

تعیین مکان منبع انتشار صوت با استفاده از آرایه میکروفون به روش الگوریتم کلونی مورچه ها

عابد کاظمی^۱، محمد باقر توکلی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، Email: abed.kazemi1987@yahoo.com

^۲ استادیار گروه الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، اراک، ایران

چکیده- مکان‌یابی منبع سیگنال صوتی با استفاده از آرایه میکروفونی، یکی از مهم‌ترین مسائل مطرح در زمینه‌های مربوط به علوم نظامی و رباتیک است. الگوریتم‌های دو مرحله‌ای به علت سرعت اجرا و به‌روزرسانی، از رایج‌ترین روش‌های پیشنهادی در این زمینه می‌باشند. در این الگوریتم‌ها، ابتدا تأخیر بین سیگنال‌های دریافتی در جفت میکروفون‌های آرایه محاسبه شده و در مرحله‌ی بعد با استفاده از این تأخیرها، مکان منبع تخمین زده می‌شود.

متداول‌ترین روش جهت محاسبه‌ی تأخیر بین سیگنال‌های دریافتی روش همبستگی متقابل می‌باشد. این روش به دلیل تأثیرپذیری زیاد از نویز و انعکاسات محیطی به وسیله‌ی پیش فیلترهایی بهینه می‌گردد. روش حاصل همبستگی متقابل تعمیم یافته نامیده می‌شود. در این مقاله مکان‌یابی منبع صوت به وسیله روش هوشمند الگوریتم کلونی مورچگان انجام شده است و در ادامه نتایج این روش از لحاظ میزان دقت و سرعت مکان‌یابی به دست آمده است.

کلید واژه: موقعیت‌یابی منبع صوتی، همبستگی متقابل

۱- مقدمه :

الگوریتم کلونی مورچه برای اولین بار توسط دوریگو (Dorigo) و همکارانش به عنوان یک راه حل چند عامله (Multi Agent) برای مسائل مشکل بهینه سازی مثل فروشنده دوره گرد (TSP : Traveling Sales Person) ارائه شد.

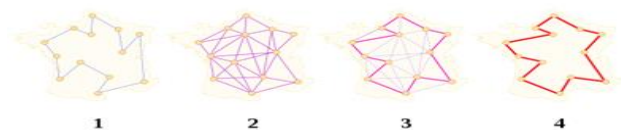


شکل ۱ (توده مورچگان)

۲- بهینه‌سازی مسائل بروش کلونی مورچه (ACO): همانطور که می‌دانیم مسئله یافتن کوتاهترین مسیر، یک مسئله بهینه‌سازیست که گاه حل آن بسیار دشوار است و گاه نیز بسیار زمانبر. بعنوان مثال مسئله فروشنده دوره گرد (TSP). در این مسئله فروشنده دوره گرد باید از یک شهر شروع کرده، به شهرهای دیگر برود و سپس به شهر مبدأ بازگردد بطوریکه از هر شهر فقط یکبار عبور کند و کوتاهترین مسیر را نیز طی کرده باشد. اگر تعداد این شهرها n باشد در حالت کلی این مسئله از مرتبه $(n-1)!$ است که برای فقط ۲۱ شهر زمان واقعا زیادی می‌برد:

$$\text{روز } ۱۰۱۳ * ۱/۷ = S = ۲/۴۳۳ * ۱۰۱۶ \text{ ms} = ۲/۴۳۳ * ۱۰۱۸ * ۱۰ = ۲۰!$$

با انجام یک الگوریتم برنامه‌سازی پویا برای این مسئله، زمان از مرتبه نمایی بدست می‌آید که آن هم مناسب نیست. البته الگوریتم‌های دیگری نیز ارائه شده ولی هیچ کدام کارایی مناسبی ندارند. ACO الگوریتم کامل و مناسبی برای حل مسئله TSP است.



شکل ۲ یافتن بهترین پاسخ برای مساله TSP با کمک الگوریتم کلونی مورچه‌گان

۳- مورچه‌ها چگونه می‌توانند کوتاهترین مسیر را پیدا کنند؟

مورچه‌ها هنگام راه رفتن از خود ردی از ماده شیمیایی فرومون (Pheromone) بجای می‌گذارند البته این ماده به سرعت تبخیر می‌شود ولی در کوتاه مدت بعنوان رد مورچه بر سطح زمین باقی می‌ماند. یک رفتار پایه‌ای ساده در مورچه‌ها وجود دارد:

آنها هنگام انتخاب بین دو مسیر بصورت احتمالاتی (Statistical) مسیری را انتخاب می‌کنند که فرومون بیشتری

عامل هوشمند (Intelligent Agent) موجودی است که از طریق حسگرها قادر به درک پیرامون خود بوده و از طریق تاثیر گذارنده‌ها می‌تواند روی محیط تاثیر بگذارد.

الگوریتم کلونی مورچه الهام گرفته شده از مطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه‌هاست. این مطالعات نشان داده که مورچه‌ها حشراتی اجتماعی هستند که در کلونی‌ها زندگی می‌کنند و رفتار آنها بیشتر در جهت بقاء کلونی است تا در جهت بقاء یک جزء از آن. یکی از مهمترین و جالبترین رفتار مورچه‌ها، رفتار آنها برای یافتن غذا است و بویژه چگونگی پیدا کردن کوتاهترین مسیر میان منابع غذایی و آشیانه. این نوع رفتار مورچه‌ها دارای نوعی هوشمندی توده‌ای است که اخیرا مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است.

باید تفاوت هوشمندی توده‌ای (کلونی) و هوشمندی اجتماعی را روشن کنیم.

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

در هوشمندی توده‌ای عناصر رفتاری تصادفی دارند و بین آن‌ها هیچ نوع ارتباط مستقیمی وجود ندارد و آنها تنها بصورت غیر مستقیم و با استفاده از نشانه‌ها با یکدیگر در تماس هستند.

گفت که مثلاً ۹۰٪ مورچه‌ها از مسیر کوتاه‌تر عبور خواهند کرد. اگر فرض کنیم که بجای این احتمال قطعیت وجود می‌داشت، یعنی هر مورچه فقط و فقط مسیر پرفرومون تر را انتخاب میکرد آنگاه اساساً این روش ممکن نبود به جواب برسد. اگر تصادفاً اولین مورچه مسیر CFD (مسیر دورتر) را انتخاب می‌کرد و ردی از فرومون بر جای می‌گذاشت آنگاه همه مورچه‌ها دنبال او حرکت می‌کردند و هیچ وقت کوتاهترین مسیر یافته نمی‌شد. بنابراین تصادف و احتمال نقش عمده‌ای در ACO بر عهده دارند.

نکته دیگر مسئله تبخیر شدن فرومون بر جای گذاشته شده است. بفرض اگر مانع در مسیر AB برداشته شود و فرومون تبخیر نشود مورچه‌ها همان مسیر قبلی را طی خواهند کرد. ولی در حقیقت این طور نیست. تبخیر شدن فرومون و احتمال به مورچه‌ها امکان پیدا کردن مسیر کوتاه‌تر جدید را می‌دهد.

۴- مزیت‌های ACO:

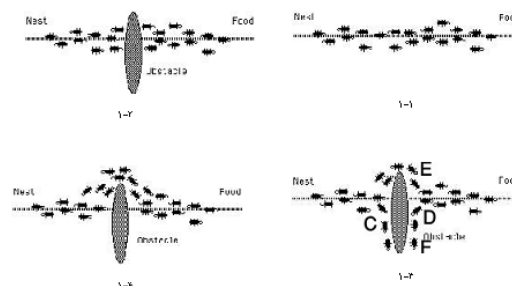
همانطور که گفته شد «تبخیر شدن فرومون» و «احتمال-تصادف» به مورچه‌ها امکان پیدا کردن کوتاهترین مسیر را می‌دهند. این دو ویژگی باعث ایجاد انعطاف در حل هرگونه مسئله بهینه‌سازی می‌شوند. مثلاً در گراف شهرهای مسئله فروشنده دوره گرد، اگر یکی از یالها (یا گره‌ها) حذف شود الگوریتم این توانایی را دارد تا به سرعت مسیر بهینه را با توجه به شرایط جدید پیدا کند. به این ترتیب که اگر یال (یا گره‌ای) حذف شود دیگر لازم نیست که الگوریتم از ابتدا مسئله را حل کند بلکه از جایی که مسئله حل شده تا محل حذف یال (یا گره) هنوز بهترین مسیر را داریم، از این به بعد مورچه‌ها می‌توانند پس از مدت کوتاهی مسیر بهینه (کوتاهترین) را بیابند.

۵- کاربردهای ACO:

از کاربردهای ACO می‌توان به بهینه‌کردن هر مسئله‌ای که نیاز به یافتن کوتاهترین مسیر دارد، اشاره نمود:

۱. مسیر یابی داخل شهری و بین شهری
۲. مسیر یابی بین پست‌های شبکه‌های توزیع برق ولتاژ بالا
۳. مسیر یابی شبکه‌های کامپیوتری

داشته باشد یا عبارت دیگر مورچه‌های بیشتری قبلاً از آن عبور کرده باشند. حال دقت کنید که همین یک تمهید ساده چگونه منجر به پیدا کردن کوتاهترین مسیر خواهد شد:

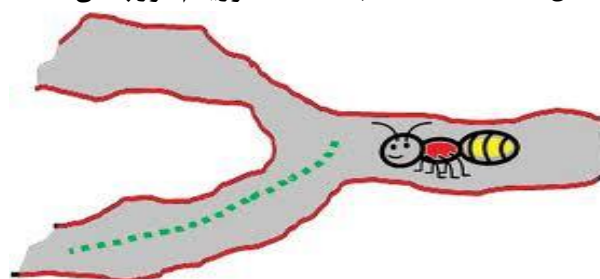


شکل ۳ مثال انتخاب مسیر مورچه‌ها

همانطور که در شکل ۱-۱ می‌بینیم مورچه‌های روی مسیر AB در حرکت اند (در دو جهت مخالف) اگر در مسیر مورچه‌ها مانعی قرار دهیم (شکل ۱-۲) مورچه‌ها دو راه برای انتخاب کردن دارند. اولین مورچه از A می‌آید و به C می‌رسد، در مسیر هیچ فرومونی نمی‌بیند بنابراین برای مسیر چپ و راست احتمال یکسان می‌دهد و بطور تصادفی و احتمالی مسیر CED را انتخاب می‌کند. اولین مورچه‌ای که مورچه اول را دنبال می‌کند زودتر از مورچه اولی که از مسیر CFD رفته به مقصد می‌رسد. مورچه‌ها در حال برگشت و به مرور زمان یک اثر بیشتر فرومون را روی CED حس می‌کنند و آنرا بطور احتمالی و تصادفی (نه حتماً و قطعاً) انتخاب می‌کنند. در نهایت مسیر CED بعنوان مسیر کوتاه‌تر برگزیده می‌شود. در حقیقت چون طول مسیر CED کوتاه‌تر است زمان رفت و برگشت از آن هم کمتر می‌شود و در نتیجه مورچه‌های بیشتری نسبت به مسیر دیگر آنرا طی خواهند کرد چون فرومون بیشتری در آن وجود دارد.

نکته بسیار با اهمیت این است که هر چند احتمال انتخاب مسیر پرفرومون تر توسط مورچه‌ها بیشتر است ولی این کماکان احتمال است و قطعیت نیست. یعنی اگر مسیر CED پرفرومون تر از CFD باشد به هیچ عنوان نمی‌شود نتیجه گرفت که همه مورچه‌ها از مسیر CED عبور خواهند کرد بلکه تنها می‌توان

۶- حل مسئله TDOA به کمک الگوریتم مورچگان



شکل ۴ نحوه انتخاب مسیر توسط مورچه

برای حل مسئله TDOA به کمک الگوریتم مورچگان ابتدا رفتار مورچه ها را در مواجهه با یک دو راهی در نظر میگیریم. فرض میکنیم مورچه در مسیر خود به یک دو راهی می رسد. اگر مکان قرار گیری مورچه را با i و هرکدام از دو مسیر انتخابی را j بنامیم احتمال انتخاب مسیر i به j برابر است با:

(۱)

$$P_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha * [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{i \in n_1^k} [\tau_{ij}]^\alpha * [\eta_{ij}]^\beta}$$

که در آن τ_{ij} برابر با میزان فرومون مسیر i به j است.

α برابر مقدار بزرگنمایی توانی فرومون است که مقدار آن را خودمان تعیین میکنیم. در این مسئله مقدار یک را برای آن تعیین میکنیم.

η_{ij} اطلاعات هیوریستیکی است که به مورچه میدهم تا در انتخاب مسیرها به او کمک کند. در مسئله TDOA اطلاعات هیوریستیکی به صورت معکوس اختلاف مکانی نقطه مورد نظر از ۳۸ میکروفون با اختلاف مکانی به دست آمده از طریق پردازش سیگنالهای رسیده به ۳۸ میکروفون می باشد. بنابراین هرچه مقدار η بیشتر باشد احتمال انتخاب مسیر بیشتر است.

β برابر مقدار بزرگنمایی توانی اطلاعات هیوریستیکی است. که در مسئله TDOA ما مقدار آن را برای کلیه نقاط جستجو مقدار ۲ تعیین کرده ایم.

۷- الگوریتم کولونی مورچه ها دارای ۴ مرحله خواهد بود.

یک نقطه شروع انتخاب میکنیم.

برای این کار ابتدا مقدار اطلاعات هیوریستیکی را برای کلیه نقاط مقدار ۱ در نظر می گیریم. برای انتخاب نقطه از روش RouletteWheel استفاده می کنیم. زیر تابع RouletteWheel ابتدا کلیه اطلاعات هیوریستیکی را نرمالیزه می کند و مقادیر را به صورت تجمعی می نویسد. سپس یک عدد تصادفی انتخاب می کند و اولین مقدار که بزرگتر از مقدار تصادفی به دست آمده می باشد را استخراج می کند. در مرحله اول با توجه به این که اطلاعات هیوریستیکی مسئله کلا برابر ۱ می باشد شانس انتخاب شدن همه نقاط یکسان خواهد بود.

محاسبه میزان فرومون نقطه انتخابی

با توجه به اطلاعات هیوریستیکی مقدار فرومون نقطه انتخابی محاسبه می شود.

تبخیر فرومون ها

با گذشت زمان باید فرومون ها نیز تبخیر شوند برای این کار مقادیر اطلاعات هیوریستیکی را در یک مقدار ثابت ضرب می کنیم

انتخاب مناسبترین نقطه

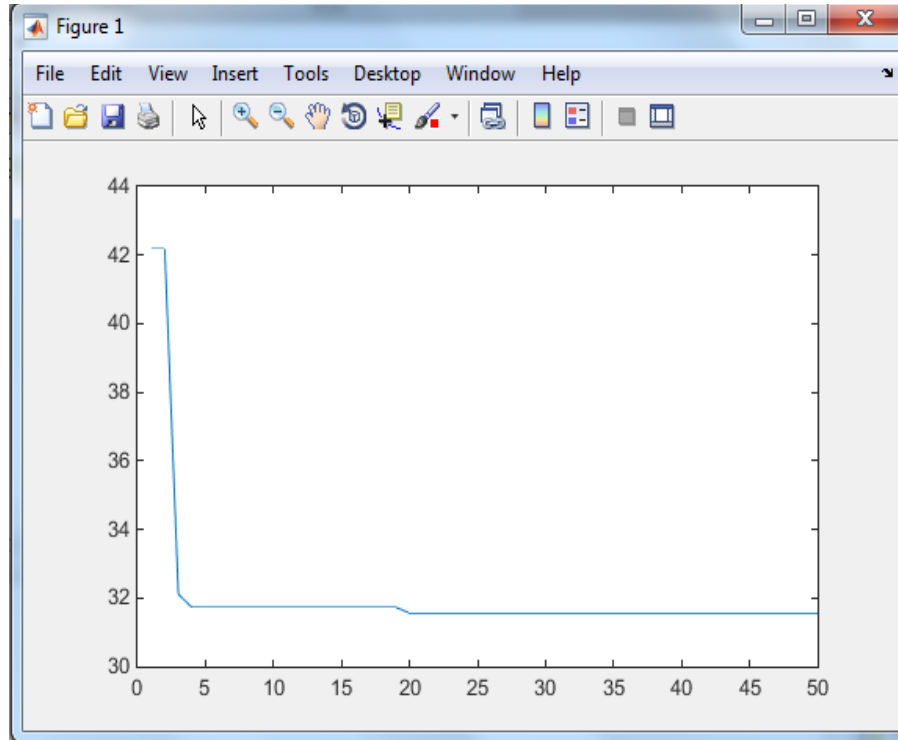
با مقایسه فرومون ها بهترین نقطه را انتخاب میکنیم

روش ارزیابی پاسخ ها در اینجا محاسبه میزان فرومون نقاط جستجوی مورد نظر است. با توجه به این که مسئله TDOA مسیله ماکزیم سازی است از معکوس تابع خطا برای ارزیابی پاسخ ها استفاده می کنیم. بنابراین هرچه مقدار تابع خطا کمتر باشد احتمال تعیین نقطه به عنوان مکان قرار گیری منبع صوت بیشتر است.

نمونه ای از خروجی این الگوریتم در زیر نشان داده شده است

سمت پاسخ حرکت می نمود بنابراین تعداد تکرارها را بیشتر در نظر گرفتیم .

نتایج شبیه سازی مربوط به الگوریتم کلونی مورچگان در این الگوریتم تک تک نقاط به عنوان پاسخ در نظر گرفته شدند این الگوریتم نسبت به الگوریتم ژنتیک با سرعت کمتری به



شکل 5 منحنی به دست آمده از طریق الگوریتم کلونی مورچگان برای حل مسئله TDOA پس از چندین بار تکرار آزمایش به نتایج زیر دست یافتیم .

```
=====
best solution = 0.5    -0.1    0.2
best fitness = 31.5651
Time = 208.4359
```

شکل 6 مختصات تخمین زده شده به وسیله الگوریتم کلونی مورچگان



همانطور که مشاهده می شود این الگوریتم در تکرار مرتبه ۲۰ به مقدار نهایی خود می رسد. از نظر مدت زمان مورد نیاز با توجه به کند بودن الگوریتم زمان زیادی صرف می شود. دقت تخمین زده شده نسبت به روش شبکه های عصبی و نسبت به الگوریتم کلونی مورچگان بهتر است.

منابع

- [1] Waldo Nogueira, Tam' as Harczos, Bernd Edler, Joern Ostermann, Andreas Buechner "Automatic Speech Recognition with a Cochlear Implant Front-End "
- [2] Brendan Glackin, Julie A. Wall, Thomas M. McGinnity*, Liam P. Maguire and Liam J. McDaid "A spiking neural network model of the medial superior olive using spike timing dependent plasticity for sound localization" Silvia Scarpetta, University of Salerno, Italy, 03 August 2010
- [3] Ming Leong Yui, Chee Siong Teh, Chwen Jen Chen "A Hybrid Spiking Neural Network Model for
- [4] Multivariate Data Classification and Visualization" 2011 7th International Conference on IT in Asia (CITA)
- [5] Jorge Davila-Chacon, Sven Magg, Jindong Liu and Stefan Wermter "Neural and Statistical Processing of Spatial Cues for Sound Source Localisation"
- [6] Ali Pourmohammad, Student Member, IEEE, and Seyed Mohammad Ahadi, Senior Member, IEEE "Real Time High Accuracy 3-D PHAT-Based Sound Source Localization Using a Simple 4-Microphone Arrangement" IEEE SYSTEMS JOURNAL, VOL. 6, NO. 3, SEPTEMBER 2012
- [7] Zhibao Lia, Ka Fai Cedric Yiu b,*, Zhiguo Feng "A hybrid descent method with genetic algorithm for microphone array placement design" Applied Soft Computing 13 (2013) 1486–1490
- [8] Jindong Liua, A, David Perez-Gonzalez b, Adrian Rees b, Harry Erwin a, Stefan Wermter "A biologically inspired spiking neural network model of the auditory midbrain for sound source localisation" Neurocomputing 74 (2010) 129–139.
- [9] Jennifer N. Schneider*, David R. Lloyd, Patchouly N. Banks, Eduardo Mercado III "Modeling the utility of binaural cues for underwater sound localization" Hearing Research 312 (2014) 103e113