

کاربرد سامانه‌های هوشمند تصمیم‌گیری خبره برای انتخاب تاکتیک‌های مناسب پدافند هوایی

ایرج بختیاری^۱

صمد آقامحمدی^۲

چکیده

استفاده از سامانه‌های خبره تصمیم‌گیری در حوزه‌های مختلف توانسته است با توانمندسازی و یکسان‌سازی دسترسی به دانش و اطلاعات موجود، زمینه را برای کمک به تصمیم‌گیری درست و سریع برای افراد کم‌تجربه فراهم کند. در این راستا حوزه‌های نظامی نیز از این امر مستثنی نبوده و کشورهای پیشرفته توانسته‌اند با استفاده از سامانه‌های خبره تصمیم‌گیری تاکتیک‌های پدافند هوایی امکان تصمیم‌گیری صحیح و سریع را در شرایط بحران فراهم کنند. هدف از این مقاله معرفی سامانه هوشمند تصمیم‌گیری خبره مبتنی بر قواعد فازی است که می‌تواند با استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی امکان اتخاذ یک تصمیم صحیح و سریع را برای ایجاد تاکتیک مناسب در برابر تهدیدات هوایی که سامانه‌های کنترل و فرماندهی و جنگ‌افزارهای زمین‌به‌هوا با آن مواجهند فراهم کنند.

کلید واژگان: سامانه‌های هوشمند تصمیم‌گیری خبره، قواعد فازی، هوش مصنوعی، سامانه‌های کنترل و فرماندهی، تاکتیک‌های پدافند هوایی.

^۱ دانش آموخته کالج هوایی پاکستان و مدرس دافوس آجا ^۲ کارشناس پدافند هوایی و دانشجوی کارشناسی ارشد دافوس آجا

مقدمه

تعدد و تنوع تهدیدات هوایی که سامانه‌های کنترل و فرماندهی و جنگ‌افزارهای زمین‌به‌هوا با آنها مواجهند و پیشرفت روزافزون در تولید سریع سامانه‌های آفندی که از لحاظ فناوری از سامانه‌های پیشرفته‌ای برخوردارند لزوم اتخاذ تصمیمات تاکتیکی سریع، قاطع و بدون کوچک‌ترین خطایی را ایجاد می‌نماید. با در نظر گرفتن این که در جنگ‌های اخیر، پدافند هوایی مدت زمان اندکی برای واکنش صحیح در اختیار دارد، اتخاذ یک تصمیم صحیح و سریع برای اجرای تاکتیک مناسب در برابر این تهدیدات به افراد خبره، با تجربه و تخصص بالا نیاز دارد که با توجه به گسترش نیروهای پدافندی، در اختیار داشتن تعداد کافی از این افراد مشکل و بعضاً غیرممکن است. (آقابالا زاده، ۱۳۸۷: ۳۶ تا ۳۸)

بر این اساس و همگام با پیشرفت‌های مداوم علوم و فناوری، با بهره‌گیری از توان و قابلیت‌های متنوع رایانه‌ای لزوم سعی در ایجاد سامانه‌های هوشمند تصمیم‌گیری تاکتیک‌های پدافند هوایی با تکیه بر دانش هوش مصنوعی و سامانه‌های خبره آشکار می‌شود. ایجاد و استفاده از چنین سامانه‌هایی در طول دهه گذشته بسیار عمومیت یافته است.

۲- سامانه‌های خبره^۱

سامانه خبره مبتنی بر دانش^۲ یکی از شاخه‌های هوش مصنوعی است که با استفاده وسیع از دانش تخصصی به حل مسایل، همچون یک فرد خبره می‌پردازد. فرد خبره کسی است که در یک زمینه خاص دارای تجربه و مهارت، در یک کلام است. فرد خبره معمولاً دارای دانش خبرگی^۳ یا مهارت خاصی است که برای بیشتر مردم ناشناخته و یا غیرقابل دسترسی است. سامانه‌های خبره، بالقوه دارای توانایی‌های بسیاری در 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 افراد دانشمند قابل دسترسی است و یا تجربیات نامکتوبی باشد که فقط در اختیار اهل فن و

^۱ Expert Systems

^۲ Knowledge-based Expert System

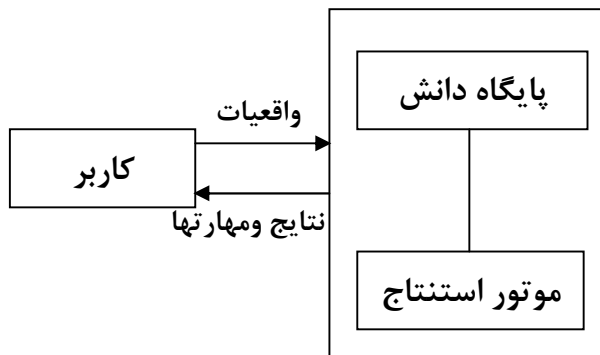
^۳ Expertise

کاربرد سامانه‌های هوشمند تصمیم‌گیری خبره برای انتخاب تاکتیک‌های مناسب پدافند هوایی..... ۱۷

متخصصین است. شکل ۱ مفهوم بنیانی یک سامانه خبره مبتنی بر دانش را نشان می‌دهد. فرد کاربر حقایق یا وقایع و یا سایر اطلاعات را به سامانه‌های خبره می‌دهد و در پاسخ، تجربه، تخصص و توصیه‌های عالمانه و در یک کلام، خبرگی دریافت می‌کند. (عسگرزاده، ۱۳۸۷)

یکی از قدرتمندترین ویژگی‌های سامانه هوشمند، توانایی ارائه دلیل و برهان است. از آنجایی که سامانه، زنجیره منطقی دلایل را در حافظه دارد، کاربر می‌تواند مشروح و دلیل توصیه یا راه‌حل سامانه به مسئله را درخواست نماید و سامانه عوامل مؤثر در اتخاذ تصمیم یا توصیه را نشان خواهد داد. این ویژگی، اعتماد کاربر به توصیه و پذیرش آن را تقویت می‌نماید. از نظر ساختار داخلی، سامانه خبره از دو بخش اصلی تشکیل می‌شود:

بخش اول، پایگاه دانش^۱ است که حاوی دانشی است که بخش دوم یعنی موتور استنتاج^۲ به کمک آن نتیجه‌گیری می‌کند. این نتایج، پاسخ سامانه خبره به سوالات کاربر در حوزه مسئله است. سامانه‌های مبتنی بر دانش کارا طوری طراحی شده‌اند که بتوانند به‌عنوان یک دستیار هوشمند^۳ برای افراد خبره عمل کنند. این دستیاران هوشمند به وسیله فناوری سامانه‌های خبره طراحی شده‌اند و دلیل این کار، امکان بسط دانش آن‌ها در آینده است. (دورکین، ۱۹۹۴: ۲۰)



شکل ۱- ساختار یک سامانه خبره

¹ Knowledge-Base

² Inference Engine

³ Intelligent Assistant

برای ایجاد سامانه خبره می‌توان به روش‌های زیر دانش حل مساله را اخذ نمود (لاودن، ۱۳۸۳:

۳۸۹ تا ۳۹۲)

- ۱- روش سنتی مهندسی دانش از طریق مصاحبه، پرسشنامه و تعامل با فرد یا افراد خبره.
- ۲- بکارگیری نرم‌افزارهایی که با ایجاد ارتباط مستقیم با خبره، دانش حل مساله را اخذ می‌کنند.
- ۳- بکارگیری روش‌های یادگیری ماشین.

در حال حاضر تعداد زیادی سامانه خبره وجود دارند که با روش مهندسی دانش ایجاد شده‌اند اما به دلیل تعداد قواعد زیاد و تاثیرپذیری قواعد بر یکدیگر، امکان نگهداری این گونه سامانه‌ها و به‌روز کردن دانش آن‌ها، بسیار مشکل یا غیرممکن است. روش‌های یادگیری ماشین، به اخذ و استخراج دانش نهفته در داده‌ها کمک شایانی نموده است و در قالب تکنیک‌های داده‌کاوی، قواعد جدیدتر و بیشتری از دانش خبره در دسترس قرار گرفته است. به موازات روش‌های کسب دانش، روش‌های نمایش دانش، توسعه داده شده و در نمایش مؤثرتر دانش درونی سامانه، مراحل استخراج و تحلیل داده‌ها و حقایق محیطی در سامانه‌های خبره مورد استفاده قرار گرفته است.

اطلاعات فرد خبره سرشار از کم‌دقتی، عدم قطعیت و ابهام است. با این حال افراد خبره هنوز هم راه‌حل‌های قابل قبولی در مسائل کاری خود ارائه می‌دهند. از آنجا که دانش سامانه خبره از افراد خبره اخذ می‌شود، این دانش نیز نادقیق، نامطمئن و دارای ابهام است. بنابراین سامانه‌های خبره نیز باید به روش‌های استدلال نادقیق افراد خبره مجهز شوند. در دهه 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 به کار 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.

در طراحی ابزار پیشنهادی، منطق فازی برای نمایش دانش نادقیق و قانون انتزاع جامع در منطق فازی، برای استخراج از دانش نادقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیان دانش توأم با عدم

قطعیت با استفاده از منطق فازی^۱ و ضریب قطعیت^۲ در سامانه‌های خبره مورد استفاده قرار می‌گیرد تا استنتاجی نادقیق اما مؤثر صورت گیرد. (آذر و فرجی، ۱۳۸۱: ۱۵ تا ۱۶)

۱-۲- قواعد فازی

نظریه فازی قادر است به روشی قابل انعطاف از عهده موقعیت‌های اجتماعی و اقتصادی اخیر و محیط طبیعی که نیازمند تنوع و انعطاف است برآید. برخلاف رایانه‌های رقمی متعارف که عمدتاً به استفاده از اعداد می‌پردازند، رایانه‌های فازی زبان انسان را که دارای ابهام است بکار می‌برند و به برد اطلاع رسانی می‌افزایند.

۲-۲- استنتاج در شرایط نایقینی

عدم اطمینان را می‌توان به عنوان فقدان اطلاعات کافی جهت تصمیم‌گیری در نظر گرفت. عدم اطمینان به خودی خود یک مسئله محسوب می‌شود چون می‌تواند مانع از اخذ بهترین تصمیم شده و یا حتی باعث اخذ تصمیمات نامناسبی شود.

متأسفانه تعیین بهترین نتیجه ممکن است چندان آسان نباشد. 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 زیادی ابزار سامانه خبره وجود دارد که به مکانیزم استدلال در شرایط عدم اطمینان کمک می‌کنند ولی این ابزار آنقدر انعطاف‌پذیر نیستند که اجازه دهند از سایر روش‌ها نیز استفاده شود.

علی‌رغم آنکه بسیاری از کاربردهای سامانه‌های خبره از طریق استدلال دقیق انجام می‌شود، با این حال در بسیاری از اوقات به استدلال نادقیق نیاز است که واقعیات نامطمئن، قواعد نامطمئن و یا هر دوی آنها را در برمی‌گیرد. انواع مختلفی از خطاها ممکن است در عدم اطمینان نقش داشته باشند. تئوری‌های مختلفی که برای عدم اطمینان وجود دارند می‌کوشند تا با تجزیه و رفع تمام این خطاها و یا برخی از آنها، استنتاج مطمئن‌تری انجام دهند. به عنوان مثال خطای انسان می‌تواند با ابهام، اندازه‌گیری و استدلال ارتباط داشته باشد.

اولین نوع خطا، ابهام^۱ است که در آن بعضی چیزها به بیش از یک روش تفسیر می‌شوند.

^۱ Fuzzy logic

^۲ Certainty Factor

دومین نوع خطا، ناقص بودن^۲ است که در آن بعضی اطلاعات از قلم افتاده‌اند. سومین نوع خطا، نادرستی^۳ است که در آن برخی اطلاعات، غلط هستند. علل ممکن برای نادرستی اطلاعات عبارتند از: خطای انسان مانند قرائت اشتباه داده‌ها به‌طور سهوی یا عمدی از روی نمایشگرها، از قلم افتادن یا غلط بودن اطلاعات و یا بد کار کردن تجهیزات. (آسای، ۱۳۸۴: ۱۸۰ تا ۱۸۳)

منطق فازی از توسعه‌ی تئوری اولیه مجموعه‌های فازی بدست آمده که اولین بار در مقاله لطفی‌زاده^۴ (پروفسور ایرانی‌الاصل مقیم آمریکا) در سال ۱۹۶۵ مطرح شد. از آن پس این تئوری دائماً گسترش یافت و در زمینه‌های بسیاری نظیر کنترل، مدیریت، روانشناسی، پزشکی و رایانه به‌صورت گسترده بکار گرفته شد.

روش نمایش سنتی برای نشان دادن عضویت عناصر در یک مجموعه بر حسب تابع مشخصه^۵ است که گاه تابع تشخیص^۶ نامیده می‌شود. اگر یک شیء عضو یک مجموعه باشد در آن صورت تابع مشخصه آن، یک است. اگر یک شیء عضو یک مجموعه نباشد تابع مشخصه آن صفر است. این تعریف در تابع مشخصه زیر خلاصه شده است.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{اگر } X \text{ عضو جامعه } A \text{ باشد} \\ & \text{اگر } X \text{ عضو جامعه } A \text{ نباشد} \\ 0 & \text{اگر } X \text{ عضو مجموعه } A \text{ نباشد} \end{cases}$$

که اشیاء X اعضای جامعه X هستند.

تابع مشخصه را می‌توان نگاهت تابعی^۷ نیز تعریف نمود.

$$\sim_A(x): x \rightarrow [0,1]$$

این تابع بیان می‌کند که تابع مشخصه، مجموعه مرجع X را بر مجموعه‌ای شامل صفر و یک منطبق می‌سازد. تعریف فوق، یک مفهوم کلاسیک را به‌سادگی بیان می‌کند که یک شیء یا عضو

¹ Ambiguity

² Incompleteness

³ Incorrectness

⁴ Lotfi Zadeh

⁵ Characteristic Function

⁶ Discrimination Function

⁷ Crisp Sets

یک مجموعه هست و یا عضو آن نیست. چنین مجموعه‌هایی، مجموعه‌های قطعی^۱ نامیده می‌شود که نقطهٔ مقابل مجموعه‌های فازی هستند. این طرز تفکر از زمان نظریه‌ی ارسطو دربارهٔ منطق دومقداری یا منطق دوازده‌گانه^۲ شروع شد که در آن درستی و نادرستی تنها مقادیر ممکن هستند. (آذر و فرجی، ۱۳۸۱: ۲۶ تا ۲۸)

مشکلی که برای منطق دو ارزشی بروز می‌کند از آنجا ناشی می‌شود که ما در دنیای کمیت‌های پیوسته زندگی می‌کنیم نه در دنیای اعداد. در دنیای واقعی عموماً موجودات در یک حالت یا حالت مقابل آن نیستند. با توسعهٔ تئوری‌های جدید محاسبه‌ای نظیر سامانه‌های عصبی مصنوعی و تئوری فازی، دنیای واقعی دقیق‌تر نشان داده می‌شود. در مجموعه‌های فازی، یک شیء می‌تواند تا حدودی به یک مجموعه متعلق باشد. با تعمیم دادن تابع مشخصه، درجهٔ عضویت در یک مجموعه فازی محاسبه می‌شود، که تابع عضویت^۳ یا تابع سازگاری^۴ نام دارد و به صورت زیر زیر تعریف می‌شود.

$$\sim_A(x): X \rightarrow [0,1]$$

اگرچه ظاهراً چنین تعریفی مشابه تعریف تابع مشخصه به نظر می‌رسد ولی عملاً با آن بسیار متفاوت است. تابع مشخصه، همه عناصر X را دقیقاً بر یکی از دو عنصر صفر یا یک منطبق می‌سازد. در مقابل تابع عضویت، X را بر دامنه‌ای از اعداد حقیقی نگاشت می‌کند که این دامنه، فاصله صفر تا یک را در بر می‌گیرد و با $[0,1]$ نشان داده می‌شود. بنابراین تابع عضویت یک عدد حقیقی است در $0 \leq \mu_A \leq 1$ که صفر به این معناست که شیء مورد نظر عضو مجموعه نیست و یک به معنای عضویت کامل شیء نسبت به مجموعه است.

۳-۲- مجموعه‌های فازی

مجموعه فازی A در عالم سخن X تابعی عضویتی است که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\sim_A : X \rightarrow [0,1]$$

¹ Bivalent Logic

² Bivalent or Two-Valued Logic

³ Membership Function

⁴ Compatibility Function

و مقدار $\sim_A(x) (\in [0,1])$ نمایانگر درجه (درجه عضویت) $x (\in X)$ در مجموعه فازی A است.

چنانچه \sim_A به وضوح فقط ارزش ۱ (عضو) و ۰ (غیر عضو) را داشته باشد مجموعه های فازی به صورت یک مجموعه متعارف در می آید. مجموعه متعارف B با تابع ممیز t_B بیان می شوند.

$$t_B(x) = \begin{cases} 1 & \text{به مجموعه } B \text{ تعلق دارد} \\ 0 & \text{به مجموعه } B \text{ تعلق ندارد} \end{cases}$$

$$t_B : x \rightarrow \{0,1\}$$

۳- خصوصیات مهم جنگ های هوایی اخیر

فرماندهان نظامی باید قادر باشند که جنگ های آینده را پیش بینی کنند. شناخت تحول و توسعه جنگ های نوین که زاده ی دگرگونی و تحول در ابزار و فناوری است باید به گونه ای فضای تفکر و اندیشه را فراروی یک فرمانده استراتژیست نظامی بگشاید تا همان گونه که شکل زندگی با حضور فناوری جدید دگرگون می شود، تغییر جنگ ها را نیز احساس کند، پیش بینی نماید و اصول آنرا استخراج و بکار بندد. زیرا در این صورت است که از شکست قطعی فاصله می گیرد. (تافلر، ۱۳۷۵: ۲۰)

از خصوصیات بارز جنگ های آینده، کوتاه بودن زمان درگیری، وسعت منطقه نبرد، اجرای جنگ سریع و قاطع با شدت عمل زیاد، سرعت بالا در چرخش اطلاعات و استفاده از فناوری های مدرن و پیچیده در جنگ می باشد. از طرفی عدم قطعیت و تعدد عوامل مؤثر بر صحنه نبرد نیز جزو خصوصیات بارز این نبردها می باشند. پیروزی در این نبردها که در آنها ابزارهای بسیار پیشرفته و تاکتیک های پیچیده ای به خدمت گرفته می شود به تصمیم گیری سریع و منطقی بستگی دارد. (آقابالا زاده، ۱۳۸۷: ۲۴)

۴- راهکارهای پیش روی پدافند هوایی در جنگهای آینده

در یک تهاجم همه‌جانبه از سوی یک دشمن فرامنطقه‌ای، کلیه اجزاء موجود در پدافند هوایی (رادارها، هواپیماهای شکاری رهگیر، پست‌های دیده‌بانی، سایت‌های جمع‌آوری اطلاعات الکترونیکی و مواضع و سایت‌های موشکی زمین‌به‌هوا) موظف به کسب و ارسال اطلاعات خام و دریافت دستورات از مراکز عملیات پدافند هوایی خواهند بود. به این ترتیب در یک مرکز عملیات منطقه‌ای غیرهوشمند، فرماندهان با حجم بسیار زیادی از اطلاعات واصله از چندین رادار و سایت جمع‌آوری اطلاعات الکترونیکی و همچنین صدها پست دیده‌بانی و مواضع زمین‌به‌هوا مواجه بوده و عملاً حجم بالای اطلاعات علاوه بر سردرگمی مضاعف، مانع بزرگی بر سر تصمیم‌گیری سریع و صحیح آنها خواهد شد.

هنگامی که حجم اطلاعات بسیار زیاد باشد، پردازش اطلاعات و تصمیم‌گیری سریع، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است و فرماندهان صحنه نبرد باید بتوانند به راحتی وارد چرخه تصمیم‌گیری دشمن شوند. این امر در شرایطی روی می‌دهد که فرمانده خودی سریع‌تر از دشمن تصمیم‌گیری کند.

در بخش کنترل فضای کشور، اتخاذ تصمیمات تاکتیکی سریع، مهم‌ترین بخش اجرایی می‌باشد و کلیه اقدامات عملیاتی بر آن استوار است. (آقابالا زاده و توکلی، ۱۳۸۷: ۵۸)

نتیجه‌گیری

در سامانه‌های نوین فرماندهی، امروزه تصمیم‌گیری سریع در شرایط بحران بدون اتکا به تجارب فرماندهان کارگشته و خبره بسیار مشکل و خطرناک می‌باشد. انبوه اطلاعات فنی و تاکتیکی و تغییر مداوم وضعیت صحنه نبرد، این امر را برای فرماندهان کم‌تجربه مشکل‌تر می‌نماید. از آنجایی که تجربه و تخصص تنها به مرور زمان حاصل می‌شود و متکی بر فرد است، نمی‌توان آن را در هر موقعیت زمانی و مکانی مورد استفاده قرار داد. دفاع هوایی مؤثر از کشوری با وضعیت جغرافیایی مشابه کشور ما که الزاماً پراکندگی نیروهای پدافندی در آن در وسعت زیادی خواهد بود و افراد خبره به تعداد کافی جهت اعزام به همه این مناطق در دسترس نخواهد بود، لزوم پایه‌ریزی سامانه‌ای که توان تصمیم‌گیری فرماندهان اجرایی را در همه زمینه‌های دقت،

صحت، سرعت و قابلیت اطمینان بالا ببرد، روشن می سازد. اجبار فرماندهان و پیش کسوتان خبره در زمینه پدافند هوایی جهت حضور در صحنه‌ی مقاطع حساس پیش آمده برای پدافند هوایی در دهه‌های گذشته، خود شاهی بر این مدعاست.

سامانه هوشمند تصمیم‌گیری خبره با بهره‌گیری از تجارب نفرات خبره و با تکیه بر قابلیت‌های فراوان و فوق‌العاده که به صورت اختصار در متن مقاله ذکر گردید، به عنوان یک تکیه‌گاه مؤثر و قوی در این زمینه به کمک فرماندهان کم‌تجربه خواهد شتافت و آن‌ها را در اتخاذ تاکتیک‌های مناسب پدافند هوایی یاری خواهد داد. در صورتی که این فرماندهان بتوانند تجارب خود را در قالب یک سامانه خبره وارد نمایند، در شرایط کنترل هوافضای کشور که لزوم تصمیم‌گیری سریع و برپایه‌ی دانش بالا، بسیار مهم می‌باشد، آسان‌گشته و می‌توان در صورت بروز هر گونه شرایط قطع ارتباط و شرایط بحران در هر گوشه‌ای از کشور، تصمیمات دقیق و بر پایه دانش اتخاذ کرد. به عنوان مثال در صورت رویت هرگونه اشیا پرنده با سرعت‌های متفاوت، انواع مختلف هواپیما، بالگرد، موشک با ارتفاع‌های مختلف، شرایط آمادگی گوناگون، سمت و ارتفاع کشف و نوع مانور هواپیما، می‌بایست حالت‌های متفاوتی از تصمیم‌گیری را اتخاذ کرد که جزو سخت‌ترین و پیچیده‌ترین دانش تجربی در سامانه‌های کنترل فرماندهی هوا فضا می‌باشد. اتخاذ این تصمیمات با وجود یک سامانه خبره که اطلاعات و دانش این فرماندهان، ورودی آن باشد، می‌تواند قابل استفاده‌ی افراد کم‌تجربه نیز باشد. این امر امنیت کنترل هوا فضایی کشور را با درصد بسیار زیادی بالا می‌برد.

جهت ایجاد هرگونه زیرساختی در زمینه سامانه‌های خبره می‌بایست به قسمت‌های عمده تصمیم‌گیری و تصمیم‌ساز که همان سامانه‌های کشف پدافند هوایی و جنگ‌افزای زمین بهوا هستند توجه داشته باشیم.

References:

منابع:

- ۱- آسایی، کی (۱۳۸۴)، سامانه های فازی برای پردازش اطلاعات، ترجمه مهرداد وحدتی، تهران، نشر دانشگاهی.
- ۲- آقابالازاده، علی اصغر/ توکلی، ابوالفضل (۱۳۸۷)، عملیات پدافندی قدرت هوایی، تهران، انتشارات دافوس آجا.
- ۳- آقابالازاده، علی اصغر (۱۳۸۷)، پدافند غیرعامل، تهران، انتشارات دافوس آجا.
- ۴- آذر، عادل/ فرجی، حجت (۱۳۸۰)، علم مدیریت فازی، تهران، نشر اجتماع.
- ۵- تافلر، الوین و هایدی (۱۳۷۵)، جنگ و پاد جنگ، ترجمه مهدی بشارت، تهران، انتشارات اطلاعات.
- ۶- ثاقب تهرانی، مهدی/ تدین، شبنم (۱۳۸۴)، مدیریت فناوری اطلاعات، تهران، مهربان نشر.
- ۷- لاودن، کنث‌سی/ لاودن، جین پریس (۱۳۸۳)، نضامهای اطلاعاتی مدیریت، ترجمه عبدالرضا رضایی نژاد، تهران، خدمات فرهنگی رسا.
- ۸- عسگرزاده، حسن (۱۳۸۶)، هوش مصنوعی، تهران، پیام نور
- 9- John Durkin.(1994) Expert Systems design and development.
- 10- www.Expert systems.blogfa.com
- 11- www.shabakeh-mag.com