

الگوریتم رقابت استعماری تطبیقی گسسته جهت حل مسئله جایگذاری سنسور

شیرین خضری^۱، محمدرضا میبدی^۲

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، shirin.khezri@gmail.com

^۲ دانشگاه صنعتی امیرکبیر، mmeybodi@aut.ac.ir

چکیده- الگوریتم رقابت استعماری یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت تصادفی است که از ایده‌ی تکامل سیاسی- اجتماعی بشر الهام گرفته است. در این الگوریتم تعدادی کشور استعمارگر همراه با مستعمراتشان به جستجو برای یافتن نقطه‌ی بهینه عمومی برای حل مسئله بهینه‌سازی می‌پردازند. در این مقاله ابتدا مدل تغییر یافته‌ی الگوریتم رقابت استعماری به نام الگوریتم رقابت استعماری با سیاست جذب تطبیقی معرفی شده است که با افزودن پارامتر سرعت به کشورها، مکان هر مستعمره به صورت تطبیقی با دو مقدار بهترین به روز می‌شود. اولین مقدار، بهترین جواب از لحاظ شایستگی است که تاکنون برای هر مستعمره بطور مجزا بدست آمده است و دیگری کشور استعمارگر است که باعث می‌شود یک جستجوی هوشمندانه و هدفمندتر انجام شود. سپس نسخه‌ی باینری آن جهت حل مسائل گسسته ارائه شده است. عملکرد الگوریتم رقابت استعماری تطبیقی گسسته با مسئله جایگذاری سنسور که یک مسئله بغرنج است مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجربی حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی نشان دادند که کیفیت راه‌حل بهینه عمومی و سرعت همگرایی به نقطه بهینه در این الگوریتم در مقایسه با الگوریتم تابکاری فلزات و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت گروهی ذرات باینری بهبود قابل توجهی یافته است.

کلید واژه- الگوریتم رقابت استعماری، الگوریتم رقابت استعماری تطبیقی گسسته، حرکت تطبیقی، مسئله جایگذاری سنسور

آتش‌پز گرگری و لوکاس در سال ۲۰۰۷ ارائه شده است که نه از یک پدیده طبیعی، بلکه از یک پدیده اجتماعی - انسانی الهام گرفته است [۴].

در الگوریتم ICA، از آنجائیکه کشورها (مستعمرات) با یک زاویه معین به سمت استعمارگر حرکت می‌کنند، امکان گیر افتادن در دام بهینه محلی وجود دارد. در این مقاله روشی ارائه شده است که با افزودن پارامتر جهت و سرعت به کشورها، شعاع حرکت در فرایند جستجوی الگوریتم ICA بطور تطبیقی تنظیم می‌شود. با این روش امکان جستجوی هدفمندتری ایجاد می‌شود، در واقع بین جستجوی محلی و عمومی بطور مناسبی تعادل ایجاد می‌کند. الگوریتم رقابت استعماری ماهیت پیوسته دارد و در کارهای متعدد کارایی خود را ثابت کرده است [۵،۶،۷،۸،۹]. بسیاری از مسائل وجود دارند که ماهیت گسسته دارند. علاوه بر آن در بسیاری از کاربردها حل مسائل با فضای پیوسته نیز در فضای گسسته انجام می‌شود. بنابراین از آنجائیکه هم مسائل گسسته و هم مسائل پیوسته در یک فضای گسسته قابل حل هستند، نیاز به الگوریتم ICA گسسته احساس می‌شود.

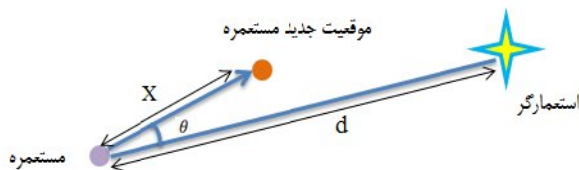
در این مقاله ابتدا مدل تغییر یافته‌ی الگوریتم رقابت استعماری به نام الگوریتم رقابت استعماری با مسیر حرکت تطبیقی معرفی

۱- مقدمه

نیاز به جستجو در حل مسائل کاربردی امری غیر قابل اجتناب و در عین حال دشوار است. به همین جهت تعداد زیادی از الگوریتم‌های جستجو با فلسفه‌ها و دامنه استفاده متفاوت بوجود آمده‌اند. الگوریتم‌های تکاملی دسته‌ای از الگوریتم‌های بهینه‌سازی تصادفی می‌باشند که در آنها از قوانین تکاملی موجود در طبیعت به منظور بهینه سازی استفاده می‌شود. این الگوریتم‌ها معمولاً برای حل مسائل بهینه‌سازی پارامتری که سایر روش‌های فرمال از حل آنها عاجزند مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله این روش‌ها می‌توان به الگوریتم‌های ژنتیک^۱ ارائه شده توسط هالند در سال ۱۹۶۲ [۱]، بهینه سازی حرکت گروهی ذرات^۲ معرفی شده توسط کندی و ابرهات در سال ۱۹۹۵ [۲] و الگوریتم تابکاری فلزات^۳ [۳] اشاره نمود. الگوریتم‌های بهینه سازی معرفی شده، به طور عمده الهام گرفته از فرایندهای طبیعی می‌باشند و در ارائه این الگوریتم‌ها به سایر نمودهای تکامل انسانی توجهی نشده است. اخیراً الگوریتم جدیدی با نام الگوریتم رقابت استعماری^۴ در زمینه محاسبات تکاملی، توسط

$$(2) \quad = (\quad) = \quad , \quad , \quad \dots ,$$

برای شروع الگوریتم، تعداد کشور اولیه را ایجاد می‌کنیم. تا این بهترین اعضای این جمعیت (کشورهای دارای کمترین مقدار تابع هزینه) را به عنوان امپریالیست انتخاب می‌کنیم. باقیمانده تا از کشورها، مستعمراتی را تشکیل می‌دهند که هر کدام به یک امپراطوری تعلق دارند. کشورهای استعمارگر با اعمال سیاست جذب (همگون سازی) در راستای محورهای مختلف بهینه‌سازی، کشورهای مستعمره را به سمت خود می‌کشند. شکل ۱، شمای کلی این حرکت را نشان می‌دهد.



شکل ۱- حرکت مستعمرات به سمت استعمارگر (سیاست جذب)

کشور مستعمره، به اندازه‌ی X واحد در جهت خط واصل مستعمره به استعمارگر، حرکت کرده و به موقعیت جدید کشانده می‌شود. در شکل، فاصله‌ی میان استعمارگر و مستعمره با d نشان داده شده است و X نیز عددی تصادفی با توزیع یکنواخت (و یا هر توزیع مناسب دیگر) می‌باشد. یعنی برای X داریم.

$$(3) \quad (0, x) \sim$$

که در آن β عددی بزرگتر از یک و نزدیک به ۲ می‌باشد. یک انتخاب مناسب می‌تواند $= 2$ باشد. وجود ضریب > 1 باعث می‌شود تا کشور استعمارگر، از جهت‌های مختلف به آن نزدیک شود.

در الگوریتم ICA، با یک انحراف احتمالی، مستعمره در مسیر جذب استعمارگر پیش می‌رود. این انحراف با زاویه نشان داده شده است که θ به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت انتخاب می‌شود، که این زاویه حرکت به صورت توزیع یکنواخت زیر در نظر گرفته شده است.

$$(4) \quad (-,) \sim$$

در حین حرکت مستعمرات به سمت کشور استعمارگر، ممکن است بعضی از این مستعمرات به موقعیتی بهتر از استعمارگر برسند، در این حالت کشور استعمارگر و کشور مستعمره جای خود را با هم عوض می‌کنند.

شده است که با افزودن پارامتر جهت و سرعت به کشورها، مکان هر مستعمره به صورت تطبیقی با دو مقدار بهترین به روز می‌شود. اولین مقدار، بهترین جواب از لحاظ شایستگی است که تاکنون برای هر مستعمره بطور مجزا بدست آمده است و دیگری کشور استعمارگر است که باعث می‌شود یک جستجوی هوشمندانه و هدفمندتر انجام شود. سپس نسخه‌ی باینری آن جهت حل مسائل گسسته ارائه شده است. ما الگوریتم رقابت استعماری تطبیقی گسسته را جهت حل مسئله جایگذاری سنسور^۵ آزمایش کردیم.

نتایج تجربی بدست آمده نشان داد که سرعت همگرایی و کیفیت راه حل بدست آمده به مراتب بهتر از الگوریتم تابکاری فلزات [۱۰] و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت گروهی ذرات باینری^۶ [۱۱] است.

ادامه این مقاله این گونه سازمان دهی شده است که در بخش دوم به معرفی الگوریتم ICA می‌پردازیم. سپس در بخش سوم الگوریتم ICA با مسیر حرکت تطبیقی ارائه می‌شود. در بخش چهارم الگوریتم رقابت استعماری تطبیقی گسسته ارائه می‌شود و در بخش پنجم نتایج تجربی الگوریتم پیشنهادی روی مسئله سنسور ارائه شده است، نهایتاً در بخش آخر به نتیجه‌گیری و جمع بندی می‌پردازیم.

۲- الگوریتم رقابت استعماری

الگوریتم رقابت استعماری یک الگوریتم جدید در زمینه محاسبات تکاملی است که همانند دیگر الگوریتم‌های تکاملی، این الگوریتم نیز با تعدادی جمعیت اولیه تصادفی که هر کدام از آن‌ها یک کشور نامیده می‌شوند، شروع می‌شود. تعدادی از بهترین عناصر جمعیت (معادل نخبه‌ها در الگوریتم ژنتیک) به عنوان امپریالیست انتخاب می‌شوند. باقیمانده جمعیت نیز به عنوان مستعمره، در نظر گرفته می‌شوند.

در مسائل بهینه سازی با داشتن تابع $f(x)$ ، سعی بر آن است آرگومان x را به گونه‌ای بیابیم که هزینه متناظر آن، بهینه باشد (معمولاً کمینه). در یک مسئله بهینه‌سازی بعدی، یک کشور، یک آرایه‌ی $1 \times$ است. این آرایه به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$(1) \quad = \quad , \quad , \quad \dots ,$$

هزینه یک کشور با ارزیابی تابع در متغیرهای $(\quad , \quad , \quad \dots ,)$ یافته می‌شود. بنابراین داریم.

رقابت استعماری، بخش مهم دیگری از این الگوریتم را تشکیل می‌دهد. هر امپراطوری ای که نتواند بر قدرت خود بیفزاید و قدرت رقابت خود را از دست بدهد، در جریان رقابت های امپریالیستی، حذف خواهد شد. این حذف شدن، به صورت تدریجی صورت می‌پذیرد. بدین معنی که به مرور زمان، امپراطوری های ضعیف، مستعمرات خود را از دست داده و امپراطوری های قویتر، این مستعمرات را تصاحب کرده و بر قدرت خویش می‌افزایند.

قدرت کل هر امپراطوری، با محاسبه ی قدرت هر دو بخش تشکیل دهنده آن یعنی قدرت کشور استعمارگر، به اضافی درصدی از میانگین قدرت مستعمرات آن، تعیین می‌شود.

$$(5) \quad P_i = P_{i1} + \frac{P_{i2}}{n_i} \quad \text{و}$$

برای مدل سازی این رقابت استعماری، ابتدا احتمال تصاحب مستعمرات توسط هر امپراطوری با در نظر گرفتن هزینه کل امپراطوری به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$(6) \quad P_{ij} = \max \{ P_{ij} \} - \dots$$

در این رابطه P_{ij} ، هزینه کل امپراطوری n ام و P_{ij} نیز، هزینه کل نرمالیزه شده آن امپراطوری می‌باشد و احتمال (قدرت) تصاحب مستعمره رقابت، توسط هر امپراطوری به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$(7) \quad P_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum P_{ij}}$$

با داشتن احتمال تصاحب هر امپراطوری، مکانیزمی همانند چرخه رولت در الگوریتم ژنتیک مورد نیاز است تا مستعمره مورد رقابت را با احتمال متناسب با قدرت امپراطوری ها در اختیار یکی از آنها قرار دهد.

در جریان رقابت های امپریالیستی، خواه ناخواه امپراطوری های ضعیف به تدریج سقوط کرده و مستعمراتشان به دست امپراطوری های قوی تر می افتد.

الگوریتم مورد نظر تا برآورده شدن یک شرط همگرایی و یا تا اتمام تعداد کل تکرارها، ادامه می یابد. پس از مدتی، همه امپراطوری ها، سقوط کرده و تنها یک امپراطوری خواهیم داشت و بقیه کشورها تحت کنترل این امپراطوری واحد، قرار می گیرند.

۳- الگوریتم رقابت استعماری تطبیقی

الگوریتم ICA مانند بسیاری از الگوریتم های تکاملی به دلیل استفاده از یک مکانیزم جستجوی محلی، فاقد توانایی برای یک

جستجوی عمومی خوب در فضای مسئله است. از این رو به دلیل احتمال گیر افتادن در بهینه محلی، امکان دور شدن از جواب بهینه عمومی و همگرایی زودرس وجود دارد. در این مقاله به جای حرکت مستعمره به اندازه ی X واحد در جهت خط واصل مستعمره به استعمارگر، با استفاده از بردار سرعت، شعاع حرکت مستعمرات به سمت استعمارگرهایشان در فرآیند جستجوی الگوریتم ICA را بطور پویا تنظیم کردیم و حرکت با هوشمندی بیشتری انجام می‌شود.

۳-۱- حرکت تطبیقی در سیاست جذب

همانطور که قبلا ذکر شد در الگوریتم ICA، مستعمره با یک شعاع یکنواخت در مسیر جذب استعمارگر پیش می‌رود. این شعاع حرکت در شکل ۱ نشان داده شده است. در این مقاله ما برای ایجاد یک شعاع حرکت تطبیقی، با ارائه ی یک مدل احتمالی امکان جستجوی عمومی را برای الگوریتم ICA فراهم کرده ایم که در شکل ۲ نشان داده شده است.

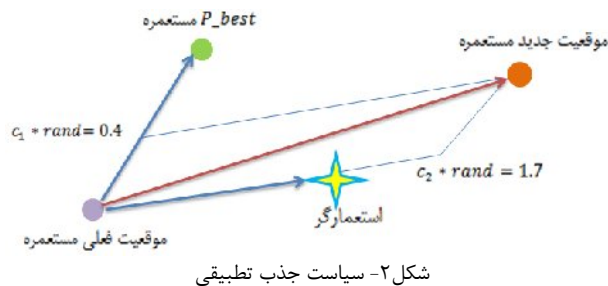
روند کار به این صورت است که هر کشور بصورت چندبعدی (بسته به طبیعت مسئله) با دو مقدار P_{ij} و P_{ij} که به ترتیب معرف موقعیت مکانی و سرعت بعد d ام کشور i ام هستند مشخص می‌شود. در هر تکرار الگوریتم، مکان هر مستعمره با دو مقدار بهترین به روز می‌شود. اولین مقدار، بهترین جواب از لحاظ شایستگی است که تاکنون برای هر کشور بطور مجزا بدست آمده است و P_{ij} نام دارد و دیگری کشور استعمارگر است و این مقدار imperialist نام دارد.

در هر تکرار سیاست جذب الگوریتم، بعد از یافتن دو مقدار P_{ij} و P_{ij} ، سرعت و مکان جدید هر مستعمره طبق روابط ۸ و ۹ به روز می‌شود.

$$(8) \quad P_{ij} = P_{ij} + \frac{P_{ij}}{n_i} \quad \text{و}$$

$$(9) \quad P_{ij} = P_{ij} + \frac{P_{ij}}{n_i}$$

در رابطه ۸، w وزن اینرسی در بازه $[0,1]$ ، c و ضرایب یادگیری یا شتاب در بازه $[1,2]$ و $rand$ عددی تصادفی در بازه $[0,1]$ است. همچنین مقدار نهائی سرعت هر کشور برای جلوگیری از واگرایی الگوریتم به بازه $[-v_{max}, v_{max}]$ محدود می‌شود.



وزن اینرسی در واقع درصدی از سرعت قبلی ذره را در محاسبه سرعت جدید تاثیر می‌دهد. هر چه این مقدار بیشتر باشد جستجوی عمومی افزایش می‌یابد و هرچه این وزن کمتر باشد میزان جستجوی محلی افزایش می‌یابد.

۴- الگوریتم رقابت استعماری تطبیقی گسسته

در مدل ICA تطبیقی گسسته موقعیت هر کشور با دو مقدار (صفر و یک) در هر بعد مشخص می‌شود. یعنی هر کشور در یک فضای محدود به صفر و یک حرکت می‌کند و احتمال یک بودن را بیان می‌کند. بروز کردن سرعت کشورها با استفاده از رابطه (۸) انجام می‌شود. از آنجائیکه در الگوریتم باینری بصورت تابع احتمال تعریف شده است، باید به بازه $[0,1]$ محدود شود. بنابراین موقعیت کشورها به جای رابطه ۹ با استفاده از رابطه (۱۰) بروز می‌شود. در رابطه (۱۰) ابتدا توسط تابع سیگموئید رابطه (۱۱) به بازه $[0,1]$ منتقل می‌شود، سپس موقعیت جدید کشور محاسبه می‌گردد.

$$h + 1 < \quad (10)$$

$$r = \text{rand} \quad (11)$$

که rand همانند قبل یک عدد تصادفی در بازه $[0,1]$ است. همانطور که مقدار در الگوریتم پیوسته به یک بازه متقارن محدود می‌شود، در الگوریتم باینری نیز به یک مقدار بیشینه محدود می‌شود ($0 < |x|$). بطور متداول مقدار برابر ۶ در نظر گرفته می‌شود. اگرچه با این مقدار، خروجی تابع احتمال بکار رفته به بازه $[0,9975, 0,0025]$ محدود می‌شود، اما این محدودیت باعث همگرایی بهتر الگوریتم می‌شود.

هر کشور برای حرکت در فضای جستجو، دو مولفه را مد نظر دارد:

مولفه شناختی^۷: (-) بهترین راه

حلی است که یک کشور به تنهایی بدست می‌آورد.

مولفه اجتماعی^۸: (-) بهترین

راه‌حلی است که توسط استعمارگر تشخیص داده می‌شود.

پارامترهای w, c_1, c_2 نقش بسیار مهمی در رفتار همگرایی ICA تطبیقی ایفا می‌کنند. هر کشور جهت حرکت در فضای جستجو به یک میزان خاص به سمت دو موقعیت - و imperialist حرکت نموده و بر اساس این دو موقعیت، موقعیت و سرعت خود را به روز می‌نماید. اگر مقدار این پارامترها پایین باشد، به مستعمره کمک می‌کند تا با فاصله زیادی نسبت به سایر پاسخ بهینه حرکت نماید و در صورتیکه این پارامترها بالا باشند مستعمره به طور ناگهانی به سمت این دو نقطه مینیمم حرکت می‌نماید و دیگر فرصت جستجوی خود در محیط را از دست می‌دهد.

در فرایند جستجو بعضی از مواقع رفتار اجتماعی مهمتر از رفتارهای شناختی مستعمرات است و بر عکس در مواردی دیگر رفتارهای شناختی خود مستعمره مناسب تر از رفتار اجتماعی استعمارگر است. می‌توان این رفتارهای اجتماعی و شناختی استعمارگر را با استفاده از یک سری از پارامترهای آماری تنظیم نمود که مستعمرات در مسیر درستی حرکت نمایند. به عنوان مثال در ابتدای جستجوی الگوریتم، جستجوی سراسری مناسبتر از جستجوی محلی مستعمرات می‌باشد. در این مرحله می‌توان w و پارامتر رفتار اجتماعی (مستعمرات) را افزایش و پارامتر شناختی مستعمرات را کاهش داد. در این صورت مستعمرات می‌توانند حداکثر تعامل را با یکدیگر داشته باشند و ناحیه بهتر (با شایستگی بهتر) را تشخیص دهند. پس از یافتن ناحیه مناسب مستعمرات رفته رفته جستجوی محلی خود را آغاز می‌نمایند به گونه‌ای که پارامتر شناختی مستعمرات افزایش و پارامتر اجتماعی و w مستعمرات کاهش می‌یابد. همانطور که تابع شایستگی مستعمرات بهتر و بهتر می‌شود باید مستعمره فضای جستجوی خود را کاهش دهد اما با دقت بیشتری در آن فضا حرکت نماید. این بدین مفهوم است که تعامل اجتماعی مستعمرات باید کاهش یابد. هنگامیکه مستعمرات به صورت محلی یک منطقه را جستجو می‌نمایند اگر به یکدیگر توجه نمایند و رفتار اجتماعی داشته باشند سریعاً همگرا می‌شوند چه بسا که این همگرایی زودرس باشد.

۵- تعریف مسئله جایگذاری سنسور

در شبکه های سنسور توزیع شده، جایگذاری سنسور یکی از مباحث مهم تحقیقاتی به شمار می رود. یک شبکه سنسور می تواند به دو شیوه جایگذاری تصادفی^۹ و جایگذاری مبتنی بر شبکه توری^{۱۰} آرایش یابد. زمانی که محیط ناشناخته است جایگذاری به صورت تصادفی تنها انتخاب است و سنسورها ممکن است در هر جایی پراکنده شوند ولی اگر خصوصیات شبکه مورد نظر از قبل مشخص باشد، جایگذاری سنسور می تواند به دقت انجام شود و کیفیت سرویس دهی ضمن ارضای محدودیت-ها تضمین می شود. استراتژی جایگذاری سنسور به کاربرد شبکه های سنسور توزیع شده^{۱۱} بستگی دارد. شبکه حسگر مبتنی بر شبکه توری می تواند به صورت یک شبکه دو بعدی یا سه بعدی در نظر گرفته شود [۱۲]. در شکل ۳، مجموعه ای از حسگرها در نقاط مختلف شبکه توری^{۱۲} جهت نظارت شبکه حسگر^{۱۳} مستقر شده اند. در این مقاله، مدل کشف یک سنسور بصورت یک مدل پوشش^{۱۴} ۱/۰ می باشد. حال برای هر نقطه در شبکه سنسور به منظور نشان دادن اینکه حسگرها می توانند آن نقطه از شبکه را پوشش دهند یا خیر، یک بردار توان^{۱۵} تعریف می شود که تعداد مولفه های آن به تعداد سنسورهای موجود می باشد. اگر فاصله اقلیدسی یک نقطه در شبکه حسگر با یک حسگر کمتر از شعاع پوششی حسگر باشد حسگر توانسته است آن نقطه را پوشش دهد پس مولفه ی متناظر با آن سنسور در بردار توان (۱) می شود، در غیر اینصورت پوشش غیر موثر است و مولفه ی متناظر (۰) می شود. اگر هر نقطه در شبکه سنسور حداقل توسط یک سنسور کشف شود، به این صورت که مجموع مولفه های بردار توان آن نقطه حداقل برابر یک باشد، خواهیم گفت که شبکه بطور کامل پوشش داده شده است. در این حالت یک هدف می تواند در هر مکان از شبکه شناسایی شود [۱۰]. در یک شبکه سنسور کاملاً پوشش یافته، وقتی که هر نقطه شبکه، با یک بردار توان منحصر بفرد تشخیص داده شوند، اصطلاحاً به آن شبکه سنسور پوشش یافته ی متمایز می گویند. در شکل ۳، پوشش کامل و متمایز یک شبکه ۴*۴ توسط چهار حسگر با شعاع پوشش واحد نشان داده شده است. بعنوان مثال بردار توان برای مکان ۷، بصورت (۰، ۱، ۰، ۰) بر اساس حسگرهای ۲، ۸، ۹ و ۱۵ بدست آمده و نشان دهنده ی این است که مکان ۷ توسط سنسور قرار گرفته در مکان ۸ پوشش داده شده است.

شکل ۳- پوشش کامل و متمایز شبکه ۴*۴ با سنسورهای با شعاع واحد

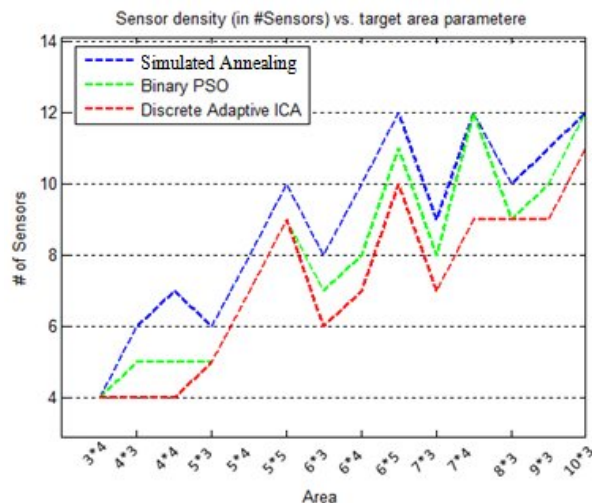
۵-۱- مدل ریاضی مسئله جایگذاری سنسور

مسئله جایگذاری سنسور به صورت یک مسئله بهینه سازی ترکیبی بیان شده است. این بیان ریاضی امکان طراحی یک شبکه سنسور با پوشش کامل یا حداکثر پوشش متمایز را مطابق محدودیت هزینه، فراهم می کند. پوشش کامل و متمایز، نیازمند این مسئله است که حداقل فاصله همینگ هر دو بردار توان حداقل یک باشد. پارامترهای استفاده شده در جدول ۱ ارائه شده اند.

جدول ۱- پارامترهای استفاده شده برای بیان ریاضی جایگذاری سنسور

پارامترهای داده شده	
اندیس مکان مجموعه سنسورهای کاندید شده	$A = \{1, 2, \dots, m\}$
اندیس مجموعه مکان های موجود در شبکه سنسور و $m \leq n$	$B = \{1, 2, \dots, n\}$
فاصله اقلیدسی بین مکان i و j و $i, j \in \dots$	
فاصله اقلیدسی بین مکان i و j و $i, j \in \dots$	
هزینه سنسور قرار گرفته در مکان k و $k \in \dots$	
هزینه کل	G
متغیرهای تصمیم گیری ^{۱۶}	
اگر یک سنسور در مکان k قرار داشته باشد برابر ۱ است، در غیر اینصورت صفر است و $\dots \in$	
بردار توان نقطه i ، که اگر هدف در مکان i توسط سنسور مکان k تشخیص داده شود، یک است، در غیر اینصورت صفر است و $\dots \in$	(
تابع هدف ^{۱۷}	
پوشش کامل ^{۱۸} شبکه با محدودیت حداقل هزینه	$\sum \leq (12)$

۶- بررسی و تحلیل نتایج



شکل ۴- مقایسه بر اساس تعداد سنسورها برای شبکه‌های با اندازه کوچک

در اینجا هزینه همه سنسورها را برابر یک در نظر گرفته‌ایم، پس محدودیت هزینه (رابطه ۱۲)، می‌تواند به عنوان یک محدودیت روی تعداد سنسورها بیان شود. در این بخش از یک عبارت نرمالیزه شده تحت عنوان چگالی سنسور استفاده می‌شود که به صورت رابطه ۱۳ تعریف شده است.

$$(13) \quad \text{Density} = \frac{\sum \text{Sensors}}{\text{Area}} \times 100\%$$

جدول ۲- مقایسه بر اساس تعداد سنسورها برای شبکه‌های با اندازه

Area	SA	BPSO	DAICA	DAICA's Sensor Density
4*3	6	5	4	0.33
4*4	7	5	4	0.25
6*3	8	7	6	0.33
6*4	10	8	7	0.29
7*3	9	8	7	0.33
8*3	10	9	9	0.38
9*3	11	10	9	0.33
5*3	6	5	5	0.33
5*5	10	9	9	0.36
6*5	12	11	10	0.33
7*4	12	12	9	0.38
10*3	12	12	11	0.37

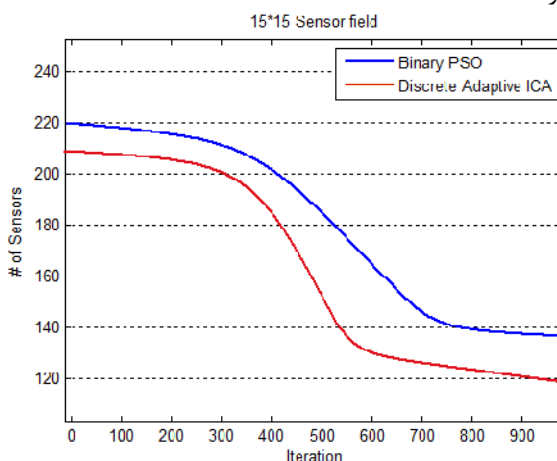
برای بررسی نرخ همگرایی و کیفیت راه‌حل بهینه الگوریتم پیشنهادی، در مقایسه با الگوریتم‌های تابکاری فلزات و PSO باینری در شرایطی یکسان شبیه‌سازی‌هایی انجام شد. هر الگوریتم ۱۰ بار اجرا شد و میانگین مقدار راه‌حل بهینه بدست آمد. در این پیاده‌سازی‌ها بصورت تجربی پارامتر هزینه‌ی هر سنسور برابر یک، $\beta = 2$ ، پارامتر $\alpha = 0.0005$ ، پارامترهای $\omega = 1.5$ و وزن اینرسی نیز بطور خطی از مقدار ۰.۹ تا ۰.۲ بطور کاهشی تنظیم شده‌اند، همچنین تعداد استعمارگرها را ۸ و تعداد مستعمرات آن‌ها را برابر ۸۰ در نظر گرفته شده است، تعداد ذرات نیز ۸۰ در نظر گرفته شد. دمای اولیه (t) در الگوریتم تابکاری فلزات ۰.۲ و دمای انجماد هم (30) در نظر گرفته شده است. الگوریتم پیشنهادی با برآورده کردن دو شرط پوشش کامل و حداقل هزینه سعی در حل مسئله جایگذاری سنسور کرده است. روش ارائه شده بر روی محیط سنسور با اندازه‌های متعدد آزمایش شده است. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها در دو بخش نتایج ۱ و نتایج ۲ ارائه شده‌اند.

نتایج ۱

نتایج ۱، کارایی الگوریتم پیشنهادی را برای شبکه‌های سنسور با اندازه کوچکتر ارزیابی می‌کند، به اینصورت که اندازه شبکه سنسور از ۳۰ مکان تجاوز نمی‌کند. نتایج حاصل با نتایج الگوریتم تابکاری فلزات و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت گروهی ذرات باینری مقایسه شده است. نتایج تجربی ارائه شده برای شبکه‌های کوچکتر در جدول ۲ و شکل ۴، بهبود عملکرد و افزایش سرعت همگرایی الگوریتم پیشنهادی را نسبت به الگوریتم‌های تابکاری فلزات و بهینه‌سازی حرکت گروهی ذرات گسسته نشان می‌دهد. در همه موارد الگوریتم پیشنهادی به شبکه سنسور با حداقل چگالی غلظت دست پیدا کرده است. رنج چگالی سنسور در الگوریتم پیشنهادی، بین ۰.۲۵ و ۰.۳۸ می‌باشد. الگوریتم تابکاری فلزات برای شبکه ۳*۱۰ بیشتر از ۴۵ دقیقه زمان لازم دارد در حالیکه الگوریتم پیشنهادی راه‌حل بهینه‌ی همین شبکه را در عرض چند ثانیه پیدا می‌کند.

نتایج ۲

در این بخش یک شبکه بزرگتر با اندازه 15×15 مورد توجه قرار گرفته است. شعاع پوشش سنسورها یک می باشد. نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم PSO باینری در شکل ۵، مقایسه شده است و بهترین راه حل بدست آمده که حداقل مقدار تابع هدف را دارد در نسل ۱۰۰۰ بدست آمده است. نتایج بدست آمده در شکل ۵ نشان می دهند که چگالی الگوریتم پیشنهادی برای این شبکه ۵۴٪ و برای الگوریتم PSO باینری ۶۲٪ می باشد. الگوریتم پیشنهادی بسیار موثر و مقیاس پذیر است و توانایی پوشش کامل شبکه سنسور را با حداقل چگالی و در زمان اندک را دارد.



شکل ۵- مقایسه بر اساس تعداد سنسور برای شبکه با اندازه 15×15

۷- نتیجه گیری

در این مقاله ابتدا یک الگوریتم استعماری بهبود یافته به نام الگوریتم رقابت استعماری با سیاست جذب تطبیقی معرفی شد، در این الگوریتم با استفاده از افزودن پارامتر سرعت به کشورها، سیاست جذب بطور تطبیقی تنظیم شد که باعث بهبود کارایی الگوریتم ICA گردید. سپس نسخه ی باینری آن جهت حل مسائل گسسته ارائه شد. کارایی الگوریتم پیشنهادی با مسئله ی جایگذاری سنسور ارزیابی شد. نتایج تجربی بهبود عملکرد و افزایش سرعت همگرایی الگوریتم پیشنهادی را نسبت به الگوریتم های تابکاری فلزات و بهینه سازی حرکت گروهی ذرات گسسته نشان می دهد.

پانویس ها

مراجع

- [2] J. Kennedy and R. C. Eberhat, "Particle Swarm Optimization", in Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Piscataway: IEEE, pp. 1942- 1948, 1995.
- [3] M. F. Cardoso, R. L. Salcedo, S. F. Azevedo, D. Barbosa, "A Simulated Annealing approach to the Solution of Minlp Problems", Comput. Chem. Eng. 21(12), pp. 1349- 1364, 1997.
- [4] E. Atashpaz-Gargari and C. Lucas, "Imperialist Competitive Algorithm: An Algorithm for Optimization Inspired by Imperialist Competition", IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2007), pp. 4661-4667, 2007.
- [5] E. Atashpaz-Gargari, F. Hashemzadeh, R. Rajabioun and C. Lucas, "Colonial Competitive Algorithm, a novel approach for PID controller design in MIMO distillation column process", Int. J. Intel. Compute. Cybernet. 1(3), pp. 337-355, 2008.
- [6] R. Rajabioun, E. Atashpaz-Gargari and C. Lucas, "Colonial Competitive Algorithm as a tool for Nash equilibrium point achievement", Lect. Notes Comput. Sci., 5073, pp. 680-695, 2008.
- [7] A. Khabbazi, E. Atashpaz-Gargari, C. Lucas, "Imperialist Competitive Algorithm for minimum bit error rate beam forming", Int. J. Bio-Inspired Comput., 1(1/2), pp. 125-133, 2009.
- [8] E. Atashpaz- Gargari, F. Hashemzade and C. Lucas, "Designing MIMO PID controller using Colonial Competitive Algorithm: Applied to Distillation Column Process", In Proceedings of IEEE CEC, within IEEE WCCI, Hong Kong, pp. 1929- 1934, 2008.
- [9] H. Duan, C. Xu, S. Liu and S. Shao, "Template Matching using Chaotic Imperialist Competitive Algorithm", Pattern Recognition Letters In Press, xxx, pp. xxx-xxx, 2009.
- [10] Lin, Frank Y. S. and Chiu, P. L., "A Near-Optimal Sensor Placement Algorithm to Achieve Complete Coverage/Discrimination in Sensor Networks", IEEE Communication letters, Vol. 9, No. 1, January 2005.
- [11] Kennedy, J., and Eberhart, R. C., "A Discrete Binary Version of The Particle Swarm Algorithm", Proceedings of Conference on Systems, Man, and Cybernetics, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, pp. 4104-4108, 1997.
- [12] S.S. Dhillon, K. Chakrabarty, and S.S. Iyengar, "Sensor Placement for Grid Coverage under Imprecise Detections," Proc. of the Fifth International Conference on Information Fusion, Vol. 2, No.3, pp. 1581-1587, July 2002.

- [1] M. Melanie, "An Introduction to Genetic Algorithms", Massachusetts's: MIT Press, 1999.

-
- ¹ Genetic Algorithm
 - ² Particle Swarm Optimization
 - ³ Simulated Annealing
 - ⁴ Imperialist Competitive Algorithm(ICA)
 - ⁵ Sensor Placement
 - ⁶ Binary Particle Swarm Optimization
 - ⁷ Cognitive Component
 - ⁸ Social Component
 - ⁹ Random Placement
 - ¹⁰ Grid-based Placement
 - ¹¹ Distributed Sensor Network (DNS)
 - ¹² Grid Point
 - ¹³ Sensor Field
 - ¹⁴ Coverage
 - ¹⁵ Power Vector
 - ¹⁶ Decision Variables
 - ¹⁷ Objective Function
 - ¹⁸ Complete Coverage