تحت شرایط رقابتی با هدف کسب سود بیشتر در محیط GIS، از الگوریتم ژنتیک و جستجو ممنوع استفاده کردند. در این تحقیق برای حل مشکل مسیریابی از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 استفاده شده که این نرم‌افزار برای حل مسأله VRP که از مسائل NP-Hard می‌باشد از الگوریتم فراابتکاری جستجو ممنوع استفاده می‌نماید. برای اینکار ابتدا ماتریس هزینه کوتاه‌ترین فاصله (کمترین زمان) مبداء – مقصد را تعیین نموده و سپس از الگوریتم جستجوی ممنوع استفاده می‌نماید. در این مرحله راه‌حل‌های خوب تولید شده در کمترین زمان به عنوان ورودی الگوریتم ژنتیک برای حل مشکل مکانیابی استفاده می‌شود *(Bozkaya et al., 2010)* .

Aghamohammadi و همکارانش از الگوریتم ژنتیک برای مکانیابی استفاده نموده‌اند*(Aghamohammadi et al., 2013)* .

متأسفانه در زمینه توسعه مدل‌های مناسب برای مکانیابی تسهیلات در مسأله مکانیابی بانک‌ها کارهای کمی انجام شده است. مطالعات قبلی فقط دو مرکز را با تعداد محدودی از نقاط کاندیدا در نظر گرفته‌اند در صورتی که در روش پیشنهادی این مقاله چهار نوع مرکز متفاوت به همراه جمعیت مراجعه‌کننده به بانک‌ها در منطقه‌ای از شهرداری کلان شهر تبریز به صورت پیوسته، به همراه هدف و قیود مختلف در نظر گرفته شده و مسأله پیشنهادی با پنج روش بهینه‌سازی فرهنگی، علف‌های هرز و الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم اجتماع ذرات پیاده‌سازی و نتایج آنها با هم مقایسه شده است. در جهت انجام این تحقیق ابتدا مسأله مورد بررسی را تعریف و سپس تابع هزینه آنرا مشخص می‌نماییم. تابع هزینه شامل یک هدف و دو قید ذکر شده در قسمت مدل پیشنهادی می‌باشد. برای انجام بهینه‌سازی تابع هدف و بدست آوردن مکان بهینه بانک‌ها از پنج روش بهینه‌سازی فرهنگی، علف‌های هرز، گرگ خاکستری، ژنتیک و اجتماع ذرات استفاده شده و سپس به مقایسه عملکرد پنج روش بهینه‌سازی پرداخته و در نهایت به ارزیابی الگوریتم‌ها پرداخته و پیشنهاداتی برای کارهای آینده ارائه شده است.

## ۳- طرح مسأله (مدل پیشنهادی)

طبق قانون Huff مشتری به مرکزی مراجعه می‌نماید که سطح جذابیت بیشتری داشته (نظیر عوامل خدماتی، مالی و فیزیکی) و در عین حال به مشتری نزدیک باشد. این سطح جذابیت توسط روش AHP مدل شده و سطح جذابیت بانک‌ها محاسبه شد. مسأله مطرح شده در این تحقیق، مکانیابی بانک‌ها در جهت جذب مشتری بیشتر می‌باشد. به عبارت دیگر می‌خواهیم شعبه‌ای از بانک تأسیس نماییم که فاصله بیشتری تا شعبه موجود بانک داشته باشد و همزمان بتواند مشتری بیشتری (بخصوص از بازار رقبا) جذب کند و در کل از مجموع مشتریان دیگر شعب بانک نیز نباید بیش از یک حد تعیین شده کاسته شود. متقاضیان خدمات بانک‌ها، مشتریان هستند که در سطح منطقه مورد مطالعه پراکنده هستند و تراکم آنها نیز متغیر می‌باشد. مسأله مطرح شده و فرضیات آن در این تحقیق به صورت گزاره‌های زیر قابل بیان هستند:

Archive of SID

www.SID.ir

الف- ٤ نوع بانک (ملی-ملت-سپه-مهر) در سطح منطقه انتخاب شده‌اند.
ب- تراکم جمعیت در هر پیکسل در طول مطالعه ثابت بوده و این تراکم جمعیت (بالای سنین ۱۵) از جمعیت بلوک‌های ساختمانی استخراج شده‌اند. این تراکم جمعیتی، تراکم افرادی فرض شده که نیاز به مراجعه به بانک‌ها را دارند تا کارهای مالی خود را در نزدیکترین بانک انجام دهند.
پ- در این پژوهش بانک‌ها با ظرفیت نامحدود در نظر گرفته شده‌اند.
ت- شعبه بانک جدید التأسیس باید حداکثر فاصله را با شعب بانکی هم نوع خود داشته باشد تا بتواند:
-مشتریان بانک‌های رقیب را به خود جذب کند.
-و همچنین در کل از مشتریان شعب دیگر همان بانک از یک حد آستانه کمتر نشود.
ث- هر مشتری برای نیازهای اساسی خود تنها به یک بانک مراجعه می‌نماید.

با توجه به مطالب اشاره شده، مدل ریاضی تابع هدف بهینه‌سازی را می‌توان به شکل کلی زیر نوشت:
هدف مسأله: بانک جدید التأسیس بیشترین فاصله با بانک‌های هم نوع خود داشته باشد.
قید۱: کمتر نشدن جذب احتمالی مشتری به بانک جدید التأسیس از یک حد مشخص (جهت توجیه اقتصادی ایجاد بانک جدید)
قید۲: کمتر نشدن مشتریان شعب دیگر همین بانک از یک حدی پس از ایجاد شعبه جدید بانک (جهت توجیه اقتصادی ایجاد بانک جدید)

$$\max \sum_{j} d_{j,new}, \quad \forall\ all\ j \tag{۱}$$

$$\sum_{i} p_{i,new} \geq C_{new} \tag{۲}$$

$$\Delta \sum_{i} \sum_{j} p_{ij} < \%C_P \tag{۳}$$

که در آن:
$d_{j,new}$: فاصله شعبه جدیدالتأسیس (new) تا دیگر شعب موجود همین بانک (شعبه j اُم).
$p_{i,new}$: تعداد مشتریان موجود در پیکسل iاُم که به شعبه جدید التأسیس (new) مراجعه می‌نمایند.
$C_{new}$: حداقل ظرفیت خدمت‌رسانی بانک جدید التأسیس (new) که باید تأمین شود.
$\%C_P$: کل تغییرات مشتریان بانک‌های هم نوع در اثر ایجاد بانک جدید نباید از این حد آستانه کمتر شود.

## ٤- روش تحقیق

### ٤-۱-الگوریتم گرگ خاکستری

الگوریتم گرگ خاکستری توسط میرجلیلی و همکاران ایشان در سال ۲۰۱٤ بر مبنای شکار دسته جمعی آنها ارائه شده است(*Mirjalili et al., 2014*). گرگ خاکستری از خانواده گرگ‌های کشور کانادا است. گرگ‌های خاکستری در بالای زنجیره غذایی قرار دارند و ترجیح می‌دهند به صورت گروهی زندگی کنند. بطور میانگین، گروه‌های آنها ۱۲ – ۵ نفر است. جالب توجه است که آنها حکومت حاکم اجتماعی خیلی سختگیرانه‌تری دارند. به این صورت که گرگ آلفا، گرگ حاکم نیز در گروه نامیده می‌شود، چرا که دستورات او باید توسط گروه پیروی شود. آلفاها اساساً مسئول تصمیم‌گیری درباره شکار، جای خواب، زمان حرکت، و مانند آن هستند. دومین سطح درجه‌بندی گرگ‌های خاکستری بتا است، بتاها گرگ‌های تحت امر آلفا هستند که به آلفا در تصمیم‌گیری و دیگر فعالیت‌های گروه کمک می‌کنند. گرگ بتا، احتمالاً بهترین کاندیدا برای آلفا شدن است و نقش یک معاون را برای آلفا و ناظم را برای گروه بازی می‌کند. پایین‌ترین طبقه گرگ خاکستری امگا است. گرگ‌های امگا نقش قربانی را برای سایر اعضای گروه دارند. آنها آخرین گرگ‌هایی هستند که اجازه خوردن غذا را دارند. اگر گرگی آلفا، بتا یا امگا نباشد او فرمانبردار (یا دلتا) نامیده می‌شود. گرگ‌های دلتا از آلفاها و بتاها تبعیت می‌کنند و به امگاها حکمرانی

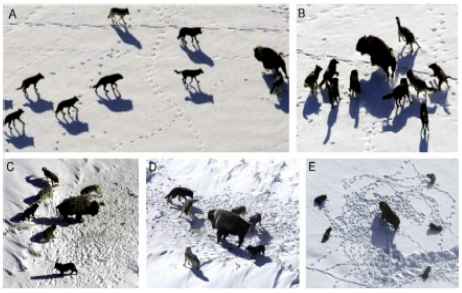
Archive of SID

www.SID.ir

می‌کنند. پیشاهنگ‌ها و دیده‌بان‌ها، به این گروه تعلق دارند.

در سلسله مراتب زندگی اجتماعی گرگ‌ها، شکار دسته جمعی، رفتار جالب اجتماعی دیگر گرگ‌های خاکستری است. مطابق نظرMuro و همکارانش فازهای اصلی شکار گرگ خاکستری به ترتیب زیر و این مراحل در نگاره ۱ نشان داده شده است *(Muro et al., 2011)*.

- ردگیری، وادار به فرار کردن، و نزدیک شدن به شکار (نگاره ۱-A)
- تعقیب، محاصره کردن، به هم زدن کارآیی شکار تا اینکه از حرکت بایستد. (نگاره ۱-B, ۱-C and ۱-D)
- حمله به سوی شکار(نگاره ۱-E)




**نگاره ۱: رفتار شکار گرگ‌های خاکستری**

## مدل ریاضی الگوریتم گرگ خاکستری

در این بخش حکومت اجتماعی، دور زدن شکار، تشخیص موقعیت طعمه، ردگیری و حمله به شکار جمعی به صورت مدل ریاضی ارائه می‌شود.

### - حکومت اجتماعی گرگ‌ها

برای مدلسازی ریاضی حکومت اجتماعی گرگ‌ها هنگام طراحی GWO، شایسته‌ترین راه حل را گرگ $\alpha$، نامگذاری می‌کنند.

در نتیجه، دومین و سومین راه‌حل‌های بهتر به ترتیب گرگ $\beta$و $\delta$ نامیده شدند. راه‌حل‌های باقیمانده فرض می‌شود که $\omega$هستند. لذا در الگوریتم GWO بهینه سازی با $\alpha$ و $\beta$و $\delta$رهبری می‌شود و گرگ‌های $\omega$ از این سه دسته پیروی می‌کنند.

### - دور زدن شکار

گرگ‌های خاکستری در طول شکار طعمه را دور می‌زنند. برای مدلسازی ریاضی رفتار دور زدن معادلات زیر پیشنهاد شده است.

$$\vec{D} = \left|\vec{C}\cdot\vec{X}_P(t) - \vec{X}(t)\right|$$

$$\vec{X}(t+1) = X_P(t) - \vec{A}\cdot\vec{D}$$

که t نشاندهنده تکرار جریان، A و C ضریب بردار، $\vec{X}_P$ بردار موقعیت شکار، و X نشاندهنده بردار موقعیت یک گرگ خاکستری است.

بردارهای A و C مطابق زیر محاسبه می‌شوند:

$$\vec{A} = 2\vec{a}\cdot\vec{r}_1 - \vec{a}$$

$$\vec{C} = 2\cdot\vec{r}_2$$

که عناصر $\vec{a}$ به طور خطی از ۲ به ۰ تحت مسیر تکرارها کاهش می‌یابند و $r_1$ و $r_2$ بردارهای تصادفی در بازه $[0,1]$ هستند.

### - تشخیص موقعیت طعمه

گرگ‌های خاکستری توانایی تشخیص موقعیت طعمه و دور زدن آنها را دارند. شکار کردن معمولاً توسط آلفا راهنمایی می‌شود. همچنین بتا و دلتا ممکن است بعضی اوقات در شکار مشارکت کنند. بنابراین، در یک فضای جستجوی مطلق هیچ راه‌حلی درباره موقعیت بهینه (شکار) نداریم. برای شبیه‌سازی ریاضی رفتار شکار گرگ‌های خاکستری فرض می‌کنیم که آلفا (بهترین حل کاندیدا)، بتا و دلتا آگاهی کافی درباره موقعیت بالقوه شکار دارند. بنابراین، اولین سه حل بهتر بدست آمده تا اینجا را ذخیره می‌کنیم و عامل‌های دیگر جستجو (امگاها) را مجبور می‌کنیم تا موقعیت خودشان را مطابق موقعیت بهترین عامل‌های جستجو به روز کنند. (طبق روابط زیر)

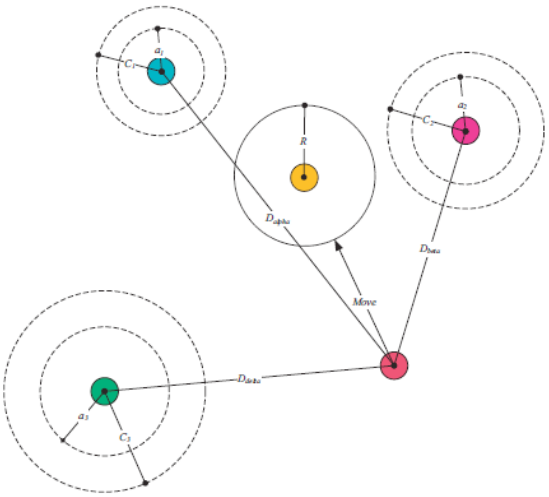
$$\vec{D}_\alpha = \left|\vec{C}_1\cdot\vec{X}_\alpha - \vec{X}\right|,\quad \vec{D}_\beta = \left|\vec{C}_2\cdot\vec{X}_\beta - \vec{X}\right|,\quad \vec{D}_\delta = \left|\vec{C}_3\cdot\vec{X}_\delta - \vec{X}\right|$$

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1\cdot(\vec{D}_\alpha),\quad \vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2\cdot(\vec{D}_\beta),\quad \vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3\cdot(\vec{D}_\delta)$$

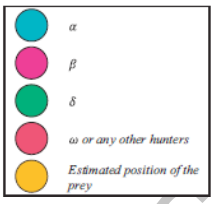
$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3}$$

نگاره ۲ نشان می‌دهد که چطور یک عامل جستجو،

Archive of SID
www.SID.ir




نگاره ۲: به روز کردن موقعیت در GWO




موقعیت خودش را مطابق با آلفا، بتا و دلتا در فضای جستجوی دو بعدی به روز می‌کند. موقعیت نهایی می‌تواند در یک مکان اتفاقی داخل یک دایره که با موقعیت‌های آلفا، بتا و دلتا در فضای جستجو مشخص شده است، باشد. به عبارت دیگر آلفا، بتا و دلتا موقعیت شکار را تخمین می‌زنند و گرگ‌های دیگر موقعیت خودشان را بطور تصادفی در اطراف طعمه به روز می‌کنند.

**- حمله به طعمه (استخراج)**

گرگ‌های خاکستری، حمله به شکار را هنگامی که طعمه از حرکت باز می‌ایستد، تمام می‌کنند. برای به دست آوردن مدل ریاضی طعمه، مقدار $\vec{a}$ را کاهش می‌دهیم. توجه کنید که رنج تغییرات $\vec{A}$ بوسیله $\vec{a}$ کاهش یافته است. به عبارت دیگر، $\vec{A}$ یک مقدار تصادفی در فاصله $[-2a,2a]$ است که a از ۲ به ۰ تحت مسیر تکرارها کاهش می‌یابد. هنگامی که مقادیر تصادفی A در بازه $[-1,1]$ هستند، موقعیت بعدی عامل جستجو می‌تواند در هر موقعیت بین موقعیت جاری خودش و موقعیت طعمه باشد.

**- جستجوی طعمه (اکتشاف)**

گرگ‌های خاکستری اساساً مطابق موقعیت آلفا، بتا و دلتا جستجو می‌کنند. آنها برای جستجوی شکار از یکدیگر دور می‌شوند و برای حمله به شکار به هم نزدیک می‌شوند.

برای مدلسازی ریاضی واگرایی ما $\vec{A}$ را با مقادیر تصادفی بزرگتر از ۱ یا کمتر از ۱- برای مجبور کردن عامل جستجو برای دور شدن از شکار بکار می‌بریم. این موضوع به الگوریتم GWO اجازه جستجوی کلی را می‌دهد.

## ٤-۲- الگوریتم فرهنگی

الگوریتمهای فرهنگی در سال ۱۹۹٤ توسط Reynolds معرفی شده است *(Reynolds, 1994)*. این الگوریتم از تکامل فرهنگ انسان‌ها و تأثیرپذیری افراد یک جامعه از آن و اثر آن در ایجاد نسل‌های آینده الهام گرفته شده است. این الگوریتم دو فضای جستجو را در مراحل بهینه‌سازی در نظر می‌گیرد، به بیان دیگر الگوریتم‌های فرهنگی شاخه‌ای از محاسبات تکاملی است که در آن علاوه بر فضای جمعیت[1]، که بر مبنای نظریه ژنتیکی داروین است، مؤلفه‌ای به نام فضای باور[2] نیز وجود دارد. این الگوریتم از حوزه دانش برای فرآیند جستجو استفاده می‌کند. در واقع در فضای باور گروهی از افراد نخبه (یا افرادی که وزن بیشتری دارند یا بیشتر مورد توجه هستند) انتخاب می‌شوند و در فضای جمعیت روشی برای تأثیر این فضای باور بر روی تولید افراد در نظر گرفته می‌شود. اضافه شدن حوزه دانش در بهبود کارائی الگوریتم‌های تکاملی مؤثر است و فرآیند جستجو را هوشمندانه‌تر می‌کند. از این

1- Population Space

2- Belief Space

Archive of SID

www.SID.ir

دیدگاه، به الگوریتم‌های فرهنگی می‌توان به عنوان گسترشی از الگوریتم‌های ژنتیک نگاه کرد. این الگوریتم دارای دانش‌های مختلفی در فضای باور خویش است که به امر جستجو کمک می‌کند. اجزای الگوریتم فرهنگی الف) فضای جمعیت، ب) فضای باور، پ) تابع پذیرش و ت) تابع تأثیر[1] می‌باشد که در ادامه به توضیح آنها خواهیم پرداخت.

**الف- فضای جمعیت**

فضای اصلی با مقداردهی اولیه کار خود را شروع کرده و استخراج فرهنگ و ذخیره آن در فضای باور در این قسمت انجام می‌گیرد. مؤلفه جمعیت یک الگوریتم فرهنگی تقریباً مشابه همین مؤلفه در الگوریتم ژنتیک است.

**ب- فضای باور**

فضای باور یک الگوریتم فرهنگی به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود. این بخش‌ها نماینده حوزه‌های مختلف دانشی هستند که جمعیت از فضای جستجو دارد. در فضای باور، تجربیات عمومی شده افراد موفق از فضای جمعیتی، به دست آمده و این تجارب در سراسر نسل و نسل‌های بعدی شکل گرفته و ذخیره می‌شود. لذا در واقع اطلاعات فرهنگ افراد در فضای باور مدل می‌شود. این تجارب بر تمامی نسل‌های آینده تأثیرگذار و منتقل می‌گردد. در واقع، این فضا برای هرس کردن فضای جمعیت مؤثر است. هر فرد یک ذره در فضای جستجو است که فضای باور برای دور ساختن افراد از ناحیه‌های نامطلوب و سوق دادن آنها به سمت ناحیه‌های امیدبخش و نزدیک به جواب به کار برده می‌شود. دانش‌های مختلفی نظیر دانش موقعیتی[2] (وضعی)، دانش هنجاری[3] (معیار)، دانش توپوگرافی[4] (مؤلفه ریختی)، دانش تاریخچه[5] و دانش بازه[6] برای تشکیل فضای باور تشکیل شده‌اند (*Engelbrecht, 2007*) . در این مقاله از دو دانش موقعیتی و دانش هنجاری به شکل زیر برای تغییر فضای فرهنگ[7] استفاده خواهیم نمود:

$$B.S.(t) = \{S(t), N(t)\}$$

که در آن B.S: فضای باور، $S(t)$: دانش موقعیتی و $N(t)$: دانش هنجاری می‌باشد.

**دانش موقعیتی یا وضعی**

بهترین راه‌حل‌های هر نسل (و یا نسل جاری) را به عنوان مؤلفه وضعی در نظر می‌گیریم. نقطه‌ای که در فرهنگ به عنوان هدف در نظر گرفته می‌شود. در اینجا دانش موقعیتی شامل بهترین ذره سراسری است و طبق رابطه زیر فضای اعتقادی (فرهنگ) به روز می‌شود:

$$y(t+1) = \begin{cases} \min f(x_i(t)) & \min f(x_i(t)) \le f(y(t)) \\ x_i(t) & x_i(t) \\ y(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

**دانش هنجاری (معیار)**

این منبع دانش، مجموعه بازه‌های خوب و امیدبخش را که از مجموعه‌ای از ذرات خوب استخراج شده است، برای هر بعد از مسأله نگهداری می‌کند. اگر فضا رقابتی باشد هنجارها شکل مناسبی به خود می‌گیرند و در صورت مراجعه به هنجارها نهایتاً منجر به بهبود جواب‌ها می‌شود. این دانش طبق رابطه زیر اعمال می‌شود. در اینجا، n معرف تعداد ابعاد مسأله است و هر $X$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$N = \{X_1, X_2, X_3, ...., X_n\}$$
$$X_i = [l_i \quad u_i \quad L_i \quad U_i]$$

که در آن $l_i$ و $u_i$ به ترتیب حد بالا و حد پایین بعد $i$ام می‌باشند، $L_i$ و $U_i$ مقدار تابع شایستگی در آن حدود می‌باشد.

طبق این دانش، فضای جستجو رفته رفته کوچکتر و به ناحیه‌های خوب نزدیکتر می‌شود.

1- Influence function
2- Situational Knowledge
3- Normative Knowledge
4- Topography Knowledge
5- History Knowledge
6- Domain Knowledge
7- Adjust Belief

Archive of SID

در این مقاله دانش معیار طبق روابط زیر به روز شدند (Engelbrecht, 2007):

$$x_{\min,j}(t+1)=\begin{cases}x_{ij}(t) & \text{if } x_{ij}(t)\le x_{\min,j}(t) \text{ or } f(x_i(t))<L_j(t)\\ x_{\min,j}(t) & otherwise\end{cases}$$

$$x_{\max,j}(t+1)=\begin{cases}x_{ij}(t) & \text{if } x_{ij}(t)\ge x_{\max,j}(t) \text{ or } f(x_i(t))<U_j(t)\\ x_{\max,j}(t) & otherwise\end{cases}$$

$$L_j(t+1)=\begin{cases}f(x_i(t)) & \text{if } x_{ij}(t)\le x_{\min,j}(t) \text{ or } f(x_i(t))<L_j(t)\\ L_j(t) & otherwise\end{cases}$$

$$U_j(t+1)=\begin{cases}f(x_{ij}(t)) & \text{if } x_{ij}(t)\ge x_{\max,j}(t) \text{ or } f(x_i(t))<U_j(t)\\ U_j(t) & otherwise\end{cases}$$

### پ- تابع پذیرش[1]

از انواع تابع پذیرش استاتیک و دینامیک در این الگوریتم می‌توان استفاده نمود. در این مقاله از تابع پذیرش دینامیک به این صورت استفاده شد که تعداد نفراتی که برروی فرهنگ تأثیر می‌گذارند، در هر تکرار متغیر بوده و تعداد اعضای جمعیت از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$n=\left[\frac{n_s\times\gamma}{t}\right]$$

که در آن $n_s$ اندازه جمعیت و $\gamma$ یک عدد تصادفی بین صفر و یک و t شماره تکرار الگوریتم می‌باشد.

### ت- تابع تأثیر[2]

فضای باور با استفاده از عملگر جهش بر روی فضای جمعیت تأثیر می‌گذارد. این تأثیر از دو راه؛ یکی اندازه جهش و دیگری جهت جهش ممکن می‌باشد. در این مقاله از مؤلفه وضعی برای تعیین جهت حرکت و مؤلفه هنجاری برای تعیین میزان حرکت برای تغییر پاسخ‌ها طبق رابطه‌های زیر استفاده شد (Engelbrecht, 2007).

$$x'_{ij}(t)=\begin{cases}x_{ij}(t)+\sigma_{ij}\left|N(0,1)\right| & x_{ij}(t)<y_j(t)\\ x_{ij}(t)-\sigma_{ij}\left|N(0,1)\right| & x_{ij}(t)>y_j(t)\\ x_{ij}(t)+\sigma_{ij}N(0,1) & otherwise\end{cases}$$

$$\sigma_{ij}(t)=\alpha\left[x_j^{\max}(t)-x_j^{\min}(t)\right]$$

1- Acceptance
2- Influence Function

### ۴-۳- الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز

این الگوریتم با الهام از تکثیر و رشد علف‌های هرز با الهام گرفتن از طبیعت توسط محرابیان و لوکاس معرفی شده است (Mehrabian & Lucas, 2006). طبق تعریف، علف‌های هرز به گیاهانی ناخواسته اطلاق می‌شود که دارای رفتار تهاجمی برای رشد بوده و به عنوان تهدیدی برای دیگر گیاهان زراعی مفید می‌باشند و جلوی رشد آنها را می‌گیرند. این الگوریتم در عین سادگی، در یافتن نقاط بهینه بسیار مؤثر و سریع می‌باشد. در واقع این الگوریتم براساس ویژگی‌های طبیعی علف‌های هرز مانند تولید بذر، رشد و تنازع برای بقا عمل می‌کند. جزییات گام‌های الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز را می‌توان به طور خلاصه به صورت زیر بیان کرد:

الف- تولید جمعیت تصادفی اولیه (پخش دانه‌ها) در فضای مورد نظر و ارزیابی تابع هدف آنها

یک جمعیت اولیه در فضای حل مسأله به صورت تصادفی پراکنده و سپس ارزیابی می‌شوند.

ب- تولیدمثل بر مبنای شایستگی و به روز رسانی انحراف معیار (پراکندگی محیطی)

**- تولید مثل**

هر عضو از جمعیت بر طبق توانایی‌اش می‌تواند براساس کمترین و بیشترین شایستگی بین دو مقدار تعیین شده، تولید دانه کند. تعداد دانه‌هایی که هر گیاه می‌تواند تولید کند به طور خطی از کمترین تعداد دانه ممکن تا بیشترین تعداد $(S_{\min},S_{\max})$ ممکن تغییر می‌کند. نحوه محاسبه تعداد دانه‌های تولیدی در اطراف هر علف طبق رابطه زیر می‌باشد:

$$Seed_i=Round\left\{S_{\min}+(S_{\max}-S_{\min})\times\frac{N_{weed}-rank_i}{N_{weed}-1}\right\}$$

که در آن $rank_i$: رتبه علف $i$ام، $Round$: تابع گرد کردن اعداد، $N_{weed}$: تعداد علف‌های اولیه، $S_{\max}$: ماکزیمم دانه‌های قابل تولید در اطراف هر علف، $S_{\min}$: مینیمم دانه‌های قابل تولید در اطراف هر علف و $Seed_i$: تعداد دانه‌های تولیدی در اطراف علف $i$ام می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

**- پراکندگی محیطی (فضایی)**

دانه‌های تولید شده در فضای جستجو در این مرحله به طور تصادفی با توزیع نرمال (با میانگین صفر و واریانس از پیش تعیین شده می‌باشد) در فضای مسأله پخش می‌شوند: یعنی دانه‌ها نزدیک به والدشان (علف‌ها) توزیع می‌شوند. مقدار انحراف معیار $(\sigma_{iter})$ در هر مرحله از تکرار الگوریتم؛ از مقدار اولیه تعریف شده $(\sigma_{initial})$ تا مقداری نهایی تعریف شده $(\sigma_{final})$ به صورت غیرخطی طبق رابطه زیر کاهش می‌یابد. یعنی هرچه به انتهای کار الگوریتم نزدیک می‌شویم دانه‌ها بیشتر حول جواب‌های به دست آمده تولید می‌شود و پراکندگی کمتری نسبت به شروع الگوریتم دارند.

$$\sigma_{iter_i} = \left(\frac{\max_iter - iter_i}{\max_iter}\right)^n (\sigma_{initial} - \sigma_{final}) + \sigma_{final}$$

که در آن، max_iter بیشترین تعداد دفعات تکرار الگوریتم، $iter_i$ تکرار $i$ام الگوریتم، $n$ ضریب غیرخطی و $_{iter}$ مقدار انحراف معیار تکرار $i$ام الگوریتم می‌باشد.

**پ-ادامه حیات علف‌های با مطلوبیت بیشتر (حذف رقابتی)**

اگر یک علف تولیدمثل نداشته باشد از بین خواهد رفت. بنابراین به یک رقابت بین علف‌ها برای محدود کردن حداکثر تعداد علف‌ها نیاز است. با توجه به اینکه بعد از چند مرحله از تکرار الگوریتم، تعداد دانه‌ها در اثر تولید مثل زیاد می‌شوند؛ لذا باید مکانیزمی برای کنترل تعداد کل دانه‌ها در الگوریتم تعریف شود. با رسیدن به تعداد ماکزیمم دانه‌های مجاز $(P_{\max})$ باید دانه‌های ضعیف حذف شوند به نحوی که جمعیت دانه‌ها همان حد ماکزیمم $(P_{\max})$ بماند.

**ت- ادامه پروسه تا رسیدن به گیاهان با بهترین مطلوبیت با چک کردن شرایط خاتمه الگوریتم**

## ٤-٤- الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات

این الگوریتم مبتنی بر حرکت توده ذرات توسط Kennedy و همکار ایشان با الهام از رفتار دسته جمعی پرندگان در طبیعت ایجاد شده است *(Kennedy & Eberhart, 1995)*. از آنجایی که استفاده از این الگوریتم تنها نیازمند یکسری عملگرهای محاسباتی ابتدایی است، اجرای این الگوریتم ساده و از نظر هزینه‌های اقتصادی مقرون به صرفه است. عملکرد این الگوریتم به این شکل می‌باشد که اگر دسته‌ای از ذرات به عنوان متغیرهای بهینه‌سازی در محیط جستجو پخش شوند، واضح است که بعضی از ذرات موقعیت بهتری نسبت به ذرات دیگر خواهند داشت. در نتیجه بر طبق رفتار ذرات هجومی بقیه ذرات سعی می‌کنند موقعیت خود را به موقعیت ذرات برتر برسانند، در عین حال موقعیت ذرات برتر نیز در حال تغییر است. لازم به ذکر است که تغییر موقعیت هر ذره براساس تجربه خود ذره در حرکات قبلی و تجربه ذرات همسایه صورت می‌گیرد. در واقع هر ذره از برتری یا عدم برتری خود نسبت به ذرات همسایه و همچنین نسبت به کل گروه آگاه است. مراحل اجرای این الگوریتم به شرح ذیل می‌باشد:

۱- ایجاد جمعیت اولیه

۲- تعیین بهترین ذره و بهترین خاطره شخصی هر کدام از ذرات

۳- بروزرسانی سرعت و موقعیت برای تمام ذرات

٤- تعیین بهترین ذره و بهترین خاطره شخصی هر کدام از ذرات

۵- در صورت برآورده نشدن شرایط خاتمه برو به ۳، و در غیر اینصورت اتمام الگوریتم

## ٤-۵- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک توسط Holland ارائه شده و از اصل بقای داروین (مدلسازی تکامل در طبیعت که همیشه در پی رسیدن به بهترین شرایط‌اند) پیروی می‌کند *(Holland, 1975)*. به طور کلی الگوریتم‌های ژنتیک با توجه به شرایط مسأله می‌تواند به شیوه‌های متفاوتی طراحی و پیاده‌سازی گردد.

## ۵- مکانیابی بانک‌ها روی قسمتی از شهر تبریز

برای پیاده‌سازی الگوریتم طراحی شده توسط پنج روش بهینه‌سازی فراابتکاری، قسمت اعظمی از شهرداری منطقه ۳ تبریز به مساحت ۲۸۵/۶۱ هکتار به عنوان منطقه نمونه

Archive of SID

www.SID.ir

**نگاره ۳: نحوه پراکندگی مکانی بانک‌های موجود به همراه پراکندگی جمعیت در محدوده مورد مطالعه**

آزمایشی انتخاب گردید. جمعیت کل این بخش ۱۹۳۸۷ نفر (بالای ۱۵ سال) با تراکم متوسط جمعیتی معادل حدود ۶۸ نفر در هر هکتار می‌باشد و تعداد بانک‌های در نظر گرفته شده (ملی ٤ شعبه – سپه ۵ شعبه – ملت ۳ شعبه – مهر ۱ شعبه) در کل منطقه مورد مطالعه، ۱۳ بانک می‌باشد. اگر ابعاد پیکسل‌های مورد جستجو را ۱۰ در ۱۰ مترمربع در نظر بگیریم، الگوریتم مورد استفاده باید از بین حدود ۲۸۵۶۱ پیکسل منطقه به جستجو بپردازد. محدوده مطالعاتی و نحوه پراکندگی مکانی بانک‌های موجود و بلوک‌های ساختمانی به همراه پراکندگی جمعیت در نگاره ۳، نشان داده شده است. لازم به توضیح است که این داده‌ها در قالب Geodatabase در نرم افزار ArcGIS10 بکار گرفته می‌شوند.

## ٦-پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج مکانیابی رقابتی بانک‌ها

هدف در این پیاده‌سازی تأسیس یک بانک ملت با توجه به مکان شعب بانک ملت موجود و بانک‌های رقیب در منطقه می‌باشد، بطوریکه فاصله بانک جدیدالتأسیس ملت تا شعب موجود بانک ملت بیشینه شده تا اولاً تعداد مشتری جذب شده از ۲۱۲۵ نفر کمتر نشده و همچنین کلیه تغییرات مشتریان تمام شعب فعال موجود در آن منطقه در اثر تأسیس بانک جدید ملت از ۳۰ درصد جمعیت جذب شونده قبلی، کمتر نشود.

برای ارزیابی دقت الگوریتم‌ها در مسأله پیشنهادی، در این تحقیق از تکرارپذیری و همگرایی الگوریتم‌ها استفاده شده است. نتایج حاصل از همگرایی الگوریتم‌های استفاده شده در این تحقیق با ۱۰۰ بار تکرار الگوریتم‌ها، در نگاره ٤ ارائه شده است. برای مقایسه بهتر، محور هزینه به صورت لگاریتمی ارائه شده است. طبق این نگاره می‌توان گفت که الگوریتم IWA نسبت به چهار الگوریتم دیگر همگرایی بهتری دارد. از نظر همگرایی الگوریتم‌ها روش‌های بهینه‌سازی PSO و GW در اولویت‌های بعدی قرار دارند. همچنین در جدول شماره ۱ جواب و هزینه در تکرار ۵۰ الگوریتم‌ها با ۵ بار تکرار اجرای این الگوریتم‌ها ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد که الگوریتم IWA در یافتن جواب مسأله بهتر عمل کرده و نتیجه تکرارها در این الگوریتم به هم نزدیک می‌باشند و همچنین میزان هزینه بدست آمده نیز در این الگوریتم نسبت به الگوریتم‌های بهتر است. همچنین جواب‌های دو الگوریتم PSO و GW در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

لازم به ذکر است که تعداد پارامترهای تنظیم الگوریتم بهینه‌سازی IWA به مراتب بیشتر از روش بهینه‌سازی PSO و GW است.

Archive of SID
www.SID.ir

**جدول ۱: جواب الگوریتم PSO، GW، IWA،GA و CA در تکرارهای مختلف به همراه مقدار تابع هزینه (تعداد تکرار الگوریتم=۵۰)**

| تکرار | IWA | | GW | | CA | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | مختصات بانک جدید التاسیس بانک ملت | مقدار تابع هدف $10^{-6}$ | مختصات بانک جدید التاسیس بانک ملت | مقدار تابع هدف $10^{-6}$ | مختصات بانک جدید التاسیس بانک ملت | مقدار تابع هدف $10^{-6}$ |
| ۱ | (27.67,143.52) | 287.12 | (27.60,143.32) | 287.91 | (25.76,141.43) | 288.03 |
| ۲ | (27.61,143.50) | 287.19 | (27.61,143.43) | 287.83 | (27.30,143.50) | 289.39 |
| ۳ | (27.65,143.56) | 287.04 | (27.97,143.43) | 287.90 | (27.71,143.87) | 289.05 |
| ٤ | (27.67,143.61) | 287.02 | (27.81,143.41) | 287.92 | (24.98,140.71) | 288.61 |
| ۵ | (27.63,143.63) | 287.21 | (27.82,143.39) | 287.88 | (25.23,141.11) | 288.90 |

**ادامه جدول ۱:**

| تکرار | GA | | PSO | |
|---|---|---|---|---|
| | مختصات بانک جدید التاسیس بانک ملت | مقدار تابع هدف $10^{-6}$ | مختصات بانک جدید التاسیس بانک ملت | مقدار تابع هدف $10^{-6}$ |
| ۱ | (29.96,143.93) | 289.93 | (25.21,141.16) | 287.56 |
| ۲ | (126.10,128.92) | 375.16 | (27.63,143.46) | 287.57 |
| ۳ | (49.04,149.37) | 302.03 | (39.03,150.39) | 290.03 |
| ٤ | (36.07,147.62) | 291.46 | (27.76,143.51) | 288.57 |
| ۵ | (53.94,141.11) | 324.86 | (27.69,143.42) | 287.45 |

آزمون آماری ویلکاکسون جهت مقایسه داده‌ها در دو گروه وابسته به یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا در جدول شماره ۲ مقایسه‌ای بین الگوریتم IWA با چهار الگوریتم CA، GA، PSO و GW از لحاظ مقدار تابع هدف براساس آزمون آماری ویلکاکسون در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شده (فرضیه صفر در این آزمون بیانگر عدم تفاوت و فرضیه مقابل آن نشان دهنده وجود تفاوت می‌باشد) و نتیجه به این صورت می‌باشد که هر چهار الگوریتم از لحاظ دقت، نسبت به روش IWA دارای دقت پایینی هستند.

همچنین طبق جدول ۳ می‌توان دریافت که زمان اجرای الگوریتم PSO نسبت به زمان بقیه الگوریتم‌ها کمتر و زمان اجرای الگوریتم IWA نسبت به بقیه روش‌ها بیشتر است. لازم به ذکر است درست که زمان اجرای الگوریتم PSO نسبت به چهار روش دیگر کمتر است اما جواب‌های ناهمگون و با مقدار تابع هدف بیشتر را نسبت به الگوریتم IWA در جواب‌ها ارائه می‌دهد.

**جدول ۲: مقایسه الگوریتم IWA با چهار الگوریتم GA، CA، PSO و GW از لحاظ مقدار تابع هدف براساس آزمون آماری ویلکاکسون در سطح اطمینان ۹۵ درصد (−1→ worse, 0→equal and +1→ better )**

| آزمون آماری ویلکاکسون | روش بهینه سازی |
|---|---|
| -1 | CA |
| -1 | GW |
| -1 | GA |
| -1 | PSO |

Archive of SID
www.SID.ir

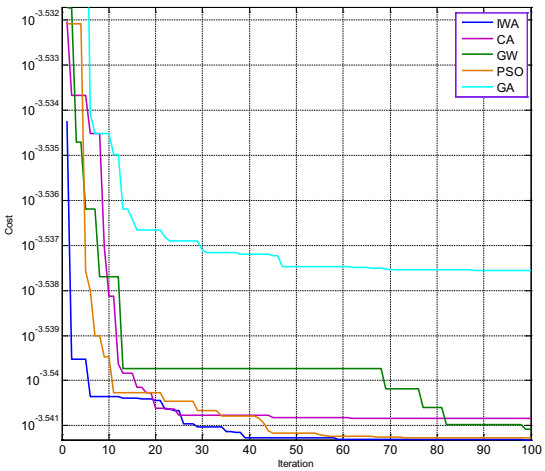
جدول ۳: مقایسه پنج الگوریتم IWA، PSO، GA، CA و GW از نظر مدت زمان اجرای الگوریتم
(تعداد تکرار الگوریتم= ۳۰)

| Set parameter | GW | IWA | CA | GA | PSO |
|---|---|---|---|---|---|
| Pop.=50 and Iter.=50 | $44.72 \pm 0.72$ | $54.10 \pm 1.13$ | $43.22 \pm 1.66$ | $43.52 \pm 1.66$ | $22.31 \pm 0.78$ |
| Pop.=50 and Iter.=100 | $90.46 \pm 0.56$ | $102.85 \pm 3.20$ | $85.05 \pm 2.09$ | $87.17 \pm 3.11$ | $45.01 \pm 1.89$ |
| Pop.=100 and Iter.=50 | $89.59 \pm 1.51$ | $96.56 \pm 2.92$ | $85.36 \pm 0.45$ | $86.09 \pm 1.01$ | $48.76 \pm 1.16$ |
| Pop.=100 and Iter.=100 | $181.19 \pm 4.94$ | $211.81 \pm 4.13$ | $176.13 \pm 4.76$ | $175.19 \pm 3.81$ | $88.00 \pm 3.65$ |

جهت تعیین درصد تغییرات پوشش جذب مشتریان قبل و بعد از تأسیس بانک جدید، برنامه‌ای در نرم‌افزار Matlab نوشته شد، که ابتدا بدون اضافه نمودن بانک جدید میزان مراجعه مشتریان را طبق قانون هاف $(per1)$ محاسبه می‌شود و در مرحله بعدی با اضافه کردن بانک جدید توسط الگوریتم‌های بهینه سازی دوباره میزان مراجعه مشتریان طبق قانون هاف $(per2)$ محاسبه می‌شود که در نتیجه میزان تغییرات طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$change = \frac{(per2)-(per1)}{(per1)} \times 100$$

طبق جدول شماره ٤ می‌توان گفت که درصد تغییرات پوشش جذب مشتریان قبل و بعد از تأسیس بانک جدید در روش IWA بیشتر بوده است.




نگاره ٤: همگرایی الگوریتم IWA، PSO، GA، CA و GW

در مقایسه کلی این الگوریتم‌ها می‌توان گفت: درست که دقت، همگرایی و پیدا نمودن مکان بهینه روش IWA نسبت به روش‌های دیگر بیشتر است اما این روش نیاز به وقت بیشتری برای تنظیم پارمترهای الگوریتم و زمان بیشتری برای اجرای الگوریتم در حل مسأله مکانیابی بانک‌ها تحت شرایط رقابتی را دارد.

جدول ٤: درصد تغییرات پوشش جذب مشتریان توسط پنج الگوریتم IWA، PSO، GA، CA و GW

| GW | IWA | CA | GA | PSO |
|---|---|---|---|---|
| +10.3 | +11.2 | +9.3 | +8.1 | +9.7 |

## ۷-نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مکانیابی صحیح تسهیلات مانند بانک‌ها قبل از تأسیس آن امری حیاتی در جهت جذب مشتری می‌باشد تا از لحاظ اقتصادی به صرفه باشد، لذا توسعه یک روش مناسب برای بهینه‌سازی مکانیابی بانک‌ها می‌تواند در درآمد آنها اثر به سزایی داشته باشد. در این تحقیق ابتدا با توجه به نظر کارشناسان در زمینه مکانیابی بانک‌ها، پارامترهای لازم برای مکانیابی بهینه بانک‌ها تعیین شدند. سپس این پارامترها در دو گروه کلی تابع هدف و قیدها به صورت زیر تقسیم‌بندی شده، و پیاده‌سازی‌ها بر همین اساس انجام شده است.

هدف مسأله: شعبه جدید التأسیس بیشترین فاصله را با شعب همان بانک داشته باشد.

قید۱: کمتر نشدن جذب احتمالی مشتری به بانک جدید التأسیس از یک حد مشخص (جهت توجیه اقتصادی ایجاد بانک جدید)

Archive of SID
www.SID.ir

قید۲: کمتر نشدن مشتریان هم نوع بانک از یک حدی پس از ایجاد شعبه جدید بانک (جهت توجیه اقتصادی ایجاد بانک جدید)

برای حل موضوع این تحقیق، پنج روش الگوریتم بهینه‌سازی فرهنگی، علف‌های هرز، اجتماع ذرات، ژنتیک و گرگ خاکستری انتخاب و نتیجه آنها با هم مقایسه شدند. الگوریتم‌ها از لحاظ تکرارپذیری، همگرایی و زمان اجرای شان مورد سنجش قرار گرفتند که نتیجه حاصل نشانگر ثبات و همگرایی بهتر الگوریتم IWA در حل این مسأله دارد. همچنین تست آماری ویلکاکسون نشان از عملکرد بهتر روش IWA نسبت به چهار روش دیگر دارد. اما لازم به ذکر است این روش به تعداد پارامترهای زیادی برای تنظیم کردن نیاز داشته و زمان اجرای این الگوریتم از دیگر روش‌ها بیشتر می‌باشد.

برای کارهای آینده پیشنهاد می‌شود همزمان دو یا چند مرکز خدماتی به صورت همزمان در سطح منطقه مورد مطالعه، مکانیابی شود تا پیچیدگی این مسأله نیز بررسی شود. همچنین پیشنهاد می‌شود مسأله مطرح در این مقاله با دیگر روش‌های بهینه‌سازی مثل الگوریتم جهش قورباغه‌ها، الگوریتم ماهی‌ها و غیره پیاده سازی شود تا از لحاظ سرعت، تکرارپذیری، همگرایی و دقت الگوریتم‌ها مقایسه شود.

## منابع و مآخذ

1- A.R. Mehrabian and C. Lucas, “A novel numerical optimization algorithm inspired from weed colonization” Ecological Informatics, vol 1,.pp 355–366, 2006.

2- Aboolian, R., O. Berman & D. Krass, "Competitive facility location and design problem", European Journal of Operational Research, No.182, Pp. 40–62, 2007.

3- Andries P. Engelbrecht Computational Intelligence An Introduction, Second Edition 2007, John Wiley & Sons. pp261-275

4- Aras, N., S. Yumusak & I.K. Altmel, "solving the capacitated multi-facility Weber problem by simulated annealing, threshold accepting and genetic algorithms", Springer, Operations Research/Computer Science Interfaces Series, No. 39, Pp. 91-112, 2007.

5- Aghamohammadi H., Saadi Mesgari M., Molaei D. & Aghamohammadi H., (2013) Development a Heuristic Method to Locate and Allocate the Medical Centers to Minimize the Earthquake Relief Operation Time, Iranian J Publ Health, Vol. 42, No.1, pp.63-71.

6- Azadeh, A, S.F. Ghaderi & A. Maghsoudi, "Location optimization of solar plants by an integrated hierarchical DEA PCA approach", Energy Policy; NO. 36, Pp. 3993-4004, 2008.

7- Badri, M.A., "Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem", International Journal of Production Economics, No. 62, Pp. 237-248, 1999.

8- Beresnev, V., "Branch-and-bound algorithm for a competitive facility location problem", Computers and Operations Research, No. 40 ,Pp. 2062–2070, 2013.

9- Bozkaya, B., S. Yanik & S. Balcisoy, "A GIS-Based Optimization Framework for Competitive Multi-Facility Location-Routing Problem", Springer Science+Business Media, Netw Spat Econ, No. 10 , Pp. 297–320, 2010. (DOI 10.1007/s11067-009-9127-6)

10- Brimberg , J., P. Hansen & N. Mladenovi, (2000) "Improvements and Comparison of Heuristics for Solving the Uncapacitated Multisource Weber Problem", Journal of Operations Research, Vol. 48, pp. 444-460.

11- Chou, C.C., "A fuzzy MCDM method for solving marine transshipment container port selection problems", Applied Mathematics and Computation; No. 186, Pp. 435-444, 2007.

12- Daskin, M.S., "Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications", Wiley, New York, 1995.

13- Drezner T., Drezner Z. , (2011) The gravity multiple server location problem, Computers & Operations Research, No. 38, pp694–701.

14- Drezner, Z., & H. Hamacher, "Facility Location: Applications and Theory", Springer, Berlin, 2002.

15- Holland, J.H. (1975). "Adaptations in Natural and Artificial Systems", Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.

16- Hotelling, H., "Stability in competition", Economic

Archive of SID

www.SID.ir

Journal, No.39, Pp. 41–57, 1929.

17- Karaganis A. and Mimis A., (2010), "A Geographical Information System Framework for Evaluating the Optimum Location of Point-Like Facilities," Asian Journal Of Information Technology, Vol. 10, No. 4, pp. 129-135.

18- Kennedy, J., Eberhart, R. C., (1995) "Particle swarm optimization", In Proceedings of IEEE international conference on neural networks, 1942–1948, New Jersey: IEEE Press.

19- Megiddo, N & K.J. Supowit, "On the complexity of some common geometric location problems", SIAM Journal on Computing, No.13, Pp. 182–96, 1984.

20- Muro C, Escobedo R, Spector L, Coppinger R. Wolf-pack (Canis lupus) hunting strategies emerge from simple rules in computational simulations. Behav Process 2011;88:192–7.

21- Murray, A. T. & R. L. Church, (1996) "Applying Simulated Annealing to Location-Planning Models", Journal of Heuristics, Vol. 2, pp. 31-53.

22- Onut, S, T. Efendigi & K.S. Soner, "A Combined Fuzzy MCDM Approach for Selecting Shoping Center Site: A Example form Istanbul, Turkey", Expert Systems with Applications, No. 37, Pp. 1973-1980, 2009.

23- R. Reynolds, An Introduction to Cultural Algorithms, In Proceedings Of the 3rd Annual on Evolutionary Programming, World Scientific, River Edge, NJ, pp. 131-139, 1994.

24- Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili, Andrew Lewis, Grey Wolf Optimizer, Advances in Engineering Software 69 (2014) 46–61

25- Suárez-Vega, R., D.R. Santos-Peñate, P. Dorta-González & M. Rodríguez-Díaz, "A multi-criteria GIS-based procedure to solve a network competitive location problem", Applied Geography, No. 31, Pp. 282-291, 2011.

26- Tabari, M., A. Kaboli, M.B. Aryanezhad, K. Shahanaghi & A. Siadat, "A new method for location selection: A Hybrid Analysis", Applied Mathematics and Computation, No. 206, Pp. 598-606, 2008.

27- Wolpert, DH. and Macready WG. No free lunch theorems for optimization. Evolut Comput, IEEE Trans 1997; 1:67–82.

28- Worboys, M., "GIS:A Computing Perspective", Bristol, PA: Taylor and Francis, 1995.

29- Yu, B., Z. Yang & C. Cheng, "Optimizing the Distribution of Shopping Centers with Parallel Genetic Algorithm", Engineering Applications of Artificial Intelligence, No. 20, Pp. 215-223, 2006.

30- Zhang, L. & G. Rushton, "Optimizing the size and locations of facilities in competitive multi-site service systems", Computers and Operations Research, No. 35, Pp. 327-338, 2008.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir