# مسیر یابی ربات های متحرک بر مبنای ANT COLONY

محمد حسن بهاری

دانشگاه فردوسی گروه برق bahari@kiaeee.org

یحیی محمدی

شرکت رایان تک صنعت y_mohammadi@rayan- tech.com

**چکیده:**

این مقاله، نحوه استفاده از الگوریتم ANT COLONY را، برای مسیریابی ربات های متحرک بیان می کند.در دهه های اخیر، الگوریتم های مسیریابی جدیدی بر اساس مفاهیم سیستم های چند عامله پیشنهاد شده اندکه یکی از این الگوریتم ها، ANT COLONY است که در مقایسه با الگوریتم های مشابه قبلی از کارایی بهتر و تطبیق پذیری بیشتری برخوردار است.الگوریتم ANT COLONY ، یک الگوریتم بهینه سازی است که از رفتار مورچه های طبیعی الهام گرفته شده است.در این مقاله، با پیاده سازی این الگوریتم توسط نرم افزار MATLAB در یک محیط پر مانع نشان داده می شود که چگونه ربات مسیر بهینه را برای رسیدن به هدف، در زمان کوتاهی پیدا می کند.

**واژگان کلیدی:** *مسیریابی ربات، مسیریابی بهینه، کلونی مورچه ها، ربات متحرک*

## ۱ – مقدمه

مسیریابی برای یک ربات متحرک، یافتن مسیر ممکنی است که ربات طی گذشتن از آن، از مبدا به مقصد برسد بدون آنکه با موانع موجود در محیط برخورد کند.دراین رابطه بهینه بودن مسیر و ساده بودن الگوریتم مسیریابی، معیارهایی برای انتخاب روش مسیریابی هستند.

روشهای مختلف مسیریابی را می توان در دو دسته تقسیم بندی کرد. دسته اول شامل روشهای نموداری و دسته دوم شامل روشهایی مبتنی بر میدان پتا نسیل است[1,2].در روشهای دسته اول، مسیریابی براساس تقسیم فضا به اشکال هندسی صورت می پذیرد و در روشهای دسته دوم، مسیریابی براساس به کارگیری مدلهای فیزیکی برای ربات و محیط اطراف آن انجام می شود.

الگوریتم ANT COLONY که در دسته اول جای می گیرد از مشاهده‌ی رفتار اجتماعی مورچه‌های واقعی الهام گرفته شده است و عمده دلیل استفاده از آن انجام دادن یک کار گروهی بر اساس روابط محلی و یا ارتباط های بسیار کم می باشد[3].

این الگوریتم اولین بار توسط Dorigo، Maniezzo و Colorni به عنوان یک روش ابتکاری برای حل مسایل سخت بهینه‌سازی ترکیباتی مثل مسئله‌ی فروشنده‌ی دوره‌گرد پیشنهاد شد و بعد از آن برای مسایل سخت بهینه‌سازی دیگری مثل مسیریابی، رنگ کردن گراف و مسیریابی در شبکه‌های کامپیوتری و ... استفاده شد[4,5,6].

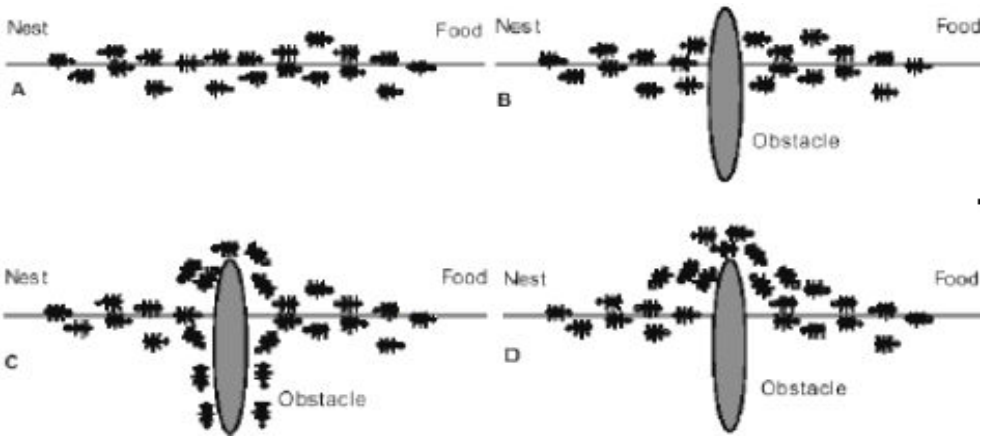
این الگوریتم از مزایای زیادی برخوردار است مثلاً اینکه می‌تواند خودش را با محیط مورد جستجو وفق دهد پس می‌تواند یک رنج وسیع از تغییرات را تحمل کند. همچنین اگر تعدادی از اعضا از بین بروند کار کل سیستم مختل نمی‌شود. دیگر اینکه به جای یک سیستم کنترلگر مرکزی، تصمیم گیری بر اساس اطلاعات محلی صورت می‌پذیرد و از همه مهمتر اینکه، هر کدام از مورچه‌ها با گذاشتن ردی از خود، دیگر مورچه‌ها را برای زودتر رسیدن به مقصد راهنمایی می‌کنند و این نوعی همکاری بین عامل های یک سیستم است[7,8].

در این مقاله سعی شده است تا از این الگوریتم، برای مسیریابی ربات‌های متحرک استفاده شود. به صورتی که اگر یک تصویر از بالا از محیطی که ربات در آن قرار دارد به ان(ربات) داده شود بعد از پردازش تصویر و تشخیص اینکه ربات در کدام قسمت از تصویر می‌تواند حرکت کند به صورت هوشمند بهترین مسیر را برای رسیدن به هدف انتخاب کند. بدین منظور ابتدا در بخش ۲، به بررسی و مرور کلی الگوریتم ANT COLONY می پردازیم.در بخش۳ چگونگی پیاده سازی این الگوریتم را برای مسیریابی ربات های متحرک شرح می دهیم و بخش۴، به بررسی نتایج به دست آمده از شبیه سازی اختصاص دارد.

## ۲- الگوریتم ANT COLONY

۲-۱- بهینه بودن مسیر حرکت مورچه‌ها

درحقیقت، مورچه‌های واقعی توانایی پیداکردن کوتاه‌ترین مسیراز لانه به منبع غذایی را بدون داشتن حس بینایی دارند و برای این کار، فقط ازحس بویایی خود استفاده می‌کنند.




**شکل ۱)فرایند مسیریابی در اجتماع مورچه ها از لانه تا محل غذا.**

به طوری که هر مورچه از خود مایعی به نام فرمون به جای می‌گذارد که این مایع به مرور زمان بخار می‌شود و مورچه‌ها هم به احتمال زیادتر مسیری را انتخاب می‌کنند که فرمون بیشتری در آن باشد. همچنین مورچه‌ها می‌توانند سازگاری لازم را برای وقتی که در محیط اطرافشان تغییراتی پدید می‌آید داشته باشند. به عنوان مثال سناریوی زیررا در نظر بگیرید.

مورچه‌ها روی یک مسیر مستقیم که لانه رابه غذا متصل می‌کند در حال حرکت اند(شکل A1) حال اگر در سر راه آنها مانعی قرار بگیرد(شکل B1) ، مورچه‌ها در ابتدا به طور تصادفی از دو طرف مانع شروع به حرکت می‌کنند(شکل C1) و در همین حین فرمون نیز به جای می گذارند. نکته‌ی جالب این است که مورچه‌هایی که مسیر کوتاه تر را به طور تصادفی انتخاب کرده‌اند فوراً این مسیر را در مقایسه با آنهایی که مسیرطولانی تر را انتخاب کرده‌اند بازسازی می‌کنند. زیرا در یک بازه زمانی مشخص تعداد زیادتری مورچه از آن می گذرد. لذا مقدار فرمونی که روی آن قرار می‌گیرد زیادتر از مقدار فرمونی است که بر روی مسیر بلندتر قرار می‌گیرد .بنابراین با توجه به این فرایند خیلی زود تمام مورچه‌ها مسیر کوتاه‌تر را انتخاب می‌کنند(شکل D1) .

2-2- الهام گرفتن از مورچه‌های حقیقی

بیشتر ایده هایی که در روش بهینه سازی مورچه‌ها استفاده می‌کنیم، از مورچه‌های حقیقی الهام گرفته شده‌اند. اول از همه ایجاد یک اجتماع از مورچه‌های مصنوعی سپس ایجاد ردپایی که به مرور زمان بخار شود و از همه مهمتر سیاست تصمیم‌گیری پویا با استفاده از اطلاعات اطراف ونه اطلاعات کلی.

واضح است که در مدل سازی رفتار مورچه‌ها باید تفاوتهایی را برای مورچه‌های مصنوعی و حقیقی در نظر گرفت :

۱) مورچه‌های طبیعی به صورت موازی حرکت می‌کنند ( همه با هم ) و به صورت پیوسته فرمون ترشح می‌کنند در صورتی که در شبیه‌سازی مورچه‌های مصنوعی یکی پس از دیگری حرکت می‌کنند و عمل فرمون پاشی هم بعد از اینکه یک مورچه به هدف رسید انجام می‌شود.

۲) مورچه‌های طبیعی در یک دنیای پیوسته حرکت می‌کنند در صورتی که مورچه‌های مصنوعی در یک دنیای گسسته عمل می‌کنند.

۳) مورچه‌های مصنوعی حافظه‌ی خیلی خوبی دارند و خانه‌های تکراری که قبلاً از آن عبور کرده‌اند را نمی‌پیمایند.

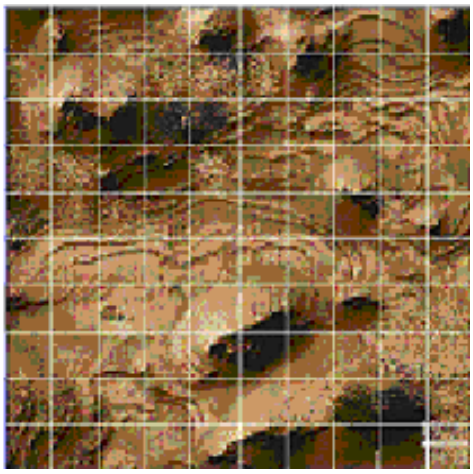
۴) مورچه‌های مصنوعی مقدار فرمونی که از خود به جای می‌گذارند بستگی به کیفیت جوابی دارد که ساخته‌اند ، البته در حالت واقعی هم بعضی از مورچه‌های حقیقی رفتار مشابهی دارند و در مسیرهایی که مقدار غذای زیادتری وجود دارد فرمون زیادتری از خود به جای می‌گذارند.

در ادامه نحوه‌ی به‌کارگیری الگوریتم مورچه‌ها را برای مسیریابی شرح می‌دهیم.

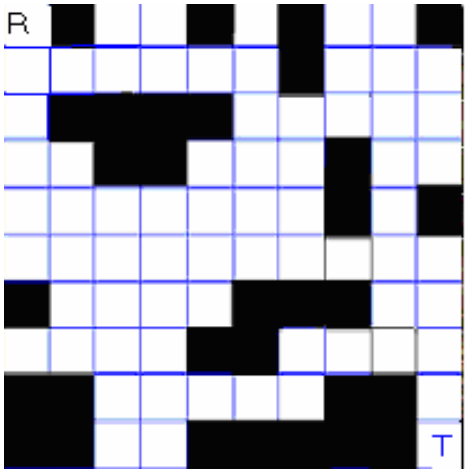
## 3- مسیریابی توسط الگوریتم ANT COLONY

فرض کنید، عکسی از محلی که ربات در آن قرار گرفته است به ربات داده شده است و حال این وظیفه‌ی ربات است که بعد از پردازش تصویر گرفته شده و تشخیص اینکه کدام قسمت‌ها غیر قابل عبور است به طور هوشمند تشخیص بدهد که کدام مسیر برای رسیدن به هدف کوتاه‌تر است.

در چنین شرایطی ابتدا تصویر به مربع های مساوی تقسیم می‌گردد و هر چه به دقت زیادتری احتیاج داشته باشیم تعداد این مربع ها می‌تواند زیادتر باشد . بعد از پردازش تصویر معلوم می‌شود که ربات به علت وجود موانع روی کدام یک از خانه‌های این شبکه نمی‌تواند برود و روی کدام خانه‌ها می‌تواند برود. به طور مثال شکل A2 را که از سطح مریخ گرفته شده در نظر بگیرید. این تصویر ابتدا به یک شبکه 10*10 تقسیم شده است و بعد از پردازش مشخص شده است که ربات روی کدام خانه ها نمی تواند برود( شکل B 2 ).



**شکل ۲) A . تصویر پردازش نشده.**




**B .تصویر پردازش شده.**

حال در تصویر پردازش شده ربات باید از جایی که هست(R) از کوتاه‌ترین راه به مقصد(T) برودو برای اینکه به صورت هوشمند بهترین مسیر را انتخاب کند از الگوریتم مورچه‌ها استفاده می‌کند. این الگوریتم به صورت زیر خلاصه می‌شود :

۱) تعیین فرمون اولیه بر روی هر کدام از خانه‌ها.

۲) قراردادن مورچه‌ها بر روی مبدأ.

۳) ساختن یک جواب برای هر مورچه و به هنگام کردن فرمون در مسیر بدست آمده.

۴) به هنگام کردن فرمون در بهترین جوابها.

۵) انتخاب بهترین جواب.

٦) چک کردن شرط پایان.

برای این کار ابتدا N مورچه را روی مبدأ قرار می‌دهیم سپس مورچه‌ها یکی پس از دیگری شروع به حرکت می‌کنند و در حین اینکه جواب را می سازند، میزان فرمونی که مورچه ها از خود به جای می گذارند تا از خانه i به خانه j بروند ازفرمول (1) محاسبه می شود.

$$\tau_{ij}(t+1)=(1-\rho)\tau_{ij}(t)+\rho\tau_0 \qquad (1)$$

که در ان $\tau_{ij}(t)$ مقدار فرمونی است که از قبل در این مسیر وجود داشته و $\tau_{ij}(t+1)$ مقدار کنونی فرمون، در این مسیر است. $\rho$ پارامتری است که به وسیله آن بخار شدن فرمون با گذشت زمان، کنترل می شودو $\tau_0$ هم یک مقدار ثابت است.

می دانیم که مورچه ها در هرگام، به احتمال بیشتر مسیری را انتخاب می‌کنند که فرمون زیادتری روی آن ریخته شده باشد. حال فرض کنید مورچه‌ی n اُم در خانه i ام قرار دارد و می‌خواهد خانه بعدی را انتخاب کند. در این رابطه می دانیم مورچه ها خانه هایی را که قبلا در آنها بوده اند و یا اینکه مانعی در ان ها است ، انتخاب نمی کنند.پس از بین k خانه ای که اجازه انتخاب آنها را دارند، احتمال اینکه مورچه، خانه j ام را انتخاب کند از فرمول(۲) محاسبه می‌شود.

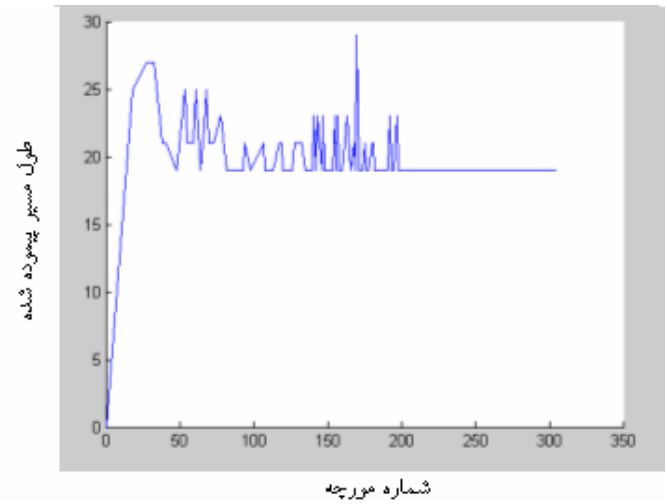
$$P_{ij}^{n}(t)=\frac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha}}{\sum_{k=allowed}[\tau_{ik}(t)]^{\alpha}} \qquad (۲)$$

که در آن $\alpha$ پارامتر کنترلی است که میزان اهمیت فرمون بر روی زمین را بیان می‌کنند.

بعد از این که مورچه nام به مقصد رسید، نوبت به بررسی شرط پایان الگوریتم می‌رسد. می توان شروط مختلفی را برای پایان الگوریتم در نظر گرفت . ما دراین شبیه سازی شرط پایان را همگرایی تعدادی از مورچه‌ها در نظر گرفته‌ایم.

## ۴ – نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی

استفاده از مسیریابی به روش کلونی مورچه ها، هیچ محدودیتی را بر روی شکل موانع موجود در محیط اعمال نمی کندو می توان این الگوریتم را در هر محیطی پیاده سازی کرد با این حال با پیچیده شدن محیط، مدت زمان زیادتری طول می کشد تا مسیر بهینه پیدا شود. برای تست الگوریتم شرح داده شده در بخش قبل، همان تصویر پردازش شده‌ی قبلی، با همان دقت ۱۰×۱۰ درنظرگرفته شده است(شکلB۲). فرض می‌کنیم ربات درخانه‌ی نشان داده شده است(R) و حال می‌خواهد به طور هوشمند کوتاه ترین مسیر را انتخاب کند تا به مقصد(T)برسد. همان‌طور که در شکل(B۲) هم مشخص است، طول کوتاه‌ترین مسیر ۱۹ است. پس باید جواب الگوریتم هم ۱۹ باشد. این الگوریتم در نرم افزارMATLAB پیاده سازی شد و محیط مذکور، به نرم افزار نوشته شده معرفی گردید و سپس بیست بار برنامه نوشته شده اجرا شد که در همه موارد این برتامه، موفق به پیدا کردن کوتاه ترین مسیر شد. روند اجرای برنامه در یکی از بیست بار در شکل ۳ قابل مشاهده است.




**شکل۳)نمودار تعداد خانه هایی که مورچه nام برای رسیدن به مقصد طی می کند.**

نمودار شکل ۳ نشان دهنده  طول مسیری است که nامین مورچه می پیماید تا از مبدا به مقصد برسد.در این شبیه سازی، مسیر حرکت مورچه هایی که بیش از ۳۰ خانه برای رسیدن به هدف طی کرده اند از نمودار بالا حذف شده است.

همانطور که می بینید،مورچه ها در ابتدا  مسیر های طولانی تری را برای رسیدن به هدف طی کرده اند ولی به مرور، مورچه ها، به وسیله همان ارتباط های کم و سطحی، خودبخود مسیرهای کوتاهتری را پیموده اند و این عمل تا جایی ادامه یافته که همه تقریبا بعد از مورچه ۲۰۰ام، همه مورچه ها ۱۹خانه را برای رسیدن به هدف طی کرده اند که با توجه به تصویر پردازش شده، کوتاه‌ترین مسیر برای رسیدن به هدف است.

## ۴-نتیجه گیری

در این مقاله چگونگی استفاده از الگوریم کلونی مورچه ها، برای مسیریابی ربات های متحرک بیان شده است. رباتی که از این الگوریتم، برای رسیدن به مقصد استفاده می کند، در زمان کوتاهی بهترین مسیر را انتخاب کرده و بدون برخورد با موانع، ان را طی می کند.اجرای این الگوریتم، نسبت به الگوریتم های مشابه مدت زمان کمتری طول می کشد و همچنین از قابلیت بیشتری برای تطبیق با محیط برخوردار است. همان طور که مشاهده می کنید، درفرمول (۲) پارامترکنترلی متغیری وجود دارد که تعیین بهینه آن توسط الگوریتم های بهینه سازی مثل الگوریتم ژنتیک، کارایی سیستم را بالاتر می برد. همچنین می توان از منطق فازی،برای تعیین هوشمندانه ی مقدار احتمال انتخاب شدن خانه ی بعدی، بهره برد و به این ترتیب، میزان کارایی سیستم را بیش از پیش افزایش داد.

## ۵-مراجع


**[۱]** J. Barraquand, B. Langlois and J.C. Latombe,"Numerical Potential Field Technique for Robot Path Planning", *IEEE Transa*
*]ction on S.M.C.,* 1992.

**[۲]** Y.K. Hwang and N. Ahuja, "Cross Motion Planning a Survey", *ACM Computer Survey,* 1992.

**[3]**E. Bonabeau, M. Dorigo, and G. Theraulaz. Inspiration for optimization from social insect behaviour. Nature, 406:39–42, July 2000.

**[4]**A. Colorni, M. Dorigo, V. Maniezzo, and M. Trubian. Ant system for job-shop scheduling. JORBEL - Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science, 34(1):39–53, 1994.

**[5]** M. Dorigo and L.M. Gambardella, Ant colonies for the traveling salesman problem. *Biosystems* 43, 73-81. 1997

**[6]**B.Baran ,R.Sosa, " *AntNet routing algorithm for datanetworks based on mobile agents" Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de inteligencia rtificial 12 (2001),75-84*

**[7]** G.D Caro and M.Dorigo,*" Mobile agent for Adaptive routing," technical report IRIDIA 1997.*

**[8]**Dorigo, M. and Gambardella, L.M., 1996, A study of some properties of Ant-Q, in:Proceedings of PPSN IV–