پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران
هفدهم الی نوزدهم شهریورماه ۱۳۸۳

شبیه سازی مین های زمینی هوشمند متحرک همکاربا دیدگاه سیستم های چند عاملی و کاربرد سیستم های فازی در آن

یحیی محمدی، مهدی رحمتی، سعید نخعی، رضا واحدیان، مجید منصوری
واحد تحقیق و توسعه شرکت تحقیقاتی، مهندسی رایان تِک صنعت
Info@Rayan-Tech.com

چکیده

هدف اصلی از این مقاله معرفی یک نسل جدید از مین های زمینی است که، دارای قابلیت های دینامیکی مختلف مانند، متحرک بودن، قابلیت تهاجم و قابلیت همکاری با یکدیگر را دارا باشند. در این مقاله سعی شده است تا در اولین قدم در طی شبیه سازی های مختلف و با استفاده از تکنیک های مطرح در سیستم های چند عاملی مانند نحوه تقسیم و اختصاص وظایف، الگوریتم های همکاری و هماهنگی، روشهای یادگیری گروهی و روشهای گوناگون دیگر به بررسی کارآیی و قابلیت های این سیستم بپردازیم. برخی از این موضوعات در این پروژه با استفاده از سیستم های فازی پیاده سازی شده است. در واقع هدف اصلی این مقاله ارائه یک مساله و بستر شبیه سازی جدید در حوزه سیستم های چند عاملی می باشد.

واژه های کلیدی: مین زمینی هوشمند- سیستم های چند عاملی- سیستم فازی- تقسیم وظایف.

مقدمه

هدف از این طرح کاهش مشکلات مین های زمینی موجود و افزایش قابلیت های آنها می باشد. به طور خلاصه میدان های مین موجود دارای مشکلات زیر می باشند.

- هزینه و وقت زیادی صرف نصب و ایجاد میدان های مین می شود.
- میدان های مین موجود غیر قابل نفوذ نمی باشند.
- برای عبور نیروهای خودی مشکل ساز می باشند.
- در صورت باز شدن راهی در آن توسط دشمن کارآیی کل میدان مین زیر سوال می رود.
- در هنگام صلح مساله جمع آوری مین ها بحثی بسیار پر هزینه و وقت گیر می باشد.

در این طرح سعی شده است که علاوه بر حل تمام موارد بالا یک میدان مین را از حالت استاتیک و تدافعی خارج کرده و آن را به حالت تدافعی ـ تهاجمی تبدیل کنیم .

به طور خلاصه این سیستم شامل مین‌های متحرک هوشمند از انواع مختلف می‌باشد که با یکدیگر همکاری دارند و می‌توانند با یکدیگر و یک مرکز در دوردست ارتباط بر قرار کنند. در این سیستم هر کدام از مین‌ها دارای توانایی‌های مختلفی می‌باشند. به عنوان مثال بعضی از آنها به صورت ثابت کاشته شده و دارای سنسورهای مختلف می‌باشند و می‌توانند تعدادی مین معمولی را کنترل کنند. تعدادی دارای سیستم مکانیکی ساده بوده و حرکت‌های محدودی را می‌توانند انجام دهند. بعضی دیگر از مین‌ها دارای سیستم مکانیکی پیشرفته بوده و دارای سرعت بالا می‌باشند. تعدادی دارای سیستم بینایی بوده و بعضی

دیگر دارای سیستم های دید در شب می باشند و عده ای دیگر دارای قابلیت برقراری ارتباط با مرکز کنترل می باشند. عده ای می توانند دارای موشک های کنترل شونده ضدزره باشند همچنین می توان از همکاری این سیستم با هواپیماهای کنترل از راه دور(RPV) نیز استفاده کرد.

این مین ها به دلیل قابلیت تحرک، ابتدا در یک منطقه عملیاتی رها می شوند و سپس بر اساس الگوریتم های از پیش تعیین شده و یا بر اساس توافق با یکدیگر هر کدام از آنها در یک محل مستقر می شوند. بنابراین به کاشت اولیه احتیاجی ندارند. در صورت از بین رفتن تعدادی از مین ها و باز شدن راهی در سیستم، این مساله توسط مین های دیگر تشخیص داده می شود و الگوی مین ها در منطقه تغییر کرده تا این نقیصه را بر طرف کند. این سیستم، یک سیستم باز می باشد، بدین معنی که می توان اعضای جدیدی به سیستم اضافه کرد یا از سیستم تعدادی را خارج نمود بدون آنکه به کار سیستم لطمه ای وارد شود.

در هنگام عبور نیروهای خودی از میدان مین، می توان از طریق مرکز کنترل یک مسیر در میدان باز کرد یا با استفاده از روش های شناسایی دوست از دشمن (IFF) این کار را انجام داد. در هنگام صلح نیز می توان با استفاده از فرمان مرکز کنترل کل مین ها را فراخواند یا نابود ساخت.

یک مزیت بسیار مهم این سیستم، این است که منتظر نمی ماند تا یک هدف با مین بر خورد کند بلکه دارای حالت تهاجمی می باشد. در این سیستم یکسری مین به صورت دیده بان قرار دارند که قادر هستند اجسام متحرک را که به میدان مین نزدیک می شوند شناسایی کرده و به مین هایی که باید از این قضیه با خبر شوند ارسال کنند. این اطلاعات سپس می تواند از سایر سیستم ها مانند مرکز کنترل یا هواپیماهای کنترل از راه دور (RPV) نیز بدست بیاید. این اطلاعات به مین های تعقیب کننده هدف ارسال می شود. این مین ها با یکدیگر برای سد کردن راه هدف همکاری کرده و با توجه به روشهایی که در سیستم های چند عاملی مطرح می شود عده ای برای این کار برگزیده می شوند. این مین ها با توجه به الگوریتم طراحی شده خود را به هدف، یا نزدیک آن رسانده و منفجر می شوند. یک راه دیگر برای نابود کردن وسایط نقلیه استفاده از موشک انداز های کنترل شونده می باشد. در این روش با استفاده از اطلاعات مین های دیده بان می توان یک سیستم دنبال کننده هدف اتومات ایجاد کرد که بر روی هدف قفل شده و موشک را به سوی آن شلیک و کنترل نماید.

اگر این اطلاعات مربوط به نفرات باشد می توان نابود کردن آنها را به مین های ساده تر که دارای قابلیت تحرک کمتری هستند و یا مین های معمولی کنترل شونده واگذار کرد. به این ترتیب که وقتی یک نفر از نزدیک آنها عبور می کند بدون آنکه به این مین برخورد داشته باشد توسط سنسورهای این مین شناسایی شده، و مین خود را منفجر می کند.

یک مزیت مهم این سیستم این است که می تواند با سایر سیستم های موجود همکاری داشته باشد. این همکاری می تواند در تهیه اطلاعات و روشهای منهدم کردن اهداف باشد مانند سیستم های زیر:

- همکاری با هواپیماهای کنترل از راه دور(RPV)
- همکاری با توپخانه
- همکاری با تانک های موجود در منطقه
- همکاری با سیستم فرماندهی مرکزی

از جمله کاربردهای این سیستم موارد زیر می باشد:

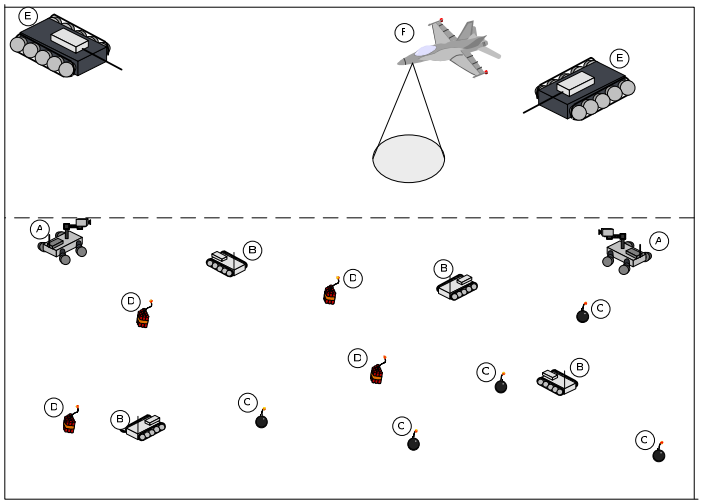
- در اطراف زندانها یا محوطه هایی که احتیاج به مراقبت دائمی دارند مانند پادگان ها یا زاغه های مهمات.
- در مرزها یک نوع از این سیستم را می توان قرار داد که بتواند جلوی عبور و مرور را بگیرد.
- در میدان های جنگ.
- استفاده از این سیستم به عنوان روبات های حمله کننده در شروع عملیات ها.

ساختار مقاله به این صورت می باشد که ابتدا محیط شبیه سازی را تعریف می کنیم. سپس این محیط را از دیدگاه سیستم های چند عاملی مورد بررسی قرار می دهیم. در قسمت بعدی این مقاله به استفاده از فازی در تخمین میزان خطر

تانک دشمن می پردازیم و سپس به بررسی نحوه انتخاب هدف و تقسیم وظایف خواهیم پرداخت. در نهایت به بررسی نتایج شبیه سازی خواهیم پرداخت.

محیط شبیه سازی

در این بخش به معرفی یک محیط شبیه سازی که جهت تست الگوریتم های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است می پردازیم. در شکل شماره ۱ یک نمونه گرافیکی از محیط شبیه سازی مورد استفاده، آورده شده است.



شکل۱- نمونه ای از محیط شبیه سازی

دراین شکل، زمین توسط خطوط نقطه چین به دوقسمت تقسیم شده است. قسمت بالای این مرز مربوط به نیروهای دشمن و قسمت پایین مرز قسمتی است که نیروهای دشمن نباید از آن عبور کنند و به قسمت پایین زمین برسند. ابعاد در نظر گرفته شده برای این زمین ۲ کیلومتر در ۲ کیلومتر می باشد. کل زمین به خانه های یک متر در یک متر تقسیم شده است و وقتی یک هدف منفجر می شود که، در خانه ای که یک مین در آن قرار گرفته است وارد شود و یا مین وارد خانه ای که دشمن در آن واقع شده است، بشود. مرز در فاصله ۷۰۰ متری از بالای تصویر قرار دارد. در این محیط انواع مختلفی از تجهیزات می تواند وجود داشته داشته باشد، اما برای شبیه سازی های اولیه موارد زیر در این محیط در نظر گرفته شده اند.

۱. نوع A : این نوع تجهیزات شامل مین های دیده بان می باشند که از قابلیت تحرک نیز برخوردار می باشند. کار اصلی این مین ها جستجوی منطقه برای پیدا کردن نیروهای دشمن و اطلاع آن به مین ها ی دیگر می باشد. این مین ها نیز دارای قابلیت انفجاری می باشند. شعاع دید این مین ها ۵۰۰ متردر نظر گرفته شده است. سرعت حرکت این مین ها نیز m/s۱ می باشد. این مین ها قابلیت برقراری ارتباط با تمام انواع مین ها را دارند.

۲. نوع B : این نوع از مین ها، مین های متحرک با سرعت بالا می باشند. وظیفه اصلی این مین ها دنبال کردن اهداف و نابود کردن آنها می باشد. این مین ها نیز دارای قابلیت برقراری ارتباط با سایر مین ها می باشند. شعاع دید این مین ها ۲۰ مترمی باشد و سرعت حرکت کردن آنها نیز m/s۵ است.

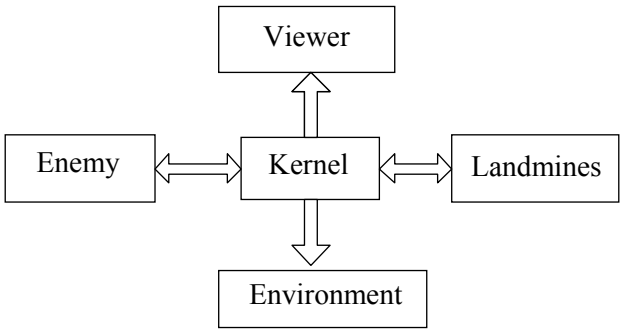
۳. نوع C : این نوع از مین ها، مین های متحرک با سرعت پایین می باشند. این مین ها نیز دارای قابلیت برقراری ارتباط می باشند. به علت قابلیت تحرک پایین، این مین ها فقط در یک شعاع محدود می توانند عمل کنند. شعاع دید این مین ها ۱۰ متر می باشد. سرعت حرکت کردن این مین ها نیز ۱ m/s می باشد.

۴. نوع D : این نوع از مین ها ثابت بوده و قابلیت برقراری ارتباط نیز ندارند. شعاع دید این مین ها نیز ۱۰ متر می باشد.

۵. نوع F : این نوع یک هواپیمای کنترل از راه دور(RPV) می باشد. وظیفه این هواپیما جمع آوری اطلاعات در مورد تجهیزات دشمن در مواقع لزوم و رساندن اطلاعات به مین ها می باشد. شعاع دید این هواپیما ۲۰۰ متر می باشد و سرعت حرکت آن ۲۰ m/s در نظر گرفته شده است.

۶. نوع E : این نوع شامل تجهیزات دشمن می باشد. در این شبیه سازی فقط تانک های دشمن در نظر گرفته شده است. شعاع دید تانک دشمن ۱۰۰ متر می باشد. سرعت حرکت آن نیز ۱۰m/s می باشد. در این شبیه سازی فرض شده است که تانک های دشمن قابلیت از بین بردن مین های خودی را ندارند.

در این شبیه‌سازی تعداد تجهیزات ذکر شده می تواند تغییر کند و حتی می توان موارد دیگری چون افراد پیاده دشمن و یا سایر تجهیزات و ویژگی ها را به سیستم اضافه کرد. ساختار منطقی محیط شبیه سازی به صورت شکل دو می باشد.



شکل۲- معماری سیستم شبیه ساز

در این معماری هسته (Kernel) به عنوان واحد اصلی هماهنگ کننده قسمت های مختلف شبیه ساز می باشد و ارتباط بین قسمتهای مختلف را برقرار می کند. در قسمت مین های زمینی (Landmine) برنامه های مربوط به مین های مختلف قرار گرفته است. در قسمت دشمن (Enemy) الگوریتم های مربوط به تانک های دشمن قرار گرفته است. در قسمت محیط (Environment) اطلاعات مربوط به تمام عامل های موجود در محیط ذخیره می شود و مرتبا توسط کرنل به روز می شود. از قسمت نمایش دهنده (Viewer) نیز به عنوان نشان دهنده نتایج شبیه سازی به صورت گرافیکی استفاده می شود. نحوه شبیه سازی به این صورت است که بعد از اینکه تعداد و مکان اولیه هر کدام از عامل ها در محیط مشخص شد، کرنل شبیه سازی را شروع می کند. زمان شبیه سازی تقسیم به واحدهای زمانی به نام سیکل شده است. هر سیکل در واقع نشان دهنده یک ثانیه در زمان واقعی می باشد. در قسمت مربوط به مین های زمینی، برنامه های مربوط به این مین ها قرار دارد و بعد از شروع شبیه سازی هر کدام از این مین ها بر اساس الگوریتم خود از کرنل تقاضای اطلاعات سنسوری در مورد محیط می کنند. کرنل نیز با توجه به قیدهای در نظر گرفته شده برای هر کدام از آنها اطلاعات مربوطه را تهیه می کند. همچنین هر کدام از مین ها می تواند یک عمل را انتخاب کند. بعد از انتخاب یک عمل آن را به کرنل فرستاده و کرنل نیز با توجه به قیدهای فردی و محیطی آنرا اجرا کرده یا عدم اجرای آن را گزارش می دهد. در مورد سیستم دشمن نیز عملکرد به همین صورت می باشد. در این شبیه سازی نوع و مقدار برقراری ارتباط (Communication) و پیام ها نیز دارای محدودیت می باشد. به عنوان مثال هواپیما اطلاعاتش را فقط به مین های نوع A می فرستد. اطلاعات مربوط به دشمن از طریق مین های نوع A به مین های نوع B,C ارسال می شود. بدین ترتیب محدودیت در برقراری ارتباط در محیط واقعی، در شبیه سازی در نظر گرفته شده است.

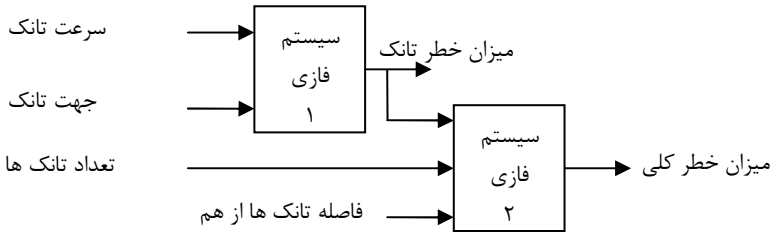
بررسی محیط شبیه سازی از دیدگاه سیستم های چند عاملی

همان طور که از صورت مساله پیداست این محیط از عامل های مختلف با توانایی های گوناگون تشکیل شده است[3][2][1]. تعداد عامل ها در این محیط می تواند متغیر در نظر گرفته شود. بدین معنی که بعضی از عامل ها می توانند از

بین روند یا از صحنه خارج شده و یا به تعداد عامل های موجود افزوده شود. یکی دیگر از مشکلات در این سیستم قید بر روی میزان و نوع برقراری ارتباط می باشد که بر بسیاری از الگوریتم های هماهنگی و همکاری تاثیر گذار است[6][5][4]. همچنین این محیط رقابتی، دینامیک و نویزی می باشد. بنابراین ما با یک سیستم پیچیده چند عاملی مواجه می باشیم. در این قسمت به مهمترین نیاز های مین ها برای مقابله با دشمن اشاره می کنیم. اولین و مهمترین مساله در این سیستم تشخیص زود هنگام خطر می باشد. این تشخیص شامل پارامترهای مختلفی مانند نوع، تعداد، جهت و سرعت تجهیزات دشمن می باشد. مساله بعدی، ترکیب این اطلاعات و مشخص کردن میزان خطر و پیش بینی جهت ورود به مرز می باشد. بعد از این مرحله مشخص کردن استراتژی مقابله با دشمن حایز اهمیت می باشد. به این معنی که چون این سیستم از عامل هایی با توانایی های مختلف تشکیل شده است، برای مقابله با شرایط گوناگون و بدست آوردن نتایج قابل قبول، باید بین عامل ها همکاری و هماهنگی وجود داشته باشد. به عنوان مثال برای تعقیب کردن یک تانک دشمن از چند مین متحرک استفاده می کنیم. اگر تعداد عامل های دشمن افزایش یافت تقسیم وظایف پیچیده‌تر می‌شود[13][12][11][10][9][8][7]. نکته بعدی الگوریتم همکاری بین مین هاست.

تخمین خطر با استفاده از سیستم فازی

در این بخش به بررسی یکی از نیاز های اصلی این سیستم خواهیم پرداخت. در این سیستم مین های دیده بان و یا هواپیما اطلاعات خود را از محیط جمع آوری کرده و آنها را برای یکدیگر به اشتراک می گذارند. به علت بالا رفتن قابلیت مقاوم بودن سیستم نسبت به از بین رفتن تعدادی از مین های دیده بان، این ترکیب اطلاعات به صورت گسترده بین مین های دیده بان در نظر گرفته شده است. بعد از اینکه در یک سیکل اطلاعات مربوط به سایر دیده بان ها به یک دیده بان خاص رسید، وی توسط سیستم فازی سلسله مراتبی[15][14] که بلوک دیاگرام آن در شکل ۳ آمده است کار تخمین خطر را انجام می دهد.



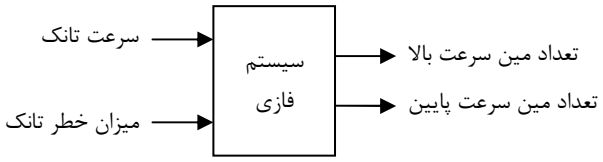
شکل ۳- بلوک دیاگرام سیستم تخمین خطر

ورودی های سیستم فازی شماره ۱ شامل سرعت و جهت یک تانک خاص می باشد. هدف این سیستم فازی بدست آوردن یک پارامتر برای بیان میزان خطر یک تانک می باشد. این معیار به همراه اطلاعات مربوط به تانک به مین های مربوطه ارسال می شود. بعد از این، تا وقتی که مین های تعقیب کننده هدف از مین های دیده بان تقاضای اطلاعات اضافی نکرده باشند، مین های دیده بان فقط این معیار خطر را به روز کرده و برای مین های تعقیب کننده می فرستند. در مواقعی که چندین واحد دشمن وارد منطقه می شوند، برای بدست آوردن یک معیار برای بیان خطر منطقه از یک سیستم فازی دوم استفاده می کنیم. این سیستم بر اساس خروجی سیستم فازی اول و تعداد تانک ها و فاصله آنها از هم، یک میزان برای بیان خطر کلی منطقه فراهم می سازد. این معیار به طور متناوب برای تمام مین های دارای قابلیت برقراری ارتباط به روز می شود. بنابراین با توجه به شعاع دید مین های دیده بان، کل سیستم می تواند قبل از رسیدن دشمن به یک آمادگی نسبی دست پیدا کند. مساله مهمی که باید در اینجا مورد توجه قرار بگیرد این است که، با توجه به اینکه تعداد مین های تعقیب کننده هدف در این سیستم محدود می باشند بنابراین ما با محدودیت منابع روبرو می باشیم و باید برای اختصاص منابع یک روش بهینه را

انتخاب کنیم. از معیار بدست آمده برای بیان میزان خطر هرکدام از تانکها، می توان جهت اولویت دهی در هنگام تقسیم و اختصاص وظایف استفاده نمود.

تخمین تعداد و نوع مین ها برای رهگیری اهداف و نحوه تقسیم وظایف

از مسائل دیگری که در این شبیه سازی مورد توجه قرار گرفته است، تخمین تعداد و نوع مین های مورد نیاز برای رهگیری و نابود کردن یک هدف خاص می باشد. این مساله نیز توسط یک سیستم فازی حل شده است. بلوک دیاگرام کلی این سیستم در شکل ۴ نشان داده شده است.

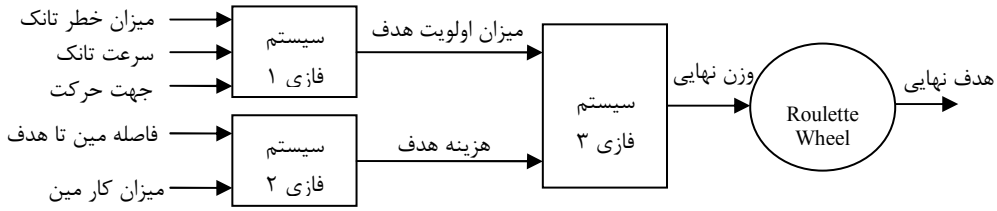


شکل ۴- بلوک دیاگرام سیستم تخمین تعداد و نوع مین مورد نیاز برای تعقیب هدف

در این سیستم سرعت تانک و میزان خطر تانک که در مرحله قبل محاسبه شده بود به عنوان ورودی های سیستم فازی در نظر گرفته می شوند. خروجی های سیستم فازی نیز شامل تعداد مین های سرعت بالا که دارای قابلیت تعقیب اهداف می باشند به همراه مین های سرعت پایین که می توانند نقش جهت دهی به اهداف یا تله را بازی کنند، می باشد. از این پارامترها به عنوان معیاری در بحث تشکیل گروه های کاری که تعقیب کننده اهداف می باشند استفاده می شود. بدین صورت که وقتی یک هدف تعیین و تعداد و نوع مین های مورد نیاز برای رهگیری آن هدف تخمین زده شد، آنگاه با استفاده از الگوریتم بازار آزاد (Free Market) مین های تعقیب کننده سرعت بالا با یکدیگر برای تشکیل دسته کاری مذاکره می کنند که کدام یک از آنها در این گروه عضویت داشته باشد و کدام یک نقش سردسته گروه را بازی کند. از مزیت های این روش مقاوم بودن آن نسبت به از بین رفتن اعضا می باشد، اما از مشکلات آن سرعت واکنش اولیه پایین آن می باشد. به این دلیل که برای تقسیم وظایف مدتی طول می کشد تا تمام اعضا به توافق برسند. بنابراین برای بهبود سرعت واکنش اولیه از یک الگوریتم فردی و واکنشی برای انتخاب هدف و در واقع تقسیم وظایف استفاده نموده ایم.

در استراتژی ما، به خاطر بالاتر رفتن سرعت تصمیم گیری و واکنش سریع اولیه به نیازهای موجود در محیط و همچنین کاهش تعداد پیام های رد و بدل شده، مین ها هدف اولیه خود را بر اساس الگوریتم فردی و بدون برقراری ارتباط با دیگران انتخاب می کنند. سرعت واکنش اولیه می تواند در روند سیستم تاثیر نسبتا قابل ملاحظه ای داشته باشد، به این دلیل که اگر بتوان جلوی هدف ها را از همان ابتدا مسدود کرد بر کارآیی کلی سیستم می تواند تاثیر زیادی داشته باشد.

در این روش هر مین بر اساس اطلاعات خود از اهداف و پارامترهای فردی خود مانند موقعیت یا وظیفه ای که بر عهده وی می باشد، توسط یک سیستم فازی سلسله مراتبی و وارد کردن عامل احتمال هدف خود را انتخاب می کند. بلوک دیاگرام این روش در شکل ۵ نشان داده شده است.



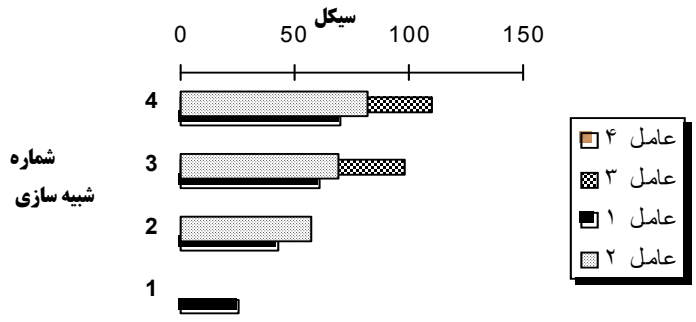
شکل ۵- بلوک دیاگرام سیستم انتخاب هدف اولیه مین های متحرک سرعت بالا

در این سیستم، ورودی های سیستم فازی ۱ شامل میزان خطر تخمینی تانک، سرعت تانک، و جهت کلی حرکت تانک می باشند، که بر اساس آنها میزان اولویت و اهمیت آن هدف تعیین می گردد. در سیستم فازی ۲ ورودی ها شامل فاصله مین سرعت بالا تا هدف مورد نظر و میزان فعالیت مین سرعت بالا در ماموریت های دیگر می باشد. خروجی این سیستم نیز بیانگر هزینه مورد نیاز برای تعقیب هدف می باشد. دو خروجی این سیستم های فازی وارد سیستم فازی شماره ۳ می شود که در این سیستم وزن نهایی میزان اهمیت هدف تعیین می شود. وقتی که همه اهداف این وزن برایشان تعیین شد، به دلیل اینکه مین ها برای تقسیم وظایف با یکدیگر ارتباط برقرار نمی کنند از یک چرخ رولت برای انتخاب هدف نهایی هر مین استفاده می شود. بدین ترتیب بحث احتمال وزن دار نیز به سیستم اضافه می شود و می تواند تا حدودی تقسیم وظایف یکنواخت را تضمین کند. اما این روش به جواب بهینه نمی انجامد و برای بهبود کارآیی آن همه مین ها هدف های خود را به مین های دیده بان می فرستند و مین دیده بان با یک الگوریتم محاسباتی ساده بهینه بودن انتخاب اهداف را بررسی می کند. اگر چنانچه قرار بود هدف یک مین عوض شود آنگاه توسط یک پیام به آن مین خبر می دهد. سپس برای تمام مین هایی که یک هدف را انتخاب کرده اند شماره شناسایی مین های هم گروه آنها را ارسال می کند. این روش باعث پایین آمدن حجم مکالمات اولیه برای تقسیم بندی افراد به گروههای مختلف می شود. بعد از تقسیم بندی مین ها نیز بر اساس الگوریتم بازار آزاد (Free Market) بین خودشان تعیین سردسته نموده و کار تعقیب هدف بر اساس الگوریتم طراحی شده که در این مقاله به آن اشاره نمی شود، ادامه پیدا می کند.

نتایج شبیه سازی

بررسی تاثیر اضافه نمودن تعداد عامل های دشمن بر کارآیی سیستم

با اضافه کردن تعداد عامل های دشمن و ثابت نگه داشتن تعداد عامل های خودی، میزان کارآیی سیستم موجود در برابر هجوم همزمان تعداد زیادی از عامل های دشمن را بررسی نموده ایم. این بررسی بر اساس زمان نابودی کامل تمام عامل های دشمن صورت پذیرفته است و کل مدت زمان شبیه سازی ۱۱۰ سیکل در نظر گرفته شده است. در شکل شماره ۶ نتایج این بررسی آورده شده است. در این بررسی ۴ بار شبیه سازی صورت گرفته که بار اول یک عامل دشمن، بار دوم ۲ عامل دشمن، بار سوم ۳ عامل دشمن و بار چهارم ۴ عامل دشمن به صورت همزمان وارد محیط می شوند. محور افقی مدت سیکل شبیه سازی است که طول می کشد تا عامل های دشمن نابود شوند. ملاحظه می شود زمانی که ۴ عامل دشمن به طور همزمان وارد محیط می شوند، عامل های خودی قادر به نابودی عامل چهارم دشمن در مدت زمان تعیین شده نمی باشند. همچنین ملاحظه می شود که با افزایش تعداد عامل های دشمن مدت زمان نابودی آنها افزایش می یابد. که دلیل آن را می توان افزایش میزان پیچیدگی همکاری و تقسیم وظایف ذکر نمود.



شکل ۶- بررسی تاثیر اضافه نمودن تعداد عامل های دشمن بر کارآیی سیستم

بررسی تاثیر افزایش تعداد عامل های دشمن بر تعداد پیام های رد و بدل شده بین عامل های خودی

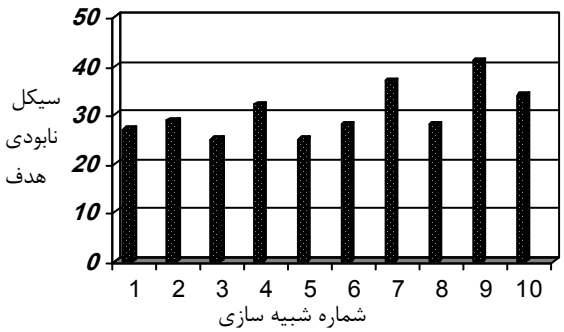
مقایسه دیگری که در این مقاله صورت گرفته است، بررسی افزایش تعداد پیام های رد و بدل شده بین عامل های خودی جهت همکاری، با افزایش تعداد عامل های دشمن می باشد. در این مقایسه مانند مرحله قبل ۴ بار شبیه سازی صورت پذیرفته است که بار اول یک عامل دشمن در محیط وارد شده و در دفعات بعد به تعداد عامل های دشمن یکی اضافه شده است. نتایج این مقایسه در جدول ۱ آورده شده است. این نکته را باید در نظر گرفت که وقتی ۴ عامل دشمن وارد سیستم می شوند، عامل های خودی فقط قادر به نابودی ۳ عامل در زمان تعیین شده می باشند.

جدول ۱- بررسی تاثیر اضافه شدن عامل های دشمن بر تعداد پیام های رد و بدل شده

تعداد عامل های دشمن	۱ عامل دشمن	۲ عامل دشمن	۳ عامل دشمن	۴ عامل دشمن
تعداد پیام ها	۴۳	۷۹	۱۲۸	۱۵۴(۱ عامل نابود نشده)

مقایسه مدت زمان لازم برای نابود کردن یک عامل دشمن در ۱۰ بار شبیه سازی

در این قسمت مدت زمان لازم برای نابودی یک عامل دشمن در شبیه سازی های جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. در این شبیه سازی ها شرایط اولیه سیستم مانند نقطه و جهت ورود عامل دشمن به صورت تصادفی انتخاب شده است. در شکل ۷ مدت زمان لازم برای نابودی عامل دشمن در ۱۰ بار شبیه سازی نشان داده شده است. همان گونه که ملاحظه می شود با توجه به شرایط مختلف اولیه عامل دشمن، مدت زمان متوسط برای نابودی آن در یک حد معقولی یکسان باقی مانده است.



شکل۷- مقایسه مدت زمان لازم برای نابودی یک عامل دشمن در ۱۰ بار شبیه سازی

نتیجه گیری

در این مقاله سعی شده است که به صورت خیلی خلاصه به بیان یک محیط شبیه سازی جدید با دیدگاه سیستم های چند عاملی به همراه بعضی از الگوریتم های فازی مورد استفاده در قسمت های مختلف این سیستم بپردازیم. واضح است که با توجه به ابعاد گسترده مساله و شبیه سازی های متنوع و روش های گوناگون، تمام مطالب در این مقاله نگنجد. اما به طور خلاصه در این مقاله به استفاده از سیستم فازی در تخمین میزان خطر یک تانک دشمن، تخمین تعداد و نوع مین های مورد نیاز برای تعقیب اهداف و تقسیم وظایف به صورت فازی اشاره نمودیم. از جمله کارهایی که در آینده و در جهت گسترش ابعاد مساله می توان انجام داد، می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- استفاده از یادگیری در بحث برقراری ارتباط
۲- استفاده از یادگیری در تقسیم وظایف
۳- استفاده از الگوریتم های بهینه سازی برای بهبود سیستم های فازی مورد استفاده در این شبیه سازی
۴- استفاده از الگوریتم های مختلف برای مسیریابی بهینه
۵- استفاده از یادگیری و تکامل در بحث تعقیب اهداف

و کارهای بسیاری که در حوزه سیستم های چند عاملی می تواند صورت پذیرد.

مراجع

[1] Tamio Arai, Enrico Pagello, "Advances in multi robot systems" IEEE Transactions on robotic and automation, Vol.18 NO 5, 2002.
[2] Gregory Dudek, Micheal R. M. Jenkin, "A taxonomy for multi agent robotic" Kluwer academic publishers, Boston. 1997.
[3] Omer Rana, Chris Preist, " Progress in multi agent systems research" Department of computer science, University of Wales Cardiff, UK, 2000.
[4] Sanjeev Kumar, Marcus J. Huber, "Semantics of agent communication languages for group interaction" American association for artificial intelligence, 2000.
[5] Anak Bijayendrayodhim, "Design of the peer agent for multi robot communication in an agent based robot control architecture" Thesis for master of science, Vanderbit university, 2002.
[6] Miho Hoshino, Hajime Asama, " Communication learning for cooperation among autonomous robots" 7803-6456, IEEE 2000.
[7] Eric Malyille and Francois Bourdon, “Task Allocation: A Group Self Desing Approach”, 0-8186-8500-X’98, IEEE 1998.
[8] Brian P.Gerkey, Maja J Mataric, “A Frame Work for Studying Mult Robot Task Allocation “, Workshop on Multi Robot Systems, Washington , DC, March 2003.
[9] Brian P.Gerkey, Maja J Mataric, “Multi Robot Task Allocation: Analyzing The Complexity and Optimality of Key Architectures”, IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2003.
[10] Shawn.D.Bird, "Problem Characteristics for Task Sharing in Collaborative Systems", 0-8186-1060-3425193, IEEE,1993.
[11] Pedro.V.Sander, Denis Peleshckuk, "A Scalable Distributed Algorithm for Efficient Task Allocation" 1.58113-480-0/02/0007 ACM,2002.
[12] Sarantos Kapidakis, Marios Mavronicolas, “Distributed Low Content Task Allocation”, 0-8186-7683-3/96. IEEE 1996.
[13] Onn Shehcry, Sarit Kraus, “Methods for Task Allocation via Agent Coalition Formation”, Elsevier Science 1998.
[14] G.V.Raju, R.A.Kisner, "Hierarchical Fuzzy Systems", Int.J.Contr., Vol 54, no 12 pp.1201-1216,1991.
[15] Rainer Holve, "Rule Generation for Hierarchical Fuzzy Systems" Bavararian Research Center for Knowledge Based Systems, NAFIPS-1997.