فصلنامه علوم و فنون نظامی، سال هفتم،
شماره۱۹، زمستان ۱۳۸۹
صص: ۵۲-۳۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۲/۶

ارائه الگویی از سامانه‌های خبره مبتنی بر منطق فازی در نظام فرماندهی و کنترل پدافند هوایی

صمد آقامحمدی[۱]

چکیده:

سامانه‌های خبره تصمیم‌گیری مبتنی بر قواعد فازی روشی برای پردازش وقایع غیر قطعی ارائه می‌کنند. این عمل دقیقاً همان شرایطی است که در صحنه نبردهای آینده با آن روبرو هستیم. در این راستا حوزه‌های فرماندهی و کنترل نیز از این امر مستثنی نبوده و کشورهای پیشرفته توانسته‌اند با استفاده از سامانه‌های خبره مبتنی بر قواعد فازی، امکان تصمیم‌گیری صحیح و سریع را در شرایط بحران فراهم کنند. در سامانه‌های عملیاتی، اطلاعات مهم از دو منبع سرچشمه می‌گیرند. یکی از منابع، افراد خبره می‌باشند که دانش و اگاهی‌شان را در مورد سامانه با زبان طبیعی تعریف می‌کنند. منبع دیگر اندازه‌گیری‌ها و مدل‌های ریاضی هستند که از قواعد فیزیکی مشتق شده‌اند. بنابراین مسأله مهم، ترکیب این دو نوع اطلاعات در طراحی سامانه‌ها است. برای انجام این ترکیب، سؤال کلیدی این است که چگونه می‌توان دانش بشری را به یک فرمول ریاضی تبدیل کرد. اساساً آن‌چه که یک سامانه خبره مبتنی بر منطق فازی انجام می‌دهد همین تبدیل است. الگوی ارائه شده در این مقاله، پیشنهادی برای شروع تحقیقات متخصصین علوم مرتبط با حوزه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی برای دستیابی به سامانه‌های هوشمند تصمیم‌گیری خبره مبتنی بر منطق فازی است.

کلیدواژگان:

سامانه‌های خبره، منطق فازی، پدافند هوایی، فرماندهی و کنترل.

---

[۱]- دانش‌آموخته دانشکده دفاع ملی سوریه

مقدمه

در جنگ‌های هوایی که در دو دهه اخیر رخ داده است، برای دستیابی به تسلط و برتری سریع، از سه بعد زمان، مکان و سطوح جنگ به بهترین نحو ممکن بهره‌برداری به‌عمل آمده است و با این شرایط است که اصطلاح عملیاتِ قاطعِ و سریع ابداع شده که ماهیت بسیاری از دستاوردهای جنگ‌های هوایی را در خود نهفته دارد. از مهم‌ترین این دستاوردها که از عدم تقارن در فناوری، تاکتیک و راهبرد نشأت می‌گیرد، کوتاه بودن زمان درگیری و وسیع بودن منطقه نبرد است. در جنگ‌های آینده دشمن سعی خواهد داشت جنگ را با فشاری افزون و غیر قابل تصور در محدوده‌ی وسیعی پیش ببرد تا اجازه هرگونه مقاومت و عکس-العمل را از طرف مقابل سلب کند. این در حالی است که تکنیک فریب نظامی و جنگ الکترونیک نیز به پیچیده کردن اوضاع و شرایط می‌افزاید و نیروهای حریف را به سمت اشتباه کردن سوق می‌دهد. همان کاری که نیروهای آمریکایی با دستکاری شبکه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی عراق توانستند بر پدافند هوایی آن کشور تحمیل کنند.

اهدافی که از این عملیات پیشرفته اطلاعاتی و فناوری، برای دشمن حاصل خواهد شد، در مهم‌ترین بند، انهدام یا اختلال در سامانه C_4I دشمن خواهد بود. پس می‌توان جنگ‌های آینده، بخصوص جنگ‌های اطلاعاتی را مترادف و هم‌معنی جنگ فرماندهی و کنترل به حساب آورد. در این میان، تحقق برتری اطلاعاتی سبب برتری تصمیم‌گیری می‌شود.(یاوری،۱۳۸۷: ۵۸) با خصوصیاتی که برای جنگ‌های هوایی اخیر ذکر گردید و با در نظر گرفتن شرایطی که بر جنگ‌های هوایی آتی حاکم خواهد بود می‌توان تصور کرد که اختلال در سامانه C_4I، اختلال در چرخه تصمیم‌گیری و ابلاغ دستورات و فرامین شبکه یکپارچه پدافند هوایی را در پی خواهد داشت که عدم قطعیت بوجود آمده برای کاربران و فرماندهان سامانه‌ها از نتایج آنی آن خواهد بود.(همان: ۷۴)

چگونگی تصمیم‌گیری انسان‌ها در بررسی موضوعات غامض نظیر شرایط حاکم بر صحنه نبردهای آینده، ما را در مطالعه مدل‌هایی در زمینه پردازشِ هوشمند اطلاعات و تحصیل اطلاعات در عملیات مشاهده[۱]، تشخیص[۲]، تصمیم‌گیری[۳] و نهایتاً اقدام[۴] یاری می‌کند[۵].

1- Observe
2- Orient
3- Decied
4 - Act

۵- چرخه‌ی تصمیم‌گیری فرماندهی و کنترل مذکور به حلقه‌ی جان بوید با عنوان OODA معروف است.

دانش بشری، به‌خصوص در حالات خاصی نظیر مدیریت صحنه نبرد، همواره نادقیق و دارای ابهام است. این در حالی است که شاخه خبره هوش مصنوعی به‌خصوص در بخش منطق فازی[۱] برای نمایش دانش نادقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد و بیان دانش توأم با عدم قطعیت، با استفاده از منطق فازی امکان‌پذیر می‌گردد. منطق فازی فنآوری جدیدی است که شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدل‌سازی یک سامانه را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده است با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به عبارتی دانش فرد خبره و با هدف ساده‌سازی و کارآمدتر شدن طراحی، جایگزین و یا تا حدود زیادی تکمیل می‌نماید. نظریه فازی در سامانه‌های خبره[۲] قادر است به‌صورت منعطف از عهده موقعیت‌های ذکر شده و محیط طبیعی که نیازمند تنوع و انعطاف است برآید. بر خلاف رایانه‌های مبتنی بر قواعد رقمی متعارف که عمدتاً به استفاده از اعداد می‌پردازند، رایانه‌های فازی، زبان انسان را که دارای ابهام است بکار می‌برند و به دامنه اطلاع‌رسانی آن می‌افزایند. اعداد فازی در سامانه‌های خبره مجموعه‌هایی هستند که وقتی نمایش ضمنی عدم قطعیت همراه داده‌های عددی مورد نیاز باشد از آن‌ها استفاده می‌کنند. در واقع این اعداد واژه‌هایی همچون تقریباً، نزدیک به، و نه کاملاً را در کنار مقادیر عددی لحاظ می‌کنند. (الهی و رجب‌زاده،۱۳۸۲: ۳۵)

برای مطالعه و تعریف نظریه‌های فازی اینگونه می توان استنباط کرد که نظریه‌های فازی نظریه‌ای است برای اقدام در شرایط عدم اطمینان، و قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سامانه‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند به زبان ریاضی تعریف کند و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. پرواضح است که بسیاری از تصمیمات ما با تشکیک همراه است و حالت‌های واضح و غیر مبهم، بسیار نادر و کمیاب می‌باشند. (آذر و فرجی،۱۳۸۰: ۵۲)

---

[۱]- Fuzzy Logic یا Fuzzy Theory یک نوع منطق برنامه‌نویسی است که روش‌های نتیجه‌گیری در مغز بشر را جایگزین فرمول‌های ریاضی محض می‌کند و با استفاده از مجموعه‌ای از معلومات نادقیق که با الفاظ و جملات زبانی تعریف شده‌اند به دنبال استخراج نتایج دقیق است.

4- Expert Systems

بحث و بررسی

سامانه‌های خبره مبتنی بر قواعد فازی

سامانه خبره یکی از شاخه‌های هوش مصنوعی است که با استفاده وسیع از دانش تخصصی به حل مسایل، همچون یک فرد خبره می‌پردازد. سامانه‌های خبره، به‌صورت بالقوه دارای قابلیت‌های بسیاری جهت بکارگیری در حل مسائلی هستند که در آن‌ها چیزی فراتر از فقط یک رویه‌ی از پیش تعیین شده، مورد نیاز است. دانش موجود در سامانه‌های خبره می‌تواند شامل تجربه و یا دانشی باشد که از طریق کتاب‌ها و مجلات و صاحب‌نظران قابل دسترسی است و یا تجربیات نامکتوبی باشد که فقط در اختیار اهل فن و متخصصین است. (Giarratano; Riley, 1994:41)

اکثر صاحب‌نظران عرصه فن‌آوری پدافند هوایی بر این باورند که روش‌های مختلفی برای مواجهه با عدم اطمینان وجود دارند که به انتخاب بهترین نتیجه کمک می‌کنند. این وظیفه‌ی طراح سامانه خبره است که بسته به نوع کاربرد، مقتضی‌ترین روش را انتخاب کند. اگر چه تعداد ابزارهای سامانه خبره که به فرآیند استدلال در شرایط عدم اطمینان کمک می‌کنند زیاد است ولی این ابزار آن‌قدر انعطاف‌پذیر نیستند که اجازه دهند از سایر روش‌ها نیز استفاده شود.(ثاقب و تدین، ۱۳۸۴: ۴۴)

در دهه‌ی اخیر تلاش‌های بسیاری صورت گرفته تا سامانه‌های خبره در مواردی که اطلاعات کم دقت، نامطمئن یا ناکاملی به آن‌ها داده شود یا دانش میدانی آن‌ها دقیق نباشد به‌کار گرفته شوند. شیوه‌های رایج برای انجام استدلال نادقیق در ابزارهای ساخت سامانه‌های خبره مبتنی بر تئوری احتمال هستند. اما ابزارهای جدید در دهه اخیر با استفاده از منطق فازی، شیوه‌ای کامل‌تر برای استدلال نادقیق ارائه می‌دهند. (آسایی، ۱۳۸۴: ۲۱)

منطق فازی از توسعه‌ی تئوری اولیه مجموعه‌های فازی بدست آمده که اولین بار در مقاله پروفسور لطفی‌زاده[۱] در سال ۱۹۶۵میلادی مطرح شد. پس از آن، این تئوری دائماً گسترش یافت و در زمینه‌های بسیاری نظیر کنترل، مدیریت، روانشناسی، پزشکی و رایانه به‌صورت گسترده بکار گرفته شد. (فهیمی،۱۳۸۴: ۲۳)

بدیهی است استدلال دقیق در کاربرد سامانه‌های خبره جایگاه ویژه‌ای دارد، با این حال استدلال نادقیق نیز در واقعیات نامطمئن و یا هر دوی آن‌ها، شرایطی است که سامانه خبره

---

[۱]- پروفسور ایرانی‌الاصل مقیم آمریکا

مبتنی بر منطق فازی از عهده آن برمی‌آید و این همان مسأله‌ای است که با توجه به شرایط حاکم بر صحنه‌ی نبرد جنگ‌های آینده (عدم قطعیت) با آن روبرو هستیم و می‌توانیم این مشکل را که تأثیر بسزائی در روند تصمیم‌گیری‌های ما خواهد داشت، با این روش حل نمائیم.

ساختار کلی الگوی مورد مطالعه

با ترتیب گام‌های ارائه شده در ادامه این نوشتار می‌توان به ارائه ساختار سامانه خبره مبتنی بر قواعد فازی مورد نیاز مبادرت ورزید، که برابر شکل (۱) می‌باشد.

گام اول، امکان‌سنجی انجام پروژه به‌وسیله سامانه خبره است.

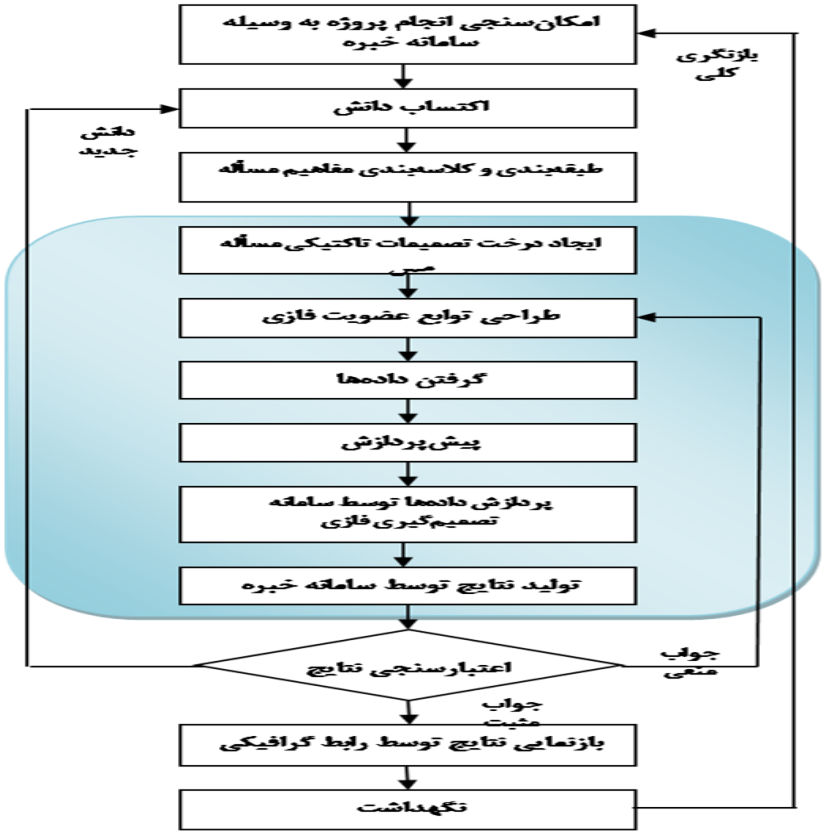
گام دوم اکتساب دانش است که منابع مهم در این زمینه، مصاحبه با افراد متخصص و خبره‌ی اهل فن، استفاده از مدارک، کتب و نشریات موجود در زمینه تخصص مربوطه می‌باشد. این گام را می‌توان گلوگاه سامانه خبره هم نامید. نکته مهم در این قسمت اختصاص زمان کافی و حداکثر استفاده از دانش افراد متخصص و خبره است. می‌بایست این مصاحبه‌ها، با هدایت ماهرانه‌ی جلسه مصاحبه و دسته‌بندی اطلاعات توسط مهندس دانش و ایجاد ارتباط موثر وی با شخص خبره‌ی مصاحبه شونده پیش برود. (الهی و رجب‌زاده، ۱۳۸۲: ۶۸)

گام سوم تا دهم تشکیل دهنده‌ی مفهوم زیربنای موفقیت هر سامانه خبره یعنی پایگاه دانش[1] است. هر سامانه خبره‌ای بدون برخورداری از یک پایگاه دانش قوی و کافی، صرف‌نظر از پیچیدگیِ نمایش و یا مکانیزم استنتاجی که استفاده می‌کند، موفق نخواهد بود. بر اساس این الگو در فاز اول پایگاه دانش یا گام سوم ساختار سامانه خبره، مفاهیم موجود در مسأله براساس هدف موجود، طبقه‌بندی و دسته‌بندی می‌شوند. این اطلاعات و نیازمندی‌ها می‌بایست بر اساس اولویت نیازهای تاکتیکی که دارای اهمیت زیادی است دسته‌بندی گردد. که شامل تهدیدات فراروی پدافند هوایی و شناخت توانمندی‌های تاکتیکی پدافند هوایی می‌باشد و باید سعی گردد هم در زمینه توانمندی‌های دشمن و هم در زمینه توانائی‌های خودی اطلاعاتی ارائه گردد که مورد نیاز یک طراح سامانه خبره باشد. طراح می‌تواند با در

1- Knowledge Base

نظر گرفتن این توانائی‌های تاکتیکی و پارامترهای ارائه شده، درخت تصمیمات تاکتیکی مسأله را که فاز دوم ایجاد پایگاه دانش است؛ طراحی کند.

به‌نظر محقق، سخت‌ترین قسمت طراحی پایگاه دانش برای مهندس دانش سامانه خبره، ایجاد درخت صحیح تصمیمات تاکتیکی است. اگر این درخت تصمیمات با مهارت و با در نظر گرفتن همه احتمالات پیش روی یک مسأله تاکتیکی طراحی گردد، می‌توان به موفقیت‌آمیز بودن سامانه در ارائه پیشنهادهای صحیح برای کاربران اطمینان داشت.در فاز سوم ایجاد پایگاه دانش، توابع عضویت فازی بر اساس قوانین شرطی منتج شده از درخت



شکل (۱) الگوی نمودار پیشنهادی سامانه خبره و پایگاه دانش موجود در آن مبتنی بر قواعد فازی

تصمیمات تاکتیکی طراحی می‌گردد. به‌عقیده محقق برای شروع کار در طراحی چنین توابعی،استفاده از سیمولینک[۱] فازی نرم‌افزار متلب[۲] یکی از گزینه‌های مناسب می‌باشد. زیرا علاوه بر این که خود نرم‌افزار حاوی توابع فراوانی است، کاربر هم می‌تواند توابع جدید خود را در محیط این نرم‌افزار تعریف نماید. از طرف دیگر استفاده از توابع متلب برای نمایش داده‌ها بسیار راحت بوده و ساخت رابط‌های گرافیکی هم به راحتی امکان‌پذیر می‌باشد و این قابلیت، ارتباط بهتری را میان برنامه‌های کاربردی نوشته شده با متلب و کاربران برقرار می‌کند که موضوع بحث و استفاده‌ی گام ۱۱ نمودار سامانه خبره نیز می‌باشد.

جعبه ابزار سیمولینک متلب برای شبیه‌سازی سامانه‌ها به صورت مجرد ایجاد شده است و در حقیقت محیط مدل‌سازی این نرم‌افزار محسوب می‌شود. جعبه ابزار سیمولینک متلب حاوی کلیه قواعد و توابع فازی ایجاد شده تا سال تهیه و ارائه نرم‌افزار در نسخه‌ی مربوطه می‌باشد و مهندس دانش می‌تواند با استفاده از این قواعد توابع عضویت فازی مورد نیاز مسأله را طراحی کند. (حسینی،۱۳۸۵: ۱۲)

در همین راستا اجرای فازهای چهارم، پنجم، ششم و هفتم پایگاه دانش نیز با کمک نرم‌افزار متلب و سیمولینک فازی آن امکان‌پذیر می‌باشد.

با اتمام این مراحل، ایجاد پایگاه تکمیل گشته و لازم است به امتحان یا اعتبارسنجی نتایج که در دوره‌های مشخص توسط مهندس دانش مقایسه می‌گردد، پرداخته شود. در صورت تأیید نتایج، این موارد توسط رابط گرافیکی مخصوص(گام۱۱سامانه خبره پیشنهادی) نمایش داده می‌شود و گرنه مراحل کار از فاز سوم پایگاه دانش یا گام ۵ چارت سامانه خبره تکرار و تصحیح می‌گردد. سامانه خبره بعد از تحویل به کاربر، می‌بایست به صورت متناوب و دوره‌ای مورد بررسی و پشتیبانی قرار گیرد (گام۱۲) و حتی در صورت لزوم تغییرات مورد نیاز در آن اعمال گردد.

---

[۱]- Simolink محیط مدل‌سازی نرم‌افزار متلب و ابزاری مناسب جهت ارتباط جنبه‌های علمی و عملی سامانه‌های ریاضی و مهندسی می‌باشد که برای طراحی و شبیه‌سازی الگوهای ریاضی بکار می‌رود.

[۲]- Matlab نرم‌افزاری است که براساس مجموعه‌ای از اصول عملیاتیِ ریاضی و بر پایه‌ی ماتریس‌ها عمل می‌کند و جهت پردازش و کنترل داده‌های بسیاری از رشته‌های مهندسی کاربرد دارد.

مراحل کاری الگوی مورد مطالعه

جهت برپا نمودن سامانه خبره پیشنهادی، یک دوره شش مرحله‌ای پیشنهاد می‌گردد. این چرخه ثابت و محدود نیست زیرا افراد خبره همواره نمی‌توانند به آسانی راه‌حل‌های خود را ارائه دهند. گام‌های پیشنهادی را می‌توان به ترتیب زیر ارائه داد.

گام نخست: در این مرحله کار شناسایی مسأله مورد نظر، پیدا نمودن فرد یا افراد خبره‌ای در زمینه مسأله، زمان‌بندی مقدماتی، تجزیه و تحلیل هزینه‌ها و بازده طرح و برنامه اجرائی صورت می‌پذیرد. سامانه خبره، بیشتر مناسب کارهای تخصصی محدود است و باید از پرداختن به مسائل حاشیه‌ای نظیر(درک زبان‌های خارجی – اطلاعات مربوط به گذشته سازمان و دانش‌های پایه‌ای و مفهوم عمومی) دوری جست. (لاودن، ۱۳۸۲: ۸۷)

گام دوم: مرحله ساخت نمونه و پیش الگو، برای آزمایش چگونگی کُددهی دیدگاه‌ها و فرض‌های افراد خبره و تعیین روابط میان آن‌ها است. این مرحله به مهندس دانش[1] فرصت می‌دهد تا بیشتر با افراد خبره تماس داشته و مهارت‌های آن‌ها را بهتر بشناسد. از دیگر امور کاری این مرحله آشنا شدن بیشتر با وظایف و تعیین معیارهای عملکرد می‌باشد.

گام سوم: مرحله ساخت کامل سامانه خبره، که پیچیده‌ترین گام می‌باشد. در این مرحله ساختار اصلی و کامل سامانه مشخص شده و دانش پایه‌ای مناسب با دنیای واقعی، و نیز رابط‌های گرافیکی تعیین می‌گردد. در این مرحله کوشش می‌شود تا سامانه، هر چه واقع بینانه‌تر و ساده‌تر گردد. (شیلد،۱۳۷۱: ۶۴)

گام چهارم: هنگامی‌که کارشناس خبره و مهندس دانش طرح را کامل کردند، باید آن‌را با معیارهای عملیات از پیش تعیین شده ارزیابی نمود. در همین زمان نیز باید طرح را به سازمان سفارش‌دهنده عرضه نمود و نظر مشاورتی دیگر کارکنان خبره را هم دریافت نمود.

گام پنجم: سامانه خبره را بعد از آماده شدن باید با جریان اطلاعات و الگوهای کاری سازمان یکپارچه کرد. در این مرحله می‌بایست فرم‌ها و سندهای تازه و نیز روش‌های آموزش کاربران را برگزید. همچنین سامانه خبره را با دیگر سامانه‌ها و سخت‌افزارهای سازمان هماهنگ نموده و شتاب کارکرد آن‌ها را تنظیم نمود. (الهی و رجب‌زاده،۱۳۸۲: ۷۲)

گام ششم: وضعیت و محیطی که سامانه‌ها در آن‌ها کار می‌کنند همواره با تغییرات روبرو می‌باشد. بنابراین سامانه خبره را نیز باید همواره با محیط هماهنگ و بروز نمود. ساختار بسیار پویا و قاعده‌مند سامانه‌های خبره، تعدیل و به‌روز شدن آن‌ها را آسان کرده است.

1- Knowledge Engineer

تشریح نمونه‌ای از الگوی مورد نظر

به منظور اجرای آزمایشی چنین الگویی در یکی از حالات فرض شده به صورت خیلی ساده، انهدام موشکی بالستیکی توسط سامانه‌های پدافند هوایی را در نظر می‌گیریم. جهت اجرای این الگو، ترتیب توالی گام‌های ذکر شده در بند قبلی را مرور و برابر آن اقدام می-نمائیم. برای این کار ابتدا لازم است از کلیه حالت‌های پیش‌رو برای سامانه‌های پدافند هوایی در چنین شرایطی آگاهی قبلی داشته باشیم. برای نوشتن فرمول‌های مورد نیاز این الگو، متغیرهای فرض شده را به ترتیب جدول شماره (۱) نشان می‌دهیم. لازم به‌ذکر است نمادهای متغیرهای مذکور صرفاً جهت تسهیل نوشتن برنامه، به این عناوین نامیده شده‌اند

نماد متغیر	شرح متغیر	نماد متغیر	شرح متغیر
MB	موشک بالستیک	h	ارتفاع
Active	اقدام پدافند عامل	B	برد موشک
View	محل شلیک رویت می‌شود.	H	سامانه‌های موشکی ارتفاع بالا درگیر شوند.
PJ	موشک در مرحله پرتاب و اوجگیری به سمت خارج جو است.	M	سامانه‌های موشکی ارتفاع متوسط درگیر شوند.
Ens	انهدام سکوی پرتاب توسط هواپیماهای جنگنده، بالگرد، موشک زمین به زمین و توپخانه زمین به زمین	T1	سامانه‌های موشکی حرارت یاب و توپخانه‌ای اجرای آتش و سامانه‌های توپخانه‌ای سد آتش کنند.
J	موشک به سمت خارج جو رفته است.	L	سامانه‌های موشکی ارتفاع پست درگیر شوند.
JP	موشک در مرحله ورود مجدد به جو و شیرجه به سمت هدف است.	T	سامانه‌های توپی و موشک‌های حرارت یاب درگیر شوند.
Alarm	اقدام عامل متصور نیست و فقط باید به واحدها اعلام هوشیاری و آمادگی کرد.	–	–

جدول شماره (۱) نماد و شرح متغیرهای موجود در مثال فرضی الگوی مورد بحث

نمونه‌ای از توابع ریاضی مورد نیاز جهت چنین حالت‌هایی که منطبق بر اطلاعات بدست آمده از وضعیت سامانه‌های پدافند هوایی می‌باشند، در فرمول‌های زیرین توسط محقق آورده شده است.

MB Λ ~Active → Alarm[۱]
MB Λ View → Ens
MB Λ View Λ PJ Λ (1<h<4)→ T[۲]
MB Λ View Λ PJ Λ (1<h<14)→ L
MB Λ View Λ PJ Λ (1<h<40)→ M
MB Λ View Λ PJ Λ (1<h<240)→ H
MB Λ View Λ J → Alarm
MB Λ View Λ JP Λ (1<h<4)→ L
MB Λ View Λ JP Λ (4<h)→ T1
MB Λ ~View Λ PJ Λ (1<h<4)→ T
MB Λ ~View Λ PJ Λ (1<h<14)→ L
MB Λ ~View Λ PJ Λ (1<h<40)→ M
MB Λ ~View Λ PJ Λ (1<h<240)→ H
MB Λ ~View Λ J → Alarm
MB Λ ~View Λ JP Λ (1<h<4)→ L
MB Λ ~View Λ JP Λ (4<h)→ T1

این فرمول‌های ریاضی در توابع فازی به شکل زیر نمایش داده می‌شوند:

1- If (MB is mfMB) and (View is mfNotView) and (B is mfBVeryLow) and (H is mfHPJ) then (Alarm is mfAlarmMid)(Result is mfResultT)(Ens is mfEns)[3]
2- If (MB is mfMB) and (View is mfNotView) and (B is mfBLow) and (H is mfHPJ) then (Alarm is mfAlarmMid)(Result is mfResultL)(Ens is mfEns)
3- If (MB is mfMB) and (View is mfNotView) and (B is mfBVeryLow) and (H is mfHJP) then (Alarm is mfAlarmHigh)(Result is mfResultL)(Ens is mfEns)
4- If (MB is mfMB) and (View is mfNotView) and (B is not mfBVeryLow) and (H is mfHJP) then (Alarm is mfAlarmHigh)(Result is mfResultS)(Ens is mfNotEns)

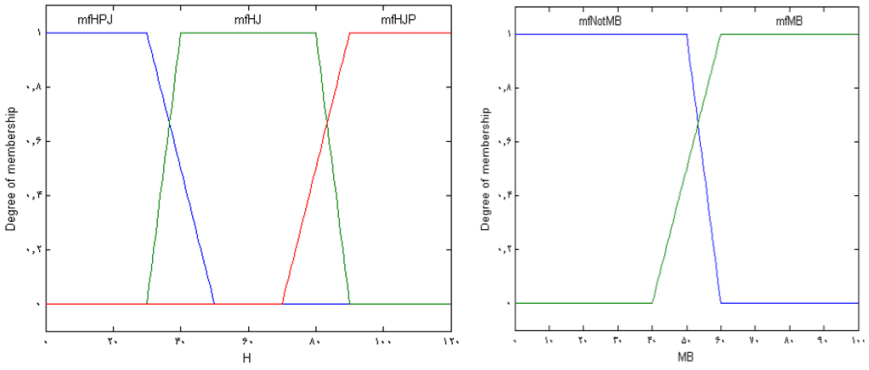
نهایتاً با توجه به این فرمول‌ها تأثیر قوانین ریاضی منطبق بر اطلاعات موجود و مطابق توابع فازی به صورت شکل شماره (۳) نشان داده شده‌اند.

---

[۱] – در این فرمول علامت Λ معرف کلمه «و» می‌باشد. علامت ~ نیز معرف کلمه «نقیض» می‌باشد.

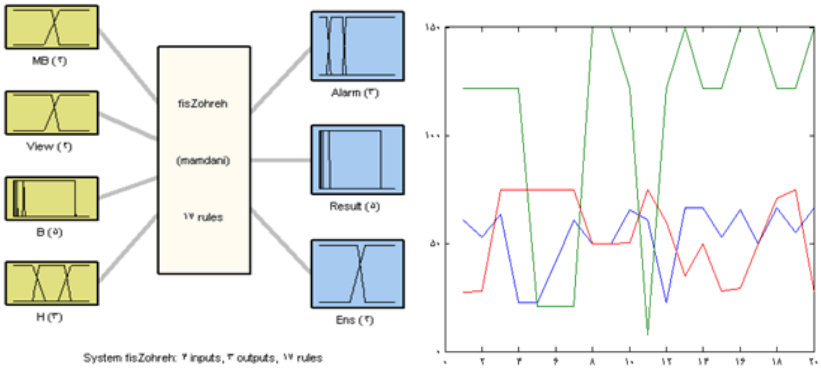
[۲]- کلیه اعداد بر حسب کیلومتر می‌باشند.

[۳]- در این فرمول علامت mf معرف کلمه membership function به معنی تابع عضویت می‌باشد که در نرم‌افزار متلب برای تبدیل متغیرها به فازی بکار می‌رود. علامت Mid هم در این فرمول معرف کلمه middle به معنی متوسط می‌باشد.



شکل (۳) نمونه‌ای ازشاخص‌های معرفی شده مانند MB (موشک بالستیک) و H (ارتفاع موشک)

سامانه طراحی شده قبلی می‌تواند در مقابل وضعیت‌های مختلف، تصمیم‌گیری مناسبی را انجام دهد. در شکل (۴) نتایج خروجی از این سامانه بر حسب داده‌های ورودی نشان داده شده است. این در حالی است که کاربر در صفحه نمایش خود متنی حاوی فرمان چگونگی اقدام در پیش‌رو برای نحوه مقابله با موشک بالستیک (فرض شده) را رویت خواهد کرد که نحوه تصمیم‌گیری را در یک موقعیت حساس پدافندی پیشنهاد می‌نماید.



شکل(۴) نتایج خروجی از سامانه بر حسب داده های ورودی

نتیجه گیری

در نبردهای هوایی آینده، بی‌شک با محیط فنآورانه و پیشرفته‌ای مواجه خواهیم شد که سرعت، گستردگی تهدیدات، تنوع و عدم قطعیت، از نتایج حتمی آن خواهد بود و افراد، ناچار از تطبیق خود با سطوح جدیدی از پیچیدگی خواهند بود. درک کامل از محیط و صحنه نبرد بسیار دشوار خواهد بود و جریان مستمر و عظیم اطلاعات را به سختی می‌توان تحت کنترل درآورد. لذا برای ما، موفق شدن به معنای وفق دادن خود با آموزه‌های جدید و تغییر الگوهای عملکردی پدافند هوایی خواهد بود.

شکی نیست که جهت تحقق پیروزی‌های درخشان در جنگ‌های آینده می‌بایست قادر به کسب برتری سریع تصمیم‌گیری در سطوح غیر خطی[1] باشیم. برتری تصمیم‌گیری که همراه با برتری اطلاعاتی حاصل می‌شود، فرماندهان نظامی را قادر می‌سازد تا دشمن را شگفت‌زده و در عملیات بر او غلبه نمایند. این برتری‌ها از هماهنگی بهتر یگان‌های رزمی، پشتیبانی کرده و یکایک فرماندهان را قادر می‌سازد تا سریع‌تر از دشمن تصمیم بگیرند.

بی‌تردید اطلاعات، پردازش اطلاعات و شبکه‌های ارتباطی، هسته‌ی اصلی تمامی فعالیت‌های نظامی آینده به‌شمار می‌رود. در سامانه‌های عملیاتی، اطلاعات مهم از دو منبع سرچشمه می‌گیرند. یکی از منابع، افراد خبره می‌باشند که دانش و آگاهی‌شان را در مورد سامانه، با زبان طبیعی تعریف می‌کنند. منبع دیگر اندازه‌گیری‌ها و مدل‌های ریاضی هستند که از قواعد فیزیکی مشتق شده‌اند. بنابراین یک مسأله مهم، ترکیب این دو نوع اطلاعات در طراحی سامانه‌ها است. برای انجام این ترکیب، سؤال کلیدی این است که چگونه می‌توان دانش بشری را به یک فرمول ریاضی تبدیل کرد. اساساً آن‌چه که یک سامانه خبره مبتنی بر منطق فازی انجام می‌دهد همین تبدیل است.

سامانه‌های خبره مبتنی بر منطق فازی برخلاف سامانه‌های اطلاعاتی که بر روی داده‌ها عمل می‌کنند، بر دانش متمرکز شده‌اند. همچنین در یک فرآیند نتیجه‌گیری، قادر به استفاده از انواع مختلف داده‌های عددی، نمادی و مقایسه‌ای می‌باشند. این توانایی باعث قرار گرفتن محدوده وسیعی از کاربردها در برد عملیاتی‌این سامانه‌ها می‌شود. این سامانه‌ها نماد مناسبی برای کار در شرایط عدم اطمینان و یا محیط‌های چندوجهی می‌باشند که قابلیت

---

[1]- شرایط حاکم بر محیط این نوع از تصمیم‌گیری، کمبود زمان برای اخذ تصمیم، نیاز به تجربه‌ی بالای تصمیم-گیرندگان و نرخ بالای تغییرات محیط می‌باشد.

انطباق با شرایط جنگ‌های آینده را دارا هستند. در منطق فازی با مقادیری غیر قطعی و تقریبی و محدوده‌ای از احتمالات، که ممکن است اتفاق بیافتند؛ کار می‌کنیم. این منطق، روشی برای پردازش وقایع غیر قطعی و دقیقاً آن‌چه که در صحنه نبردهای آینده با آن روبرو خواهیم شد؛ ارائه می‌کند

از طرفی پذیرش محصول خبره به این بستگی دارد که چقدر نیازهای کاربر نهایی به درستی مد نظر گرفته شده‌است. لذا ابتدای شروع کار جهت ایجاد سامانه خبره تصمیم‌گیری در نظام فرماندهی و کنترل پدافند هوایی، آگاهی از نیازهای تاکتیکی سامانه‌های پدافند هوایی (جنگ‌افزارهای زمین‌به‌هوا و سامانه‌های کشف) در شرایط بروز تهدیدات هوایی می‌باشد تا با غنی کردن پایگاه دانش، به نیازهای آینده، جواب‌های کامل‌تری آماده نمائیم. در این شرایط منطق فازی نیز به عنوان روشی مناسب در سامانه‌ی خبره انتخاب می‌شود که گزینه‌های لازم را برای شرایط ذکر شده داراست. زیرا روش‌های آماری و احتمالات در حل چنین مسائلی زیاد مفید نمی‌باشند و در نهایت، ابهامات موجود در دنیای واقعی را پشتیبانی نمی‌کنند.

استفاده از منطق فازی و قواعد کنترل فازی به دلیل بازتاب بهتر از سامانه‌های مختلف، پوشش مناسب عدم قطعیت موجود در سامانه‌ها و پدیده‌های طبیعی، استفاده از قواعد ساده (اگر– آنگاه) به جای مدل‌های پیچیده‌ی پارامتری دیگر و سرعت استنباطی بسیار زیاد در مقایسه با شبکه‌های عصبی و سایر روش‌های هوشمندانه، ایده‌ی مناسبی برای چنین مسائلی می‌باشد.

منابع

الف) منابع فارسی:

۱- آذر، عادل؛ فرجی، حجت (۱۳۸۰). علم مدیریت فازی، تهران، نشر اجتماع.
۲- آسایی، کی(۱۳۸۴). سامانه‌های فازی برای پردازش اطلاعات، ترجمه وحدتی، مهرداد؛ تهران، نشر دانشگاهی.
۳- الهی، شعبان؛ رجب‌زاده، علی(۱۳۸۲). سامانه‌های خبره، تهران، چاپ و نشر بازرگانی.
۴- ثاقب، مهدی؛ تدین، شبنم (۱۳۸۴). مدیریت فناوری اطلاعات، تهران، مهربان نشر.
۵- حسینی، علی(۱۳۸۵).گذری بر سامانه‌های خبره، ماهنامه شبکه، شماره آذر ماه ۱۳۸۵، تهران.
۶- شیلد، هربرت(۱۳۷۱). هوش مصنوعی با استفاده از C، ترجمه کیوان فلاح، تهران، ناشر کیوان فلاح.
۷- گروه اندیشگان دانشجویی(۱۳۸۷). بررسی تاکتیک‌های پدافند هوایی در رزم ناهمتراز. دافوس آجا، معاونت پژوهش، گزارش مطالعاتی چاپ نشده.
۸- لاودن، کنت سی؛ لاودن، جین پرایس(۱۳۸۲). نظام‌های اطلاعاتی مدیریت، ترجمه عبدالرضا رضایی‌نژاد، تهران، خدمات فرهنگی رسا.
۹- فهیمی، مهرداد(۱۳۸۴). هوش مصنوعی، تهران، انتشارات جلوه.
۱۰- یاوری، احیا(۱۳۸۷). استراتژی‌های نوین جنگی با رویکرد به مخابرات، تهران، مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی.

ب) منابع لاتین:

1-Giarratano,J. Riley,G. Expert Systems: principles and programming. PWS Publishing Company. Boston. 199