پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران
هفدهم الی نوزدهم شهریورماه ۱۳۸۳

طراحی یک سیستم فازی برای کنترل آتش تسلیحات در شرایط محاصره

مهدی غضنفری[۱]، رضا توکلی مقدم[۲]، نیما صفایی[۳]
دانشگاه علم و صنعت ایران ـ دانشکده مهندسی صنایع
mehdi@iust.ac.ir

چکیده

هدف از این مقاله، شبیه سازی نبرد زمین به زمین بین دو جبهه مخالف می‌باشد، بطوریکه جبهه خودی در محاصره مهاجم بوده و با وجود محدودیت در تسلیحات، مهمات و همچنین شرایط دینامیکی مهاجم، باید تا رسیدن نیروی‌های کمکی مقاومت کند. برخی عوامل همانند دقت تسلیحات، خطای گرا، مانور مهاجم، شرایط جوی و غیره موجب عدم قطعیت در مقدار تخریب تجهیزات مهاجم و استفاده کور از مهمات می گردد. در این مقاله نشان داده شده است که با فازی سازی برخی از عوامل تخریب می‌توان تصمیم‌گیری در استفاده بهینه از مهمات را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: سیستم فازی - کنترل آتش - تسلیحات - محاصره.

۱- مقدمه

در جنگ جهانی دوم، بعد از پیدایش علم تحقیق در عملیات جهت تعیین مؤثرترین روش استفاده از منابع محدود نظامی، شبیه سازی نبردهای نظامی تحت نام بازی جنگ (War Game) به عنوان یکی از شاخه‌های علوم تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی درآمد [۳-۱]. هدف اصلی این شاخه، بهینه‌سازی در مسایل پیچیده نظامی همانند تدارکات، مهمات، الگوهای پرواز، روشهای مین گذاری، ردیابی هدف، استفاده از تجهیزات الکترونیکی و غیره جهت حداقل تلفات و ضایعات برای نیروهای مدافع و یا حداکثر تلفات و ضایعات برای نیروهای مهاجم می‌باشد. کمیت "تلفات و ضایعات" تحت عنوان "تئوری تخریب" در علم جنگ و تجزیه و تحلیل دفاع شناخته می‌شود، که مهمترین بخش شبیه‌سازی می‌باشد [۴]. با اینکه بر روی مسأله تخریب تحقیقات وسیعی صورت گرفته، ولی تاکنون رویکرد جامعی برای مدلسازی آن ارایه نشده است، که دلیل آن عدم قطعیت در برخی از عوامل مؤثر و فقدان داده‌های واقعی جهت بررسی صحت مدلهای ارایه شده می‌باشد. بنابراین تنها به پیش بینی مقدار تخریب بر اساس نتایج بدست آمده از جنگ‌های پیشین اکتفا شده است. استفاده از منطق فازی بعنوان یک ابزار قوی تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت، می‌تواند کمک شایانی در پیش بینی مقدار تخریب و در نتیجه تصمیم‌گیری در استفاده بهینه از امکانات موجود فراهم آورد.

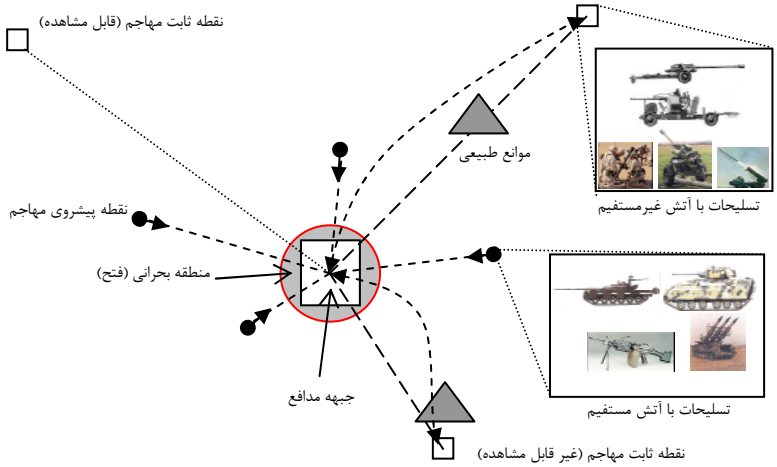
۱- دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران
۲- استادیار دانشکده فنی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تهران
۳- دانشجوی دکترای دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

شرایط محاصره را مخصوصاً در حالت دینامیکی، می توان به عنوان بهترین نمونه محدودیت در منابع نظامی (مهمات و تسلیحات) در نظر گرفت. منظور از حالت دینامیکی قابلیت مانور و پیشروی مهاجم بسوی نیروهای مدافع می‌باشد. در چنین حالتی با فرض برتری مهاجم، استفاده بهینه از منابع و توان آتش (Fire Power) موجود، بسیار حایز اهمیت می‌باشد. در اینحالت برخی از پارامترهای مؤثر عبارت است از: پراکندگی مهاجم حول جبهه خودی، فاصله نقاط پراکندگی مهاجم تا جبهه خودی، میزان و نوع تسلیحات, تجهیزات و مهمات در دسترس برای هر دو طرف، مدت زمان لازم جهت رسیدن نیروی کمکی، منطقه عملیاتی و شرایط جوی.

ادبیات موضوع پیرامون شبیه سازی جنگ مخصوصاً در کشورهای توسعه یافته بسیار گسترده می باشد، ولی بدلیل مسایل امنیتی هر کشوری، تنها بخش کوچکی از آن بطور کامل برای همگان قابل دستیابی است. مهمترین مطالعات پیرامون مدلسازی تخریب مربوط است به معادلات لنچستر (Lanchester Equations) است که اولین بار توسط فردریک ویلیام لنچستر معرفی شد. این معادلات حاصل از برازش یک منحنی بروی داده‌های بدست آمده از نبردهای مربوط به جنگ جهانی دوم می‌باشند. تحقیقات زیادی تاکنون بر روی تعمیم و بهبود معادلات لنجستر صورت گرفته است [۴-۷]. مطالعات دیگری نیز بر روی متدولوژی و مدلسازی تخریب انجام شده است [۸-۱۳].

۲- شبیه سازی محاصره دینامیکی

در شرایط محاصره دینامیکی فرض بر این است که مهاجم در نقاط گسسته‌ای حول جبهه مدافع پراکنده شده و مهاجم در برخی از نقاط، با هدف فتح جبهه مدافع درحال پیشروی می‌باشد، در حالیکه از سوی نقاط ثابت پشتیبانی می‌گردد. نقاط ثابت می‌توانند از موانع طبیعی همانند تپه، دره جهت اختفاء استفاده کنند. هر دو طرف دارای واحدهای متنوعی از انواع تسلیحات با مشخصات معین می‌باشند. مطابق شکل (۱) اگر یکی از نقاط پیشروی مهاجم قبل از رسیدن نیروی کمکی موفق به ورود به منطقه بحرانی (فتح) شود، به معنای شکست مدافع می‌باشد.



شکل ۱- نمایی از شرایط محاصره در حالت دینامیکی

در حالت کلی از لحاظ قابلیت تحرک و آتش، تسلیحات را به دو دسته کلی می‌توان تقسیم کرد:

۱- تسلیحات با آتش مستقیم: این تسلیحات عموماً برای آتش با بردهای (Range) کوتاه استفاده شده و همچنین قابلیت تحرک در حین آتش را دارند. همانند واحدهای زرهی، تانک، نفربر، موشک‌های ضدتانک، آر پی جی، تیربار و اسلحه‌های سبک. در این تسلیحات هدف حتماً بایستی قابل مشاهده باشد.

۲- تسلیحات با آتش غیرمستقیم: این تسلیحات عموماً برای آتش با بردهای بلند استفاده شده و قابلیت تحرک در حین آتش را ندارند. همانند واحدهای توپخانه، خمپاره انداز و راکت. در این تسلیحات هدف می‌تواند غیرقابل مشاهده باشد.

فرض بر این است که مهاجم در نقاط پیشروی دارای تسلیحات با آتش مستقیم و در نقاط ثابت دارای تسلیحات با آتش غیرمستقیم می‌باشد. مدافع بدلیل محاصره، قابلیت مانور ندارد ولی می‌تواند از هر دو نوع تسلیحات استفاده کند.

۱-۲- مفروضات مسأله

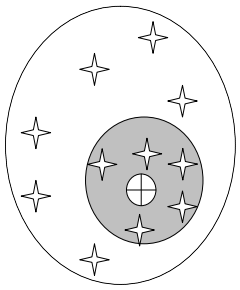
۱- زمان شلیک تا برخورد گلوله به هدف برای کلیه تسلیحات ناچیز می‌باشد.
۲- امکان مانور در سطح وسیع برای مهاجم وجود داشته ولی برای نیروهای خودی وجود ندارد.
۳- شروع نبرد با نیروهای خودی است و حملات بصورت متوالی (غیر همزمان) صورت می‌گیرد.
۴- آتش واحدهای مربوط به هر نوع جنگ‌افزار در هر دو جبهه تقریباً بصورت همزمان صورت می‌گیرد.
۵- تعداد و مشخصات جنگ‌افزارهای مهاجم برای نیروی خودی و بر عکس در هر نقطه مشخص می‌باشد.
۶- حداکثر مقدار مهمات مهاجم در نقاط متحرک قابل تخمین ولی برای نقاط ساکن نامشخص می‌باشد.
۷- احتمال خرابی یا از کار افتادگی کلیه تسلیحات ناچیز است. همچنین پایایی کلیه شلیک‌ها برابر ۱ می‌باشد.
۸- تسلیحات در جبهه خودی و نقاط مهاجم بطور یکنواخت توزیع شده است.
۹- امکان جایگزینی نیرو و تجدید قوا وجود ندارد.

۳- بررسی عوامل تخریب

یکی از مهمترین جنبه‌های شبیه‌سازی جنگ، برآورد تخریب برای هر دو طرف درگیر می‌باشد. در این شرایط فرض بر این است که یک فرماندار به عنوان شخص خبره در هر جبهه، در هر لحظه تصمیم می‌گیرد که کدام واحد به کدام نقطه مهاجم و با چه حجمی آتش کند. برخی از پارامترهایی که در این تصمیم‌گیری دخیل می‌باشند عبارت است از : فاصله مهاجم تا جبهه مدافع، حجم آتش مهاجم، دقت و نوع تسلیحات در دست و نوع هدف. عدم قطعیت در اکثر پارامترهای فوق قدرت و دقت تصمیم‌گیری را مخصوصاً در شرایط بحرانی همانند محاصره بشدت کاهش می‌دهد. در حالت کلی، مقدار تخریب را تابعی از دقت (Accuracy) جنگ افزار، شعاع ترکش (Bursting Radius) آن و سختی هدف می‌توان در نظر گرفت [۱۴].

۱-۳- دقت جنگ افزار

یکی از مهمترین پارامترهای سنجش دقت یک جنگ افزار، احتمال خطای دایره‌ای (CEP) (Circular Error Probable) آن می‌باشد. فرض کنید تعداد زیادی گلوله شلیک کرده و محل فرود آنها را نشانه‌گذاری کنیم. CEP برابر شعاع دایره‌ای می‌باشد که نیمی از مکان‌های نشانه‌گذاری شده را شامل گردد. هر چقدر CEP کوچکتر باشد، دقت جنگ‌افزار بالاتر است. به عنوان نمونه، مطابق شکل (۲)، اگر با جنگ افزاری که CEP آن برابر ۵۰ متر می‌باشد، ۱۰ بار بسوی هدف معینی شلیک کنیم، پنج گلوله در شعاع حداکثر ۵۰ متری هدف مورد نظر فرود آمده و بقیه نیز در فاصله‌ای بیش از ۵۰ متر از هدف فرود می‌آیند. البته در اینحالت فرض می‌شود که توزیع پراکندگی شلیک‌های ناموفق نرمال می‌باشد. در حالت کلی با افزایش برد، مقدار CEP نیز افزایش می‌یابد [۱۴]، به همین دلیل در اکثر تسلیحات، مقدار CEP را بصورت درصدی از برد پرتابه بیان می‌کنند. به فاصله هدف تا مرکز دایره CEP، اصطلاحاً اریبی جنگ‌افزار گفته می‌شود. با توجه به اینکه فاصله لحظه‌ای جبهه مدافع تا نقطه مهاجم تعیین کننده برد مورد نیاز خواهد بود، لذا CEP را تابعی از فاصله جبهه مدافع تا مهاجم در لحظه تصمیم‌گیری در نظر می‌گیریم.



شکل ۲- تعیین دایره CEP برای ۱۰ شلیک

۲-۳- شعاع ترکش جنگ افزار

شعاع ترکش یک جنگ افزار متأثر از قطرپرتابه (Caliber) و مقدار ماده منفجره بکار رفته در آن می‌باشد. بطوریکه با افزایش کالیبر، شعاع ترکش نیز افزایش می‌یابد. قدرت تخریب جنگ‌افزار در دایره ترکش آن، به سختی هدف نیز بستگی دارد.

۳-۳- کیفیت هدف

در بحث قابلیت تخریب/ آسیب پذیری (Vulnerability/Lethality Analysis) هدف، نحوه استقرار خدمه و اجزاء حساس هدف مهمترین پارامترهای مؤثر در مقدار تخریب آن می‌باشند (در اینجا فرض می‌کنیم که اهداف برای طرفین درگیر، تنها تسلیحات طرف مقابل می‌باشد). بنابراین اهداف را به دو دسته عمده می‌توان تقسیم کرد:

۱- اهداف نرم پوست: اهدافی که خدمه و یا اجزاء حساس آن فاقد پوشش حفاظتی می‌باشند مانند توپخانه، خمپاره‌انداز، سکوهای پرتاب موشک.

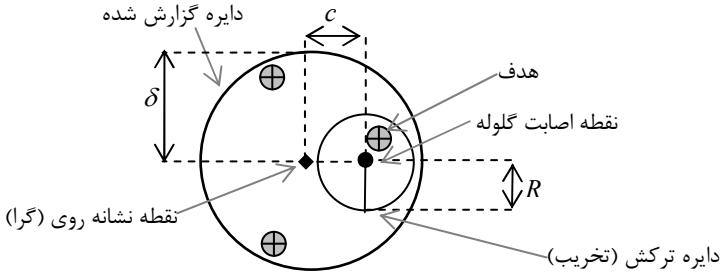
۲- اهداف سخت پوست: اهدافی که خدمه و یا اجزاء حساس آن دارای پوشش می‌باشند مانند تانک، نفربر، راکت انداز. البته سختی (Hardness) پوشش نیز دارای اهمیت می‌باشد که جهت کاهش پیچیدگی، مواد سازنده کلیه اهداف سخت پوست یکسان فرض می‌شود.

۴-۳- برآورد تخریب برای تسلیحات با آتش غیر مستقیم

فرض کنید، فرمانده دستور داده است تا با جنگ‌افزاری از نوع آتش غیر مستقیم که خطای دایره‌ای آن برابر c ، شعاع ترکش آن برابر R و برد مؤثر آن نیز برابر r می‌باشد، بسوی هدف یا گروهی از اهداف که در فاصله تقریبی d از جبهه خودی می‌باشند شلیک گردد. نشانه روی بسوی مرکز دایره‌ای می‌باشد که هدف یا گروهی از اهداف در آن از سوی تجهیزات ردیابی (Detection) گزارش شده است. توزیع اهداف داخل دایره فوق بصورت نرمال می‌باشد. اگر مرکز دایره گزارش شده (نقطه گرا) را مبدأ O:(0,0) فرض کرده و نقطه T:(x,y) مبین مختصات هدف باشد بطوریکه طبق فرض توزیع پراکندگی نرمال، $x,y \rightarrow N(0,\delta)$ و همچنین گلوله در نقطه H:(h_x,h_y) به زمین اصابت کند، آنگاه طبق شکل (۳)، فاصله c=| HO| مبین مقدار خطای دایره‌ای جنگ افزار می‌باشد. حال اگر گلوله دقیقاً به هدف برخورد کرده و یا هدف در شعاع ترکش آن قرار گیرد آنگاه هدف خسارت خواهد دید. به عبارت دیگر در صورت $z = |HT| \le R$ هدف خسارت خواهد دید. ثابت می‌شود که متغیر تصادفی z دارای توزیع ریلی (Rayleigh) با پارامترهای (z,δ) می‌باشد. تابع چگال توزیع فوق در رابطه (۱) نشان داده شده است. بطوریکه عبارت $I_0(x)$ مبین تابع بسل مرتبه صفر بوده و برای مقادیر بزرگ x با $e^x/\sqrt{2\pi x}$ تقریب زده می‌شود. با توجه به تابع توزیع تجمعی رابطه (۱)، احتمال آنکه هدف در شعاع ترکش شلیک قرار گیرد طبق رابطه (۲) بدست می‌آید.

$$f_Z(z_0)=\left(\frac{z_0}{\delta^2}\right)e^{\frac{-\left(z_0^2+c^2\right)}{2\delta^2}}I_0\left(\frac{z_0 c}{\delta^2}\right) \quad (۱)$$

$$F_Z(R)=f_Z(z\le R)=1-e^{\frac{-\ln(2)R^2}{c^2}} \quad (۲)$$



شکل ۳- برآورد تخریب

۴- ارایه یک سیستم فازی جهت کنترل واحدهای آتش

با مطالعه بخش قبل در می‌یابیم که ماهیت اکثر عوامل مؤثر در تخریب، غیرقطعی و بعضاً فازی می‌باشد. بطوریکه تصمیم‌گیری در مورد درجه عدم قطعیت هر یک از پارامترهای فوق به عهده فرمانده؛ به عنوان یک شخص خبره می‌باشد. در این‌حالت ایجاد یک سیستم فازی بر مبنای دانش فرد خبره می‌تواند کنترل و تصمیم‌گیری در مورد واحدهای آتش را بهبود بخشیده و در استفاده بهینه از امکانات موجود نقش مهمی را ایفا کند. یک سیستم فازی با دریافت یک سری ورودی‌های فازی و پردازش آنها بر اساس قواعد پایه (Rule Base)، مناسب‌ترین خروجی را ارایه می‌کند. این خروجی مبین بهترین گزینه تصمیم‌گیری با توجه به اطلاعات موجود می‌باشد. قواعد پایه تشکیل شده است از تعدادی دستورات ساده به صورت If … Then … که بر مبنای دانش فرد خبره تشکیل می شوند. بنابراین در حالت کلی سه جزء اساسی در یک سیستم فازی وجود دارد که عبارتند از: ۱- لایه ورودی ۲- قواعد پایه و ۳- لایه خروجی. برای مسأله مورد بحث، اطلاعات فعلی اعم از فاصله نقاط مهاجم تا جبهه مدافع، پراکندگی تسلیحات مهاجم در نقطه گرا، سختی اهداف و حجم آتش مهاجم از هر نقطه به عنوان ورودی به سیستم داده شده و پس از تحلیل ورودی ها توسط قواعد پایه، سیستم تصمیم می‌گیرد که کدام واحد به کدام نقطه مهاجم و با چه حجمی آتش کند. در ادامه، طراحی سه جزء فوق برای شرایط محاصره با توجه به مفروضات مسأله (بخش ۲-۱) تعریف می‌گردد. به جهت یکسان‌سازی سیستم، برای کلیه متغیرهای فازی پنج عبارت زبانی در نظر گرفته شده است.

۴-۱- لایه ورودی

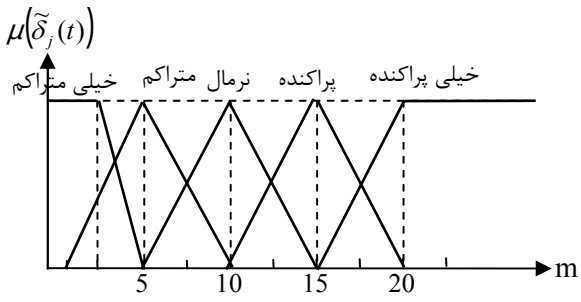
هر سیستم فازی، دارای حداقل یک ورودی فازی با تابع عضویت (Membership Function) مشخص می‌باشد. برای مسأله مورد بررسی، سیستم دارای چهار ورودی فازی بصورت زیر می‌باشد:

۱- پراکندگی تسلیحات یا نفرات مهاجم حول نقطه گرا در هر نقطه لحظه کنونی ($\tilde{\delta}$): این متغیر فازی در تعیین جنگ‌افزاری که خطای دایره‌وار (CE) آن پراکندگی فوق را پوشش دهد مؤثر می‌باشد. حداکثر متغیر فوق برابر خطای دایره‌وار جنگ افزاری است که دارای بیشترین مقدارCE می باشد. تابع عضویت این متغیر در شکل (۴) نشان داده شده است.

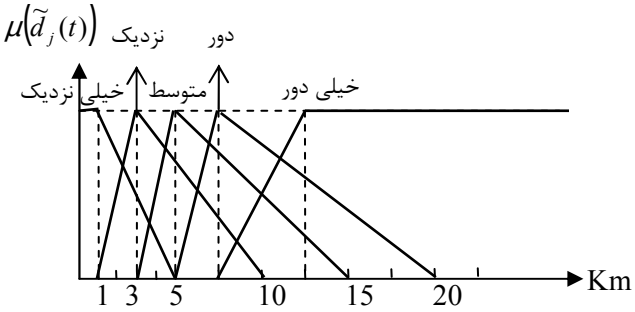
۲- فاصله نقطه مهاجم تا جبهه مدافع در لحظه کنونی ($\tilde{d}$): این متغیر فازی در تعیین جنگ‌افزاری که برد مفید آن فاصله فوق را پوشش دهد مؤثر می‌باشد. تابع عضویت این متغیر در شکل (۵) نشان داده شده است.

۳- سختی اهداف مهاجم ($\widetilde{H}$): این متغیر فازی در تعیین جنگ‌افزاری که شعاع تخریب آن بر سختی فوق غلبه کند، مؤثر می‌باشد. تابع عضویت این متغیر در شکل (۶) نشان داده شده است.

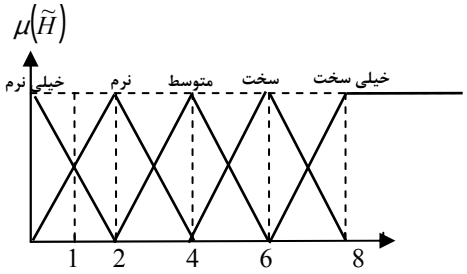
۴- حجم آتش مهاجم از هر نقطه ($\widetilde{F}_e$): این متغیر فازی در تعیین حجم آتش جنگ‌افزاری که جهت شلیک انتخاب شده، مؤثر می باشد. حداکثر متغیر فوق برابر نرخ آتش (Rate of Fire) جنگ افزار کاندید می‌باشد. تابع عضویت این متغیر در شکل (۷) نشان داده شده است.



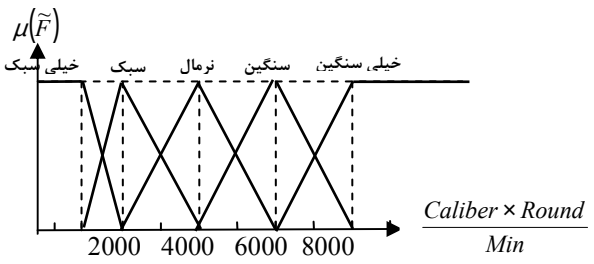
ش**کل ۴- تابع عضویت پراکندگی تسلیحات مهاجم حول نقطه گرا مدافع**



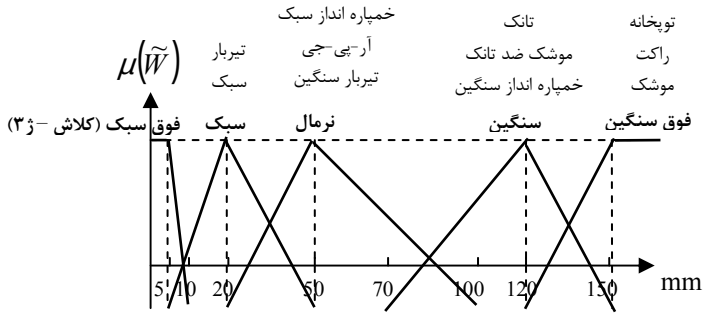
شکل ۵- تابع عضویت فاصله مهاجم تا جبهه



شکل ۶- تابع عضویت سختی اهداف مهاجم



شکل ۷- تابع عضویت حجم آتش مهاجم (شلیک در دقیقه)



شکل ۸- تابع عضویت تسیم بندی فازی تسلیحات بر حسب اندازه

کالیبر به عنوان معیاری جهت سنجش قدرت تخریب

۲-۴-لایه خروجی

بعد از پردازش اطلاعات ورودی توسط بخش قواعد پایه، خروجی سیستم با فعال شدن (Fired) یکی از قواعد تعیین می‌گردد. در اینجا سیستم باید تعیین کند که به هر نقطه مهاجم در لحظه کنونی چه نوع جنگ‌افزارهایی و با چه حجمی شلیک کنند. در نتیجه سیستم دارای دو خروجی فازی بصورت زیر می‌باشد:

۱- انتخاب نوع جنگ افزار بر حسب قدر تخریب جهت آتش ($\widetilde{W}$): تابع عضویت این متغیرفازی در شکل (۸) نشان داده شده است. قدرت تخریب جنگ‌افزارها بر حسب اندازه کالیبر آنها سنجیده می‌شود. با این فرض که کلیه تسلیحات از مواد منفجره یکسانی استفاده می‌کنند.

۲- حجم آتش مورد نیاز به نقاط مهاجم ($\widetilde{F}_f$) : تابع عضویت این متغیرفازی مشابه شکل (۷) می‌باشد.

در نهایت خروجی سیستم هنوز به شکل فازی است، در حالیکه برای استفاده عملی از آن نیاز به یک مقدار غیرفازی (Crisp) می‌باشد. وقتی که بیش از یک عبارت خروجی بصورت درست ارزیابی شود، یک روش غیرفازی سازی (Defuzzification) نیاز می‌باشد تا بین نتایج بدست آمده تعادل ایجاد کند. روش‌های متنوعی در این زمینه وجود دارد که متداولترین آن روش مرکز حداکثر (Center of Maximum) (COM) می‌باشد [۱۵]. این روش یک میانگین وزن دار از حداکثر عضویت عبارات درست را محاسبه می‌کند بطوریکه این میانگین براساس نتایج استنتاج وزن دار شده است.

۳-۴- قواعد پایه

وظیفه پردازش داده‌های ورودی به عهده این بخش می‌باشد. قواعد پایه بر مبنای دانش فرد خبره شکل می‌گیرد. با توجه به تعریف ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم طراحی شده، شکل کلی هر قاعده بصورت زیر می‌باشد:

$$\text{R : If } \widetilde{d} = \{d_0\} \text{ and } \widetilde{\delta} = \{\delta_0\} \text{ and } H=\{H_0\} \text{ Then } \widetilde{W}=\{W_0\} \text{ and } \widetilde{F}_f=\{F^0_f\}$$

به عنوان نمونه، اگر در فاصله یک کیلومتری جبهه مدافع، تانک مهاجم بدون آتش در حال پیشروی باشد، آنگاه فرمانده دستور می‌دهد که با یک سلاح سنگین (مانند تانک) ولی حجم آتش سبک (مثلاً دو شلیک) بسوی آن شلیک کنند. قاعده فوق را بصورت زیر می‌توان نوشت :

$$\text{If } \widetilde{d}=\{\text{خیلی نزدیک}\} \text{ and } \widetilde{\delta}=\{\text{خیلی متراکم}\} \text{ and } H=\{\text{خیلی سبک}\}=\widetilde{F}_e \text{ and } \{\text{سخت}\}$$
$$\text{Then } \widetilde{W}=\{\text{سنگین}\} \text{ and } \widetilde{F}_f=\{\text{سبک}\}$$

حال اگر چند نفر از نیروی پیاده نظام مهاجم در فاصله یک کیلومتری جبهه مدافع با حجم آتش بالا در حال پیشروی باشند، آنگاه فرمانده با توجه به امکانات موجود، چند انتخاب بصورت زیر می تواند داشته باشد:

- واحد تسلیحات نرمال (مانند خمپاره انداز سبک)، با حجم آتش متوسط بسوی نیروهای مهاجم شلیک کند.
- واحد تسلیحات سنگین (مانند تانک)، با حجم آتش سبک بسوی نیروهای مهاجم شلیک کند.
- واحد تسلیحات سبک (مانند تیربار)، با حجم آتش سنگین بسوی نیروهای مهاجم شلیک کند.

در اینحالت جهت انتخاب بهترین گزینه، می‌توان گزینه‌های فوق را برحسب احتمال تخریب آنها طبق رابطه (۲) رتبه‌بندی کرد.

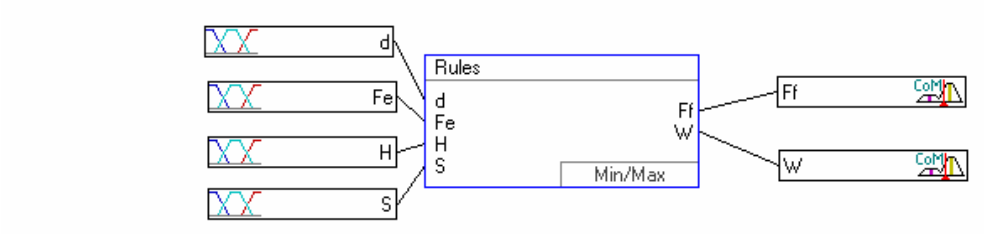
۴-۴- عملگرهای جمع ورودی و خروجی قواعد

اولین گام استنتاج قواعد فازی، تعیین درجه ارضاء عبارات موجود در قسمت IF قواعد می‌باشد. یکی از عملگرهای متداول در این زمینه، عملگر Max/Min است. این عملگر حداکثر مقدار حاصل از AND عبارات سمت IF یک قاعده را بعنوان

جمع خروجی آن قاعده ارایه می‌کند. گام بعدی استنتاج قواعد فازی، تعیین درجه ارضاء عبارات موجود در قسمت Then قواعد می‌باشد. در اکثر کاربردهای فازی، از عملگر Max برای جمع خروجی قواعد استفاده می‌کنند. این عملگر حداکثر خروجی قواعدی که همزمان فعال می‌شوند را به عنوان خروجی سیستم ارایه می‌کند.

۵-۴- ارایه یک مثال

برای بررسی عملکرد سیستم طراحی شده، به حل یک مثال جامع می‌پردازیم. در این مثال برای طراحی سیستم فازی از نرم افزار FuzzyTech استفاده شده است. در شکل (۹)، ساختار سیستم نشان داده شده است. در این مثال از روش COM جهت غیرفازی‌سازی و همچنین از عملگر Max/Min برای جمع ورودی و از عملگر Max برای جمع خروجی قواعد استفاده شده است.

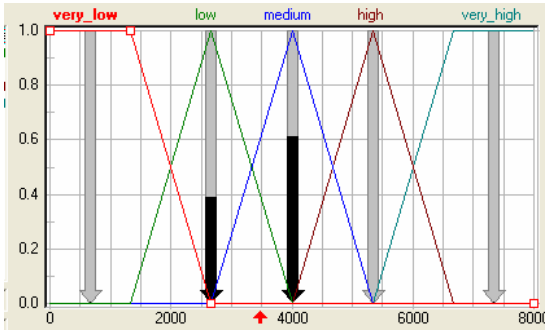


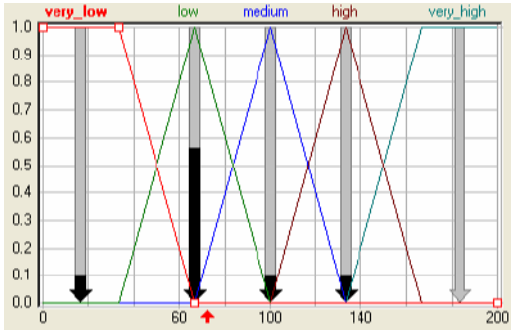
شکل ۹- ساختار سیستم فازی

فرض کنید در لحظه کنونی، اطلاعات فازی بصورت $\widetilde{d}$ = 2.5 Km ، $\widetilde{\delta}$ = 2 m ، $\widetilde{H}$ = 5 و $\widetilde{F}_e$ = 2000 CRPM به سیستم داده شود. خروجی سیستم بر حسب اطلاعات داده شده در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده است. سطح ارتفاع ستون‌های سیاه مبین درجه درستی عبارت مورد نظر می‌باشد. خروجی Crisp سیستم طبق روش COM برابر است با $\widetilde{W}$ = 81.32 و $\widetilde{F}_f$ =3319. بدین معنی که بهترین تصمیم، آتش توسط جنگ‌افزاری با کالیبر حدود ۸۱/۳۲ mm و حجمی حدود ۴۵/۷۷ = ۷۲/۵ : ۳۳۱۹ شلیک بر دقیقه می‌باشد. به عنوان نمونه، مدافع برای دستیابی به چنین حجم آتشی، می تواند از ۳ قبضه خمپاره انداز M25 با کالیبر ۸۱ mm و نرخ آتش ۱۵ rpm استفاده کند. اگر $\widetilde{F}_f$ به عنوان تنها خروجی سیستم در نظر گرفته شود، انتخاب‌های دیگری نیز می‌توان در نظر گرفت. به عنوان نمونه می توان از ۵ قبضه توپ M-46 Field Gun با کالیبر ۱۰۵ mm و نرخ آتش ۵ rpm استفاده کرد. در این حالت، اولویت‌بندی گزینه‌ها بر حسب احتمال تخریب تسلیحات طبق رابطه (۲) صورت می‌گیرد. بدین ترتیب که فرض کنید CE و شعاع ترکش خمپاره انداز M25، بترتیب برابر ۰/۲ درصد برد و ۲ متر و همچنین CE و شعاع ترکش توپ M-46 Field Gun نیز بترتیب برابر ۰/۳ درصد برد و ۵ متر باشد.

با بکارگیری رابطه (۲)، احتمال تخریب هدف توسط هر شلیک تسلحیات فوق مطابق رابطه (۳) بدست می‌آید. بنابراین بهترین انتخاب، استفاده از ۵ قبضه توپ M-46 Field Gun می‌باشد.

$$P_{M25} = 1 - e^{\frac{-\ln(2)\times 2^2}{5^2}} = 0.104$$
$$P_{M-46} = 1 - e^{\frac{-\ln(2)\times 5^2}{7.5^2}} = 0.265 \qquad (۳)$$





شکل ۱۰- درجه درستی عبارات مربوط به متغیر $\widetilde{W}$

شکل ۱۱- درجه درستی عبارات مربوط به متغیر $\widetilde{F}_f$

۵- نتیجه‌گیری

همانطور که نشان داده شد، تصمیم‌گیری برای واحدهای آتش در شرایط محاصره جزء پیچیده‌ترین بخش‌های نبرد می‌باشد. این امر بیشتر بدلیل اطلاعات ناقص و عدم قطعیت در عوامل مؤثر در تخریب تسلیحات مهاجم می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که با ارایه یک سیستم فازی مناسب می‌توان تصمیم‌گیری لحظه‌ای برای واحدهای آتش را با حداقل اطلاعات موجود بهبود بخشید.

مراجع

[1] Hughes, W.P., (1997), "Military Modeling for Decision Making", MORS.
[2] Przemieniecki J.S., (1994), "Mathematical Methods in Defense Analyses", American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Washington.
[3] Janowiak, T,(1990), "A Simulation for Combat Systems Development and Acceptance Testing," IEEE Simulation Conference, USA, pp. 210-213.
[4] Weiss, H.K.,(1957), "Lanchester-Type Models of Warfare", Proceedings of 1st Conference on Operations Research, Operations Research Society of America, pp. 82-99.
[5] Roberts, D.M. and Conolly, B.W., (1992), ''An Extension of the Lanchester Square Law to Inhomogeneous Forces with an Application to Force Allocation Methodology", Journal of the Operational Research Society, Vol. 43, pp. 741–752.
[6] Bracken, J., (1995), "Lanchester Models of the Ardennes Campaign", Naval Research Logistics, Vol.42, pp.559-577.
[7] Hartley, D.S. and Helmbold, R. L. (1995), "Validating Lanchester's Square Law and Other Attrition Models," Naval Research Logistics, Vol. 42, pp. 609-633.
[8] Fricker, R.D., (1998), "Attrition Models of the Ardennes Campaign", Naval Research Logistics, Vol. 45, pp. 1-22.
[9] Parry, S.H., (1992), "Evaluation of Attrition Methodologies for Combat Models," Naval Postgraduate School Notes.
[10] Anderson, L.B., (1995), "Attrition Formulas for Deterministic Models of Large-Scale Combat", Naval Research Logistics, Vol. 42, pp. 345–373.
[11] Taylor, J.G., (1980), "Force-on-Force Attrition Modeling", Military Applications Section, Operations Research Society of America, Arlington, VA.
[12] Kimbleton S.R., (1969), "Attrition rates for weapons with Markov-dependent fire", Operations Research, Vol. 2, No.17, pp.698-705.
[13] Osipov, M., (1995), "The Influence of the Numerical Strength of Engaged Forces in Their Casualties", Naval Research Logistics, Vol. 42, No. 3, pp. 435-490.
[14] Davis, L. and Warner, S. (1973), "All You Ever Wanted to Know About MIRV and ICBM Calculations But Were Not Cleared To Ask", Journal of Conflict Resolution, Vol. 17, pp. 207-242.

[15] Zimmerman, H.J. and Sebastian, H.J.(1995), "Intelligent System Design Support by Fuzzy-Multi-Criteria Decision Making and/or Evolutionary Algorithms", Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, IEEE Press, pp 367-374.
[16] Jang, J.S.R.; Sun, C.-T. and Mizutani, E., (1997), "Neuro-Fuzzy and Soft Computing", Prentice Hall, 1997.