

استفاده از کولونی مورچه ها به صورت معکوس به منظور افزایش قدرت کاوش و جستجوی عامل ها در سیستم شبیه ساز امداد

مصطفی اصغری^۱، بهروز معصومی^۲، محمدرضا میبدی^۳

چکیده

یکی از بسترها مناسب برای تست و ارزیابی ایده ها و تکنیک های مربوط به سیستم های چند عامله، سیستم شبیه ساز امداد می باشد. در سیستم شبیه ساز امداد، وقوع یک حادثه مخرب شبیه سازی شده و عامل های نرم افزاری برای مقابله با اثرات حادثه در محیط مصنوعی فعالیت می کنند. وظیفه عامل های پلیس، پاکسازی و باز کردن مسیرهای مسدود شده است تا عامل های دیگر بتوانند به امداد و نجات مصدومین بپردازند. در این مقاله الگوریتمی ارائه شده است که از کولونی مورچه ها به صورت معکوس استفاده نموده و قدرت کاوش بیشتری را به عامل ها می دهد. با استفاده از الگوریتم ارائه شده، عامل های پلیس می توانند در زمان کمتری فضای بیشتری را جستجو کنند. آزمایشات و شبیه سازی های انجام شده نشان می دهند که الگوریتم ارائه شده از نظر جستجو و کاوش در محیط هایی که اطلاعات آنها در دسترس نیست، عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم های قبلی دارد.

کلمات کلیدی: جستجو و کاوش، کولونی مورچه ها، شبیه ساز امداد

A New Repelling Ant Colony Based Algorithm for Improving the Search And Exploration Power of Rescue Agents In Rescue Simulation System

Mostafa Asghari, Behrouz Masoumi, Mohammad Reza Meybodi

Abstract

RoboCup Rescue Simulation System is a suitable test-bed for test and evaluation of multiagent system's related ideas and techniques. In this simulation system, with the start of simulation, police agents should search and explore the earthquake area and open the blocked roads so that the ambulance and fire brigades be able to rescue the injured civilians and to extinguish the burning buildings. In this paper, a new repelling ant colony based algorithm was proposed which gives more exploration power to rescue agents. Results of experiments shows that the proposed algorithm can explore large area at the same time in comparison with other algorithms.

۱. مقدمه

یکی از چالش هایی که انسان امروزه با آن مواجه است افزودن قابلیت یادگیری و هوش مصنوعی به ماشین ها می باشد. هدف نهایی، پرورش روباتیک های هوشمند و مستقلی است که بتوانند در کنار انسان و یا در بعضی جاهای انسان به ایفای نقش بپردازند. پرورش روباتها از دو جنبه مورد نظر است: جنبه فیزیکی و ظاهری و دیگری از نظر هوشی و ذهنی. در این راستا همه ساله مسابقات روبوکاپ برگزار شده و محققین نتایج تحقیقات خود را در قالب تیم های مختلف ارائه نموده و ارزیابی می کنند[۹]. هدف از پروژه شبیه ساز امداد به عنوان یکی از زیرمجموعه های روبوکاپ، پرورش روباتها از نظر ذهنی و هوشی می باشد. در سیستم شبیه ساز امداد، یک حادثه مخرب مانند زلزله شبیه سازی شده و عامل های نرم افزاری امداد و نجات برای مقابله با اثرات آن برنامه ریزی می شوند[۱۰]. در این سیستم سه نوع عامل وجود دارند که در محیط حادثه به امداد و نجات می پردازند: عامل های پلیس، عامل های آمبولانس و عامل های آتش نشان. وظیفه عامل های پلیس جستجو در محیط

-۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد میاندوآب، m_asghary86@yahoo.com

-۲ دانشکده مهندسی برق، کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، قزوین، bmasoumi@Qazviniau.ir

-۳ دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، mmeybodi@aut.ac.ir

و باز کردن خیابانهای مسدود شده است تا عامل های دیگر در امدادرسانی به شهروندان با مانع روبرو نشوند. وظیفه عامل های آمبولانس حمل مصدومین به پناهگاه می باشد. عامل های آتش نشان وظیفه خاموش کردن آتش را بر عهده دارند. عامل های آمبولانس و آتش نشان زمانی کارآیی مناسبی خواهند داشت که راههای مورد نیاز آنها در کوتاهترین زمان توسط عامل های پلیس پاکسازی شوند. هر چه عامل های پلیس بتوانند فضای بیشتری را جستجو و پاکسازی کنند به همان اندازه آمبولانس ها و آتش نشانها در انجام وظایف خودشان موفق تر خواهند بود. بنابراین یکی از مواردی که باید در مورد عامل های پلیس در نظر گرفته شود این است که بتوانند در زمان کمتری فضای بیشتری را جستجو کنند [۷] و [۸]. با توجه به اینکه در سیستم شبیه ساز امداد برای برقراری ارتباط بین عامل ها، از نظر پنهانی باند محدودیت وجود دارد مناسب است از روش هایی استفاده شود که ارتباطات بین عامل ها را به حداقل برسانند. در این مقاله برای جستجو و کاوش عامل های پلیس در محیط حادثه، الگوریتمی ارائه شده است که از کولونی مورچه ها به صورت معکوس استفاده نموده و این قابلیت را به عامل های پلیس می دهد که بتوانند با حداقل ارتباطات، در زمان کمتری فضای بیشتری را جستجو و کاوش کنند.

بخش بندی بقیه مطالب این مقاله به صورت زیر است: ابتدا در بخش ۲ کولونی مورچه ها به طور مختصر و خلاصه معرفی می شود. بخش ۳ به معرفی الگوریتم ارائه شده می پردازد. در بخش ۴ الگوریتم ارائه ارزیابی شده است. بخش ۵ مقایسه و نتیجه گیری می باشد.

۲. بینه سازی با کولونی مورچه ها

کولونی مورچه ها الهام گرفتن از حل مسائل موجود در طبیعت توسط حس غریزی حشرات (مورچه ها) می باشد که ابتدا توسط Marko Dorigo مطرح گردید [۳] و [۴]. کولونی مورچه ها یکی از جالب ترین سیستم های مورد مطالعه تاکنون بوده که کاربردهای فراوانی در علوم و مهندسی یافته است. یافتن کوتاهترین مسیر یک مسئله بهینه سازی است (Optimization) که گاه حل آن بسیار دشوار و گاه نیز بسیار زمان براست. مورچه های واقعی قادر به یافتن کوتاهترین مسیر از منبع غذا تا لانه هایشان هستند که این کار بدون استفاده از قوه بینایی انجام می گیرد [۱]. راه حل مورچه ها برای کردن کوتاهترین مسیر بین لانه و منبع غذا به صورت زیر است: مورچه ها هنگام راه رفتن بر روی زمین، از خود ردی از فرمون (pheromone) به جا می گذارند. فرمون با گذشت زمان تبخیر می شود اما مدتی به عنوان رد مورچه بر سطح زمین باقی می ماند. یک رفتار بسیار ساده پایه ای در مورچه ها وجود دارد: آنها یک مسیر را از بین چندین مسیر بر اساس احتمال انتخاب می کنند. مسیری که فرمون بیشتری داشته باشد یا به عبارت دیگر مورچه های بیشتری قبلا از آن عبور کرده باشند احتمال انتخاب شدن خواهد داشت. در شروع کار انتخاب مسیر کاملاً تصادفی است اما بعد از اینکه در هر یک از مسیرها ردی از فرمون ایجاد شد مورچه ها به احتمال بیشتر مسیر با فرمون بیشتر را انتخاب می کنند (هر چه فرمون بیشتر باشد احتمال انتخاب مسیر بیشتر است). به همین دلیل پس از مدتی همه مورچه ها (یا تقریباً همه مورچه ها) مسیر کوتاهتر را طی خواهند کرد.

- مکانیزم انتخاب مسیر در الگوریتم های کولونی مورچه ها

مورچه ها برای انتخاب گره بعدی از مقادیر فرمون ها و فاصله بین گره ها استفاده می کنند. هر چه فاصله بین گره جاری تا یک گره کمتر و مقدار فرمون بین آنها بیشتر باشد، احتمال انتخاب گره بیشتر می شود. به عبارت دیگر فرمول انتخاب گره بعدی رابطه مستقیمی با مقدار فرمون روی یال و عکس فاصله بین گره ها دارد. عکس فاصله بین دو گره را η_{ij} تعريف می کنیم، احتمال عبور از گره i به گره j طبق رابطه (۱) تعريف می شود. پارامترهای α و β به کاربر اجازه می دهند بر روی نسبت اهمیت مقدار دنباله فرمون به دید، کنترل

$$p_{ij}(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{j_k=1}^n [\tau_{ij_k}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij_k}]^\beta} \quad \text{فرمول (۱)}$$

داشته باشد.

- بهنگام سازی فرمون در کولونی مورچه ها

بعد از اینکه هر مورچه یک دور تولید کرد مقدار دنباله فرمون روی یال ها بهنگام می شود. در کولونی مورچه ها این عمل ابتدا با کاهش مقدار فرمون با یک فاکتور ثابت (ضریب تبخیر) و سپس قرار دادن فرمون توسط هر مورچه روی یال هایی که در دور خود پیموده انجام می شود. ضریب تبخیر که مقداری بین صفر و یک دارد برای اجتناب از انباشتن بی حد دنباله فرمون است و الگوریتم را قادر می سازد تا تصمیم های بدی را که قبلاً گرفته شده است فراموش کند. روی یال هایی که توسط مورچه ها انتخاب نشده اند شدت فرمون با تعداد تکرارها بصورت نمایی کاهش می یابد. الگوریتم به مرور مورچه های بیشتری را در طول مسیرهای کوتاهتر هدایت می کند و در نتیجه مقدار فرمون قرار داده شده روی این مسیرها بالا خواهد رفت که این باعث افزایش احتمال انتخاب مسیرهای کوتاهتر در آینده خواهد شد. $\tau_{ij}(t+1)$ را شدت دنباله روی یال بین گره های i و j در لحظه $t+1$ می نامیم که با فرمول (۲) محاسبه می شود.

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij}(t, t+1) \quad \text{فرمول (۲)}$$

در این فرمول ρ ضریب تبخیر و $\Delta \tau_{ij}^k(t, t+1)$ مقدار دنباله فرمون است که روی یال بین گرهای i و j توسط مورچه k در زمان بین t و $t+1$ قرار داده می شود. مقدار دنباله فرمون در زمان (0) , τ_{ij} , می تواند مقداری تصادفی باشد (عموماً مقداری کوچک). انتخابهای مختلفی در رابطه با چگونگی محاسبه $\Delta \tau_{ij}^k(t, t+1)$ وجود دارد که منجر به نسخه های مختلفی از الگوریتم کولونی مورچه ای می گردد.

۳. جستجو و کاوش با استفاده از کولونی مورچه ها

الگوریتم ارائه شده برای جستجو و کاوش در سیستم شبیه ساز امداد، از کولونی مورچه ها به صورت معکوس استفاده می کند، بدین صورت که ابتدا بر روی تمام خیابانها فرمون اولیه قرار داده می شود. عامل پلیس از هر خیابان که عبور می کند فرمون آن را به صورت ضربی از پارامتر β کاهش می دهد. با گذشت زمان، بر مقدار فرمون روی خیابانها افزوده می شود. برای جلوگیری از انباشته شدن بیش از حد فرمون و یا کاهش بیش از حد آن در خیابانها، برای مقدار فرمون یک خیابان، مقدار حداقل و حداکثر در نظر گرفته شده است. عامل پلیس در گرهی که بیش از یک یال مجاور دارد یکی از یال های مجاور را بر اساس مکانیزم انتخاب مسیر کولونی مورچه ها، فرمول شماره (1) ، انتخاب می کند. در انتخاب مسیر براساس کولونی مورچه ها، دو عامل در احتمال انتخاب یک یال دلالت دارد: عکس طول یال که بنام دید شناخته می شود و مقدار فرمون انباشته شده بر روی یال. در این الگوریتم برای جلوگیری از افزایش بیش از حد اختلاف با کوتاهترین مسیر از عکس فاصله (دید) و برای جلوگیری از حلقه و تکرار از مقدار فرمون استفاده می شود و سعی می شود با تنظیم مناسب ضرایب دو پارامتر فوق علاوه بر جستجو و کاوش بیشتر در محیط، فاصله با کوتاهترین مسیر نیز حداقل گردد. هر چه طول یک یال کمتر باشد عکس طول یا دید آن بیشتر شده و احتمال انتخاب یال را بالا می برد. یال های با طول بیشتر نیز احتمال انتخاب کمتری دارند. از آنجا که احتمال انتخاب یک یال با مقدار فرمون آن یال رابطه مستقیمی دارد هر چه مقدار فرمون یک یال بیشتر باشد احتمال انتخاب آن یال بیشتر است. عامل پلیس با عبور از هر یال و کاهش فرمون آن، احتمال انتخاب آن را در آینده کاهش می دهد. انتخاب یک یال از بین دو یا چندین یال بر اساس فرمول (1) انجام می شود. عامل پلیس، هر یالی را که مطابق فرمول شماره (1) انتخاب می کند فرمون آن را مطابق فرمول (3) کاهش می دهد:

$$t_{ij}(t+1) = t_{ij}(t) - \rho t_{ij}(t) = (1 - \rho)t_{ij}(t) \quad \text{فرمول (۳)}$$

با توجه به اینکه احتمال انتخاب یک یال، رابطه مستقیمی با مقدار فرمون روی آن دارد هر چه فرمون روی یال کمتر شود به همان نسبت نیز احتمال انتخاب یال کمتر می شود. یال هایی که انتخاب نشده اند نسبت به یال های انتخاب شده دارای فرمون بیشتری هستند از اینرو احتمال انتخاب آنها در آینده نسبت به یال های انتخاب شده بیشتر خواهد بود. چنانکه در فرمول ها نیز مشخص است میزان فرمون دارای پارامتر بنام β و عکس فاصله دارای پارامتر بنام α و تبخیر فرمون با گذشت زمان دارای پارامتری بنام γ می باشد. دو پارامتر اول برای بیان اهمیت عکس فاصله و مقدار فرمون نسبت به یکدیگر کاربرد دارند. اگر در تصمیم گیری، میزان فرمون مسیر مهم تر از طول مسیر باشد می توان با افزایش مقدار β آن را پیاده سازی نمود ولی اگر طول مسیر مهم تر از مقدار فرمون باشد می توان با افزایش مقدار α به آن دست یافت. با توجه به اینکه در این الگوریتم با عبور از هر یال، از مقدار فرمون آن کاسته می شود مقدار پارامتر γ باید در فاصله $[0, 1]$ باشد. مقادیر بزرگتر از ۱ باعث منفی شدن مقدار فرمون و مقادیر کوچکتر از ۰ باعث افزایش مقدار فرمون می شوند. آنچه که مهم است تعیین مناسب مقادیر پارامترهای β و α و γ می باشد که در این الگوریتم برای تعیین مقادیر آنها از روش آزمایش و خطای استفاده شده است. شبه کد انتخاب گرمه بعدی (1) برای V_i در این الگوریتم به صورت زیر است:

```

Initialize the Road's Pheromone;
Initialize The Parameters  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\eta$ ;
For each Edge  $E_j$  in Vertex  $i$ 
    Compute the probability value according to (1);
    Select one of the edges  $E_j$  in vertex  $V_i$  randomly;
    For each edge  $E_j$  in vertex  $V_i$ 
        If edge  $E_j$  has been selected
            Decrease  $E_j$ 's pheromone according to (3);

Increase all edges' pheromone over the time.

```

شکل ۱- الگوریتم انتخاب گره بعدی در الگوریتم ارائه شده برای فاز جستجوی عامل پلیس

۴. ارزیابی الگوریتم ارائه شده

چنانکه در بخش قبل نیز بیان شد در چنین روش هایی، مقادیر پارامتر ها را معمولاً با روش آزمایش و خطا تنظیم می کنند. بدین صورت که مسئله را با مقادیر متفاوت پارامتر حل نموده و مقادیر را برای پارامتر در نظر می گیرند که دارای مناسب ترین جواب است. چگونگی تنظیم مقادیر پارامترهای کولونی مورچه ها در این مسئله در بخش بعد بیان شده است.

- تنظیم پارامتر η

برای پیدا کردن مقدار مناسب برای پارامترهای کولونی مورچه ها در این مسئله، آزمایش هایی انجام شده است که نتایج آنها در جداول زیر ارائه شده است. برای ارزیابی عملکرد الگوریتم در فواصل مختلف زمانی، کل زمان شبیه سازی (۳۰۰ ثانیه) به چندین بازه زمانی تقسیم شده و تعداد گره هایی که عامل پلیس توانسته است به ازای مقادیر مختلف پارامترها در هر بازه زمانی ملاقات کند یادداشت شده است. جدول ۱ نتایج شبیه سازی با مقادیر مختلف برای پارامتر η و تعداد گره های ملاقات شده توسط عامل پلیس را نشان می دهد.

جدول ۱- مقادیر مختلف پارامتر η و تاثیر آن در تعداد گره های ملاقات شده توسط عامل پلیس در زمان های مختلف

برای کم کردن فاصله زمانی بین انتخاب هدف توسط عامل پلیس و رسیدن به آن، از میانگین زمان انتظار اهداف استفاده شده است که برابر میانگین زمان هایی است که از لحظه انتخاب هدف توسط عامل پلیس تا رسیدن به آن هدف سپری می شود. این مقدار برای تمام اهدافی که توسط عامل پلیس انتخاب شده اند یادداشت شده و میانگین آنها محاسبه شده است. جدول ۲ تاثیر مقادیر مختلف پارامتر η بر میانگین زمان انتظار اهداف را نشان می دهد:

جدول ۲- مقادیر مختلف پارامتر η و تاثیر آن در میانگین زمان انتظار اهداف انتخاب شده توسط عامل پلیس

$\eta = 0.8$	$\eta = 0.7$	$\eta = 0.6$	$\eta = 0.5$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	
۲۵۰	۱۴۶	۶۵	۲۵۰	۹۵	۳۶	۶۶	۹۱	میانگین زمان انتظار اهداف (بر حسب ثانیه)

با ملاحظه داده های جدول های فوق می توان نتیجه گرفت مناسب ترین مقداری که می توان برای پارامتر η در نظر گرفت به طوری که درجه کاوش مناسبی داشته باشد و میانگین زمان انتظار اهداف را نیز کم کند. $\eta = 0.3$ است.

- تنظیم پارامتر α

برای تنظیم پارامتر α مانند پارامتر η عمل شده و تاثیر آن در عملکرد عامل پلیس در زمانهای مختلف یادداشت شده است. جدول ۳ تاثیر مقادیر مختلف α در عملکرد الگوریتم در فاصله های زمانی مختلف را نشان می دهد:

جدول ۳- مقادیر مختلف پارامتر ϕ و تاثیر آن در تعداد گرهای ملاقات شده توسط عامل پلیس

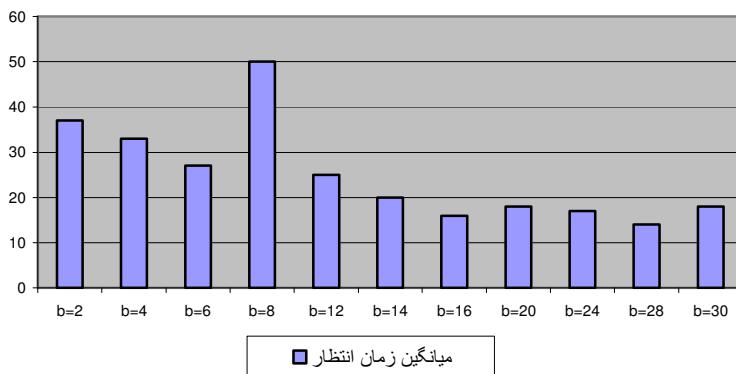
$\phi = 30$	$\phi = 28$	$\phi = 24$	$\phi = 20$	$\phi = 16$	$\phi = 14$	$\phi = 12$	$\phi = 8$	$\phi = 6$	$\phi = 4$	$\phi = 2$	زمان
۳۱	۲۱۳	۱۰۳	۸۵	۱۲۰	۳۱	۱۱۸	۱۸۲	۱۲۰	۱۸۹	۱۸۶	۰ - ۱۵
۱۲۹	۲۴۹	۱۵۴	۱۰۳	۱۲۳	۱۲۹	۲۱۹	۲۴۱	۱۷۹	۲۲۱	۲۰۵	۱۵ - ۳۰
۱۷۴	۲۵۷	۱۶۴	۲۲۸	۱۲۹	۱۷۴	۲۲۸	۲۵۶	۱۸۳	۲۲۲	۲۰۷	۳۰ - ۴۵
۱۸۱	۲۵۸	۱۹۷	۲۳۶	۲۶۰	۱۸۱	۲۳۸	۲۵۷	۱۹۱	۲۲۲	۲۳۳	۴۵ - ۶۰
۱۹۹	۲۷۱	۲۳۵	۲۶۷	۲۸۷	۱۹۹	۲۷۹	۲۵۷	۲۱۰	۲۳۱	۲۶۴	۶۰ - ۱۰۰
۲۱۴	۲۷۱	۲۵۵	۲۷۵	۲۸۸	۲۱۴	۲۹۱	۲۵۷	۲۵۹	۲۳۵	۲۹۰	۱۰۰ - ۱۵۰
۲۸۸	۲۷۲	۲۷۰	۲۷۵	۲۸۹	۲۸۸	۲۹۱	۲۶۸	۲۵۹	۲۷۱	۲۹۱	۱۵۰ - ۲۰۰
۲۸۸	۲۸۴	۲۷۱	۲۸۰	۲۸۹	۲۸۸	۲۹۱	۲۷۶	۲۵۹	۲۸۳	۲۹۱	۲۰۰ - ۲۵۰
۲۹۱	۲۸۵	۲۸۸	۲۸۸	۲۸۹	۲۹۱	۲۹۱	۲۹۱	۲۷۷	۲۸۳	۲۹۱	۲۵۰ - ۳۰۰

برای بررسی تاثیر مقادیر مختلف پارامتر ϕ در میانگین زمان انتظار اهداف به منظور انتخاب مقدار مناسب برای این پارامتر، شبیه سازی های مختلفی انجام شده و در آنها میانگین زمان انتظار اهداف به ازای مقادیر مختلف ϕ یادداشت شده است. این نتایج در جدول ۴ نشان داده شده اند:

جدول ۴- مقادیر مختلف پارامتر ϕ و تاثیر آن در میانگین زمان انتظار اهداف انتخاب شده توسط عامل پلیس

$\phi = 30$	$\phi = 28$	$\phi = 24$	$\phi = 20$	$\phi = 16$	$\phi = 14$	$\phi = 12$	$\phi = 8$	$\phi = 6$	$\phi = 4$	$\phi = 2$	میانگین زمان انتظار
۱۸	۱۶	۱۷	۱۸	۱۴	۲۰	۲۵	۵۰	۲۷	۳۳	۳۷	

برای مقایسه بهتر تاثیر مقادیر مختلف پارامتر ϕ بر میانگین زمان انتظار اهداف ، داده های جدول ۴ به صورت نمودار شکل ۲ نشان داده شده است:



شکل ۲- تاثیر مقادیر مختلف پارامتر ϕ بر میانگین زمان انتظار اهداف انتخاب شده توسط عامل پلیس

چنانکه قبل نیز بیان شد هدف از جداول و نمودارهای بالا، نمایش تاثیر مقادیر مختلف پارامترها بر عملکرد الگوریتم کلونی مورچه ها در این مسئله و انتخاب مقادیر مناسب برای پارامترها می باشد که تجزیه و تحلیل آنها مقادیر زیر را به عنوان مقادیر مناسب پارامترها در این مسئله نتیجه می دهد:

$$\begin{aligned} \phi &= 16 \\ \alpha &= 1 \\ \beta &= 0.3 \\ \text{Nrx Tixir} &= 0.1 \end{aligned}$$

شکل ۳- مقادیر مناسب برای پارامترهای الگوریتم کلونی مورچه ها در مسئله جستجو و کاوش در سیستم شبیه ساز امداد

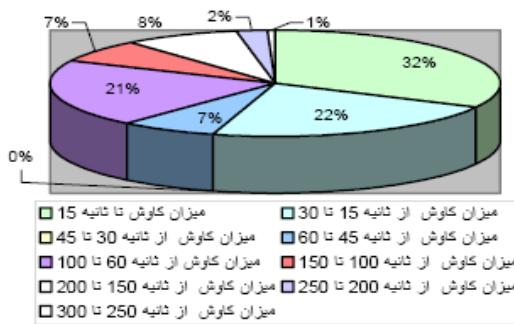
۴- ارزیابی الگوریتم ارائه شده با مقادیر تنظیم شده پارامترها

پس از به دست آوردن مقادیر مناسب برای پارامترها، شبیه سازی با مقادیر جدید پارامترها انجام شده است. برای شبیه سازی از دو نقشه VC و Kobe استفاده شده است. نتایج شبیه سازی در جدول ۵ بیان شده است:

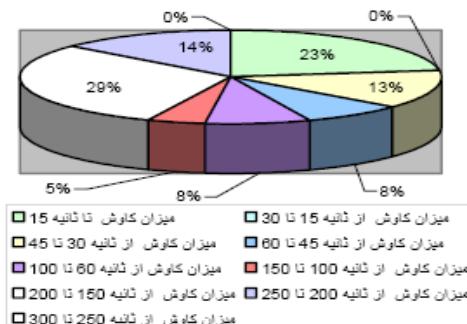
جدول ۵- تعداد گره های ملاقات شده توسط عامل پلیس در الگوریتم کلونی مورچه ها در زمانهای مختلف

زمان	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۳۰-۴۵	۴۵-۶۰	۶۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۵۰	۱۵۰-۲۰۰	۲۰۰-۲۵۰	۲۵۰-۳۰۰
Kobe	۹۴	۶۴	۰	۲۰	۶۰	۲۰	۲۴	۶	۲
VC	۳۰۴	۱۲۰	۷۰	۷۲	۴۱	۲۶۹	۱۲۲	۰	۰

نمودارهای شکل های ۴ و ۵ که از داده های جدول ۵ بدست آمده اند، میزان کاوش الگوریتم را به ترتیب در نقشه های Kobe و VC در زمان های مختلف نشان می دهند:



شکل ۴- میزان کاوش عامل پلیس در الگوریتم Kobe ارائه شده - نقشه



نمودار ۵- میزان کاوش عامل پلیس در الگوریتم VC ارائه شده - نقشه

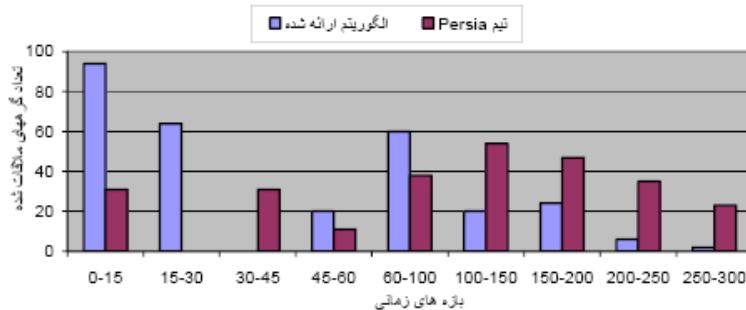
برای مقایسه عملکرد الگوریتم ارائه شده از نظر امتیاز نهایی کسب شده، شبیه سازی با الگوریتم ارائه شده و الگوریتم Tim Persia به تعداد ۴ بار انجام شده است. نتایج شبیه سازی ها در جدول ۶ نشان داده شده است:

جدول ۶- امتیاز کسب شده توسط الگوریتم ترکیبی و تیم Persia در ۴ بار اجرا

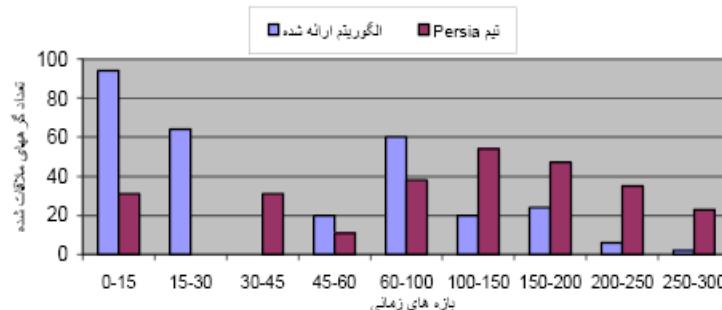
ردیف	الگوریتم ارائه شده	Persia (کوتاهترین مسیر)
۱	۲۸.۳۷	۲۸.۹۷
۲	۲۸.۴۵	۲۹.۲۲
۳	۲۹.۲۲	۲۹.۸۴
۴	۲۹.۸۴	۲۸.۹۷

۵. مقایسه و نتیجه گیری

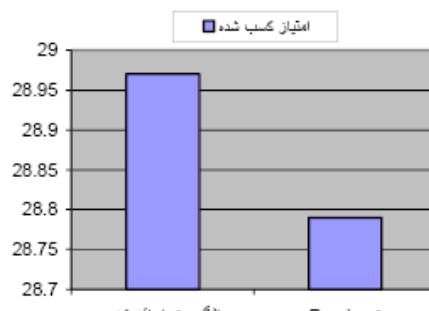
برای پیاده سازی عامل های پلیس، از کد تیم Persia استفاده شده است [۵] [۶]. این تیم Persia نمونه ای از تیم هایی است که در آن عامل پلیس برای حرکت به سوی اهداف خود و همچنین در فاز جستجو از الگوریتم کوتاهترین مسیر (دایجسٹر) استفاده می کند. مقایسه عملکرد عامل های پلیس که برای کاوش و جستجو در محیط شبیه ساز امداد از الگوریتم کلونی مورچه ها استفاده می کنند با عملکرد عامل های پلیس تیم Persia می تواند معیار مناسبی برای ارزیابی الگوریتم ارائه شده باشد. نمودارهای نشان داده شده در شکل های ۶ و ۷ الگوریتم ارائه شده را از نظر میزان کاوش و جستجو با تیم Persia به ترتیب در نقشه های Kobe و VC مقایسه می کند. نمودار شکل ۸ نیز مقایسه الگوریتم ارائه شده با الگوریتم تیم Persia از نظر امتیاز نهایی می باشد.



شکل ۶- مقایسه تعداد گره های ملاقات شده توسط الگوریتم ارائه شده و الگوریتم Tsim در زمان های مختلف- نقشه Kobe



شکل ۷- مقایسه تعداد گره های ملاقات شده توسط الگوریتم ارائه شده و الگوریتم Tsim در زمان های مختلف - نقشه VC



شکل ۸- مقایسه الگوریتم ارائه شده با الگوریتم Tsim Persia از نظر امتیاز کسب شده

با ملاحظه جداول و نمودارها می توان دریافت فضایی که الگوریتم ارائه شده در بازه های زمانی اول شبیه سازی کاوش می کند تقریباً یک و نیم برابر فضایی است که الگوریتم Persia (الگوریتمهای کوتاهترین مسیر) در همان زمان کاوش می کند. نتیجه دیگر این است که نقطه اوج کاوش برای الگوریتم ارائه شده در شروع شبیه سازی است که برای یک الگوریتم کاوش و جستجو امتیاز مهمی محاسبه می شود در حالیکه الگوریتم های کوتاهترین مسیر به این صورت عمل نمی کنند و اگر هم عمل می کنند به سرعت و قدرت الگوریتم ارائه شده نیستند.

مراجع

- [۱] A. Colorni; M. Dorigo and V. Maniezzo; “*Distributed optimization by ant colonies*”, Proceedings of ECAL’۹۱, European Conference on Artificial Life, Elsevier Publishing, Amsterdam, ۱۹۹۱.
- [۲] Bowling M.; “*Robocup Rescue : Agent Development Kit*”, Version .۴.
- [۳] Dorigo M.; Di Caro G.; and Gambardella M. L.; “*Ant algorithms for discrete optimization*”, Artif. Life, vol. ۵, no. ۲, pp. ۱۳۷-۱۷۲, ۱۹۹۹.
- [۴] Dorigo M.; and Stützle T.; “*Ant Colony Optimization*”, Cambridge, MA: The MIT Press.۲۰۰۲.

- [Δ] Khojasteh M. R.; Kazimi A.; and Ghasemini Z.; “*Persia ۱۰۵, Towards a Full Learning Automata-Based Cooperative Team*”, Team Description Paper, ۲۰۰۶.
- [Σ] Khojasteh M. R. and Heidari H.; “*Persia ۱۰۴ Team Description*”, Team Description Paper, ۲۰۰۵.
- [∇] Kleiner A. ; Brenner M. ; Bräuer T. ; Dornhege C. ; Göbelbecker M. ; Luber M. Prediger J.; and Stückler J. Nebel B.; “*Successful Search and Rescue in Simulated Disaster Areas*”, Institut für Informatik, University at Freiburg, ۲۰۱۱, Freiburg, Germany.
- [Λ] Morimoto T.; “*How to Develop a RoboCupRescue Agent for RoboCup Rescue Simulation System*”, version 1., 1st edition.
- [Ω] RoboCup Rescue Official Site, <http://robomec.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue/>.
- [Π] The Robocup Rescue Technical Committee, ”*Robocup-Rescue Simulator Manual*”, Web page : <http://robomec.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue>.