

طراحی یک مدل فازی بهینه و مقاوم جهت سنجش درجه تهدید اهداف متحرک

احسان عظیمی راد¹، سهیل اقبالی^{2*}، جواد حدادنیا³ و علی ایزدی پور⁴

¹ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی برق، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، e.azimi@hsu.ac.ir

² دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی رباتیک، دانشگاه اقبال لاهوری، مشهد، soheil.eg@hotmail.com

³ عضو هیات علمی، گروه مهندسی برق، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، haddadnia@hsu.ac.ir

⁴ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی برق، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، a.izadipour@ec.iut.ac.ir

چکیده - ارزیابی تهدید جزء قطعی از یک سیستم تلفیق داده برای حفاظت از اهداف خودی در مقابل اهداف مهاجم به ویژه در کاربردهای نظامی می باشد. درجه تهدید برای هر هدف دشمن بر پایه یکسری پارامترهای نامتجانس که از سنسورهای گوناگونی استخراج می شوند بدست می آید. این مقدار در بهبود آگاهی وضعیتی و تصمیم سازی در سیستم تلفیق داده نقش مؤثری ایفا می کند. تئوری منطق فازی در هوش محاسباتی، یکی از روش های مفید در مدل سازی فرآیندهای غیرخطی فاقد مدل دینامیکی سیستم می باشد. در این مقاله با در نظر گرفتن عدم قطعیت در فرآیند ارزیابی تهدید برای اهداف متحرک از منطق فازی به عنوان یک کاندیدای مناسب برای مدل سازی این مسئله استفاده و مقدار تهدید هر هدف متحرک تعیین می گردد. نتایج به دست آمده از مدل سازی نشان از کارآمدی سیستم طراحی شده دارد.

کلید واژه - ارزیابی تهدید، سیستم مبتنی بر دانش فازی، توابع عضویت، ارزیابی قابلیت، سیستم پشتیبان تصمیم.

1- مقدمه

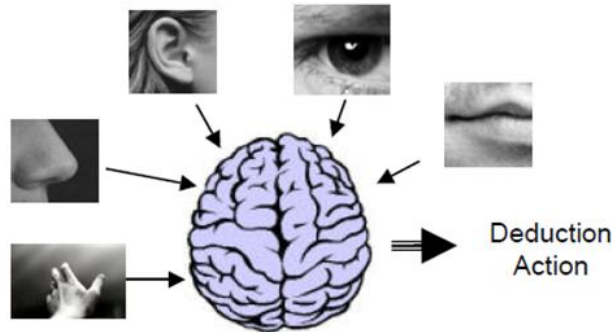
وظیفه اصلی یک سامانه مدیریت نبرد، جمع اطلاعات خروجی حسگرهای یک شناور، آشکارسازی اهداف، تشخیص اهداف و در نهایت تصمیم گیری و مدیریت انواع سلاح های نصب شده روی شناور بطور خودکار می باشد. هدف از قرار دادن چنین سیستمی به حداقل رسیدن نقش انسان در صحنه مدیریت نبرد است که متعاقب آن دقت و اطمینان تصمیم ها بالا رفته، نیاز به نیروی انسانی زنده که دائماً می بایست حضور داشته باشد، به حداقل می رسد. فرآیند کنترل و فرمان که یکی از سامانه های موجود در مدیریت نبرد می باشد فرآیندی است برای برنامه ریزی، هدایت، مختصات بندی، کنترل و پشتیبانی یک عملیات [18].

قلب سیستمهای مدیریت نبرد تلفیق داده می باشد. نرم افزار سیستم مدیریت نبرد که بخش تلفیق داده های چند سنسوری بخشی از آن است، وظیفه دریافت اطلاعات از منابع مختلف اعم از سنسورها و اپراتور، تحلیل روی این داده ها و اتخاذ یک تصمیم یا تهیه یک نقشه را بر عهده دارد. فرآیند تلفیق داده یا اطلاعات فرآیندی است برای تخمین یا پیش بینی حالت های شی از طریق تلفیق توأمان اطلاعات اخذ شده از سنسورهای مختلف. دو انگیزه اصلی برای استفاده از چندین سنسور و تلفیق نتایج حاصل از آنها وجود دارد، کاهش خطا و عدم قطعیت موجود در اندازه گیریها و رسیدن به تخمینی که ممکن است با یک سنسور تنها نتوان به آن دست یافت.

یکی از مسائل مهم در بخش فرماندهی و کنترل شناسایی اهداف و سنجش میزان تهدید آنها نسبت به اهداف خودی می باشد تا از این طریق میزان دوست یا دشمن بودن اهداف مهاجم تعیین و تصمیم لازم برای استفاده از سیستم سلاح اتخاذ گردد. براین اساس طراحی سیستم ارزیابی تهدید اهداف متحرک با استفاده از روش های

مختلف از جمله روش‌های هوشمند مانند منطق فازی، دمپستر شافر و ... جهت کارکرد مناسب‌تر سامانه مدیریت نبرد ضروری به نظر می‌رسد.

شکل زیر مثالی از فرآیند تلفیق داده موجود در عملکرد حواس پنج‌گانه انسان تحت مدیریت مغز به عنوان تلفیق‌کننده اطلاعات حواس پنج‌گانه را نمایش می‌دهد [1].



شکل 1. فرآیند تلفیق داده در مغز انسان

این مقاله به شکل زیر ساماندهی شده است. در بخش اول مقدمه‌ای درباره تلفیق داده در یک سامانه مدیریت نبرد بیان می‌شود. بخش دوم به توضیح ارزیابی تهدید و پارامترهای آن در یک سامانه مدیریت نبرد می‌پردازد. بخش سوم به بیان توضیحاتی درباره سیستم استنتاج فازی خواهد پرداخت. در بخش چهارم مدل فازی ارزیابی تهدید به همراه جزئیات ورودی و خروجی سیستم ارائه می‌شود. فصل پنجم به بیان نتایج شبیه‌سازی می‌پردازد. در پایان نتیجه‌گیری از کار انجام شده به همراه پیشنهادات آتی بیان شده است.

2- ارزیابی تهدید

ارزیابی تهدید را می‌توان یکی از حیاتی‌ترین مراحل بخش تلفیق داده سامانه مدیریت نبرد دانست؛ از این حیث که ارزیابی ناصحیح تهدید می‌تواند به قیمت از دست رفتن برخی امکانات و یا حتی تهدید جانی شود. این امر به گونه‌ای قابل توجه محققین و پژوهشگران قرار گرفت که حجم بسیاری از مقالات و پژوهش‌ها از سال 2001 به بعد به این امر معطوف گشت.

این امر مقارن با بلوغ نسبی روش‌ها و الگوریتم‌های تلفیق داده در سطوح پایین، یعنی ارزیابی موقعیت بود [4,12,16]. مساله ارزیابی تهدید شامل چند گام متوالی است. اول برآورد تهدید که از سه جنبه، میزان تهدید بودن یک هدف را پایش می‌نماید: زمان و فرصت تخریب توسط دشمن؛ و میزان فضا و زمان نزدیکی هدف به موقعیت فرضی از یک دید خاص مثلاً شناور خودی [5,6,7,13]. دوم توانایی تخریب دشمن، و تحلیل تسلیحات آن، سوم نیت هدف و در نهایت طرح درگیری که پس از طی مراحل ذکر شده و جمع‌آوری اطلاعات لازم، طرح درگیری با شناورهای دشمن و اختصاص سلاح به آن‌ها، با اولویت میزان تهدید بودن هر هدف برای شناور خودی مورد بررسی قرار می‌گیرد [8,9,14,17].

از روش‌های مختلف تلفیق داده برای ارزیابی تهدید می‌توان به شبکه‌های عصبی، منطق فازی و شبکه‌های عقیده‌بیزین اشاره نمود. پارامترهای متنوع گوناگونی توسط محققین برای ارزیابی تهدید پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفته است [10,11,15].

میزان اثرگذاری بر مقدار تهدید هر هدف توسط هریک از این پارامترها متفاوت می‌باشد. برخی از این پارامترها برای محاسبه مقدار تهدید مستقل از دیگر پارامترها هستند. جدول زیر تعدادی از این پارامترها مربوط به اهداف هوایی که در مقاله مورد استفاده قرار گرفته است را به همراه توصیف آنها نمایش می‌دهد.

ردیف	صفت	توصیف
1	سرعت (Speed)	تقریبی از سرعت هدف یا نشانه ای از تغییر آن
2	ارتفاع (Altitude)	پای تقریبی از سطح زمین یا نشانه ای از تغییر آن
3	برد (Range)	فاصله ردیاب تا هدف دشمن
4	CPA	نزدیکترین فاصله بین هدف خودی و بردار سرعت هدف دشمن
5	برد سلاح (Weapon Envelope)	میزان فاصله برد سلاح هدف دشمن از هدف خودی
6	پشتیبانی خودی (Own Support)	پشتیبانی از هدف خودی آیا وجود دارد یا خیر؟
7	شرایط جوی (Visibility)	نشان دادن وضعیت آب و هوایی صحنه نبرد
8	مانورها (Manuevers)	نشان دادن وضعیت مانوری یا غیرمانوری هدف دشمن

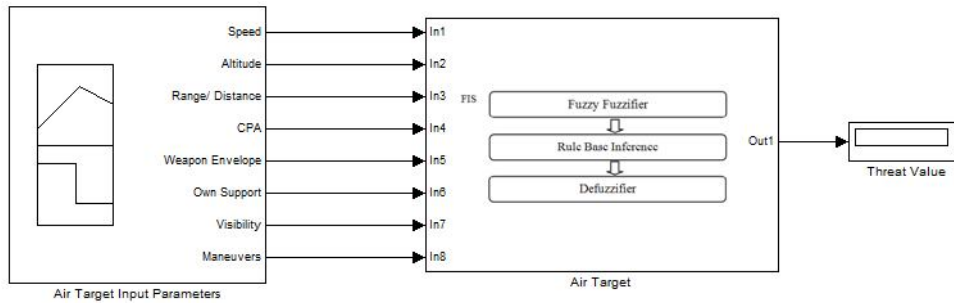
جدول 1. پارامترهای کلی یک هدف هوایی

3- سیستم استنتاج فازی

استنتاج فازی فرآیند فرموله کردن نقشه راه از یک ورودی به یک خروجی با استفاده از منطق فازی است. این نقشه راه منجر به تولید تصمیمات لازم یا تعیین الگوهایی برای ادامه مسیر فرآیند می‌شود. فرآیند استنتاج فازی حاوی بخش‌های مختلف یک سیستم فازی شامل فازی‌سازی از طریق تعریف توابع عضویت مناسب، تعریف مکانیزم استنتاج فازی از طریق تعریف عملیات منطقی، تدوین قوانین اگر-آنگاه مناسب و درنهایت غیرفازی‌سازی می‌شود. دو نوع سیستم استنتاج فازی پیاده‌سازی شده وجود دارد که تفاوت آنها در خروجی بدست آمده از هر کدام است. این دو سیستم عبارتند از: نوع ممدانی و نوع سوگنو. سیستم استنتاج ممدانی منجر به تولید خروجی فازی و سیستم استنتاج سوگنو منجر به تولید خروجی Crisp می‌شود. روش استنتاج فازی ممدانی متداول‌ترین روش استفاده شده در متدولوژی فازی است. روش ممدانی در سال 1975 توسط آقای ابراهیم ممدانی به منظور کنترل یک سیستم موتور بخار و بویلر به همراه ساخت یک مجموعه از قوانین کنترل زبانی که از تجربه اپراتورهای انسانی بدست آمده بود پیشنهاد و ابداع گردید. تلاش آقای ممدانی مبتنی بر مقاله آقای لطفی زاده در سال 1973 با عنوان الگوریتم‌های فازی برای سیستم‌های پیچیده و فرآیندهای تصمیم‌سازی بود. استنتاج ممدانی دارای خروجی از جنس مجموعه‌های فازی مبتنی بر توابع عضویت ورودی است. بعد از فرآیند تجمع اطلاعات ورودی‌ها، یک مجموعه فازی برای هر متغیر خروجی وجود دارد که در نهایت نیازمند غیرفازی‌سازی برای دستیابی به خروجی اصلی سیستم است. سیستم‌های نوع سوگنو می‌توانند برای مدل‌سازی هر سیستم استنتاجی که توابع عضویت خروجی آنها ثابت یا خطی است به کار روند. در این مقاله برای مدل‌سازی ارزیابی تهدید اهداف متحرک از سیستم استنتاج فازی نوع اول یعنی سیستم فازی ممدانی استفاده شده است [11].

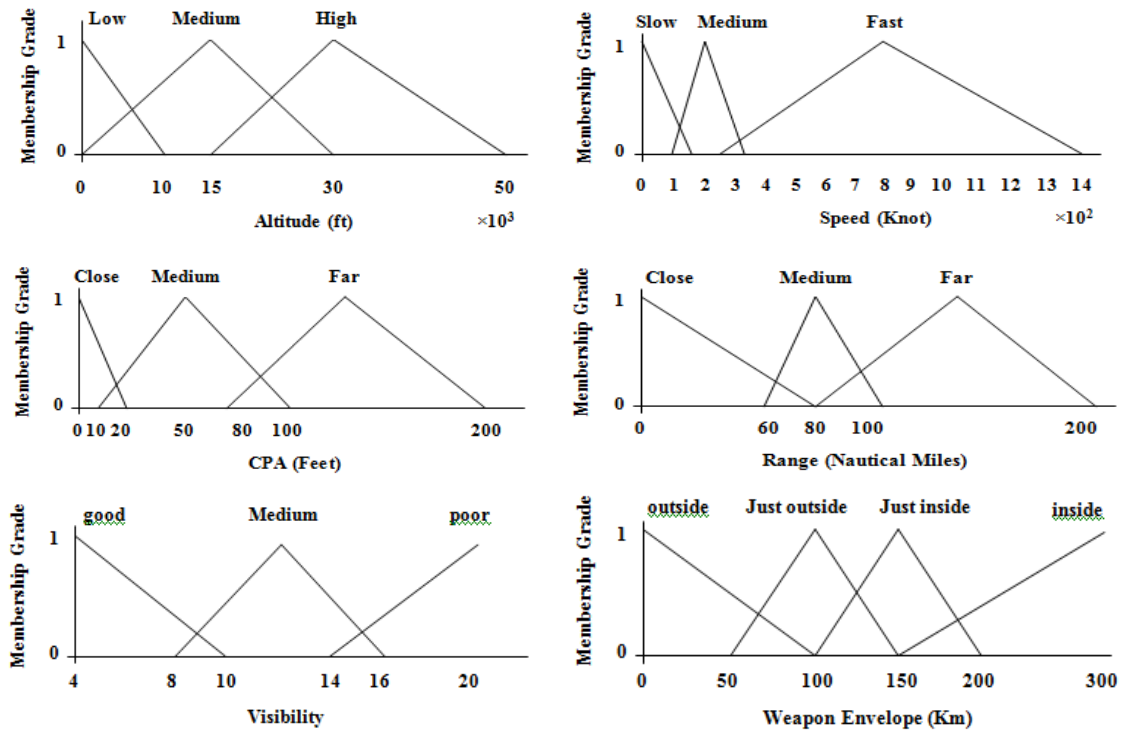
4- مدل‌سازی فازی ارزیابی تهدید

با استفاده از منطق فازی مقدار واقعی تهدید بدست نمی‌آید زیرا به علت گم شدن برخی از داده‌ها، اطلاعات نادقیق و مبهم است. اولین گام در مدل‌سازی فازی فرآیندهای تعیین و انتخاب متغیرهای عملکرد می‌باشد. در اینجا متغیرهای ورودی و خروجی سیستم فازی مربوط به اطلاعات رفتار هدف به ترتیب شامل سرعت، ارتفاع، برد، CPA، برد سلاح، پشتیبانی خودی، شرایط جوی و مانورها به عنوان متغیر ورودی و مقدار تهدید به عنوان متغیر خروجی انتخاب می‌شوند. اطلاعات هدف از سنسورها مانند رادار بدست آمده و سپس به عنوان مجموعه‌های فازی پردازش می‌شود. متغیرهای ورودی به عنوان ورودی مدل فازی و مقدار تهدید به عنوان خروجی مدل فازی در نظر گرفته می‌شوند. شکل زیر مدل فازی ارزیابی تهدید را نشان می‌دهد [11].

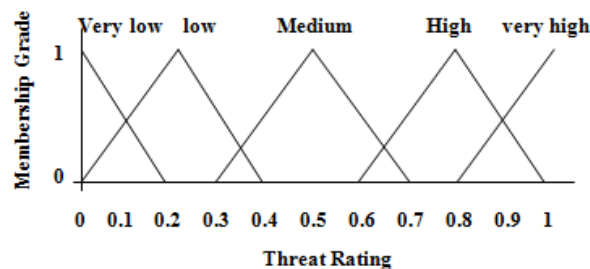


شکل 2. مدل فازی ارزیابی تهدید اهداف متحرک

گام دوم مدل‌سازی فازی تعیین سطح متغیرها یعنی فازی سازی متغیرهای ورودی و خروجی سیستم از طریق تعریف مجموعه‌های فازی مناسب می‌باشد. در این مرحله لازم است تا برای هر پارامتر ورودی و خروجی توابع عضویت مناسب تعریف گردد. شکل زیر توابع عضویت ورودی‌ها و خروجی مدل فازی سیستم را نشان می‌دهد [11].



شکل 3. توابع عضویت برای متغیرهای ورودی مدل فازی



شکل 4. توابع عضویت برای متغیر خروجی نرخ تهدید

گام بعدی مدل‌سازی فازی بعد از تعریف توابع عضویت مناسب برای فازی سازی متغیرهای ورودی و خروجی مدل فازی، تشکیل ارتباط فازی بین ورودی‌ها و خروجی است. این کار با تعریف قوانین مناسب انجام می‌شود. قوانین استنتاج فازی با استفاده از برخی از داده‌های موجود استاندارد و نظرات افراد خبره و برپایه ارتباط بین متغیرهای ورودی و متغیر خروجی سیستم مبتنی بر بیان اگر-آنگاه تعیین می‌شود. برخی از قوانین آزمایشی تشکیل شده و نتایج برای تأیید عملکرد براساس سناریوی واقعی ارزیابی می‌شوند. ورودی‌های مدل فازی مقدار تهدید خروجی را از طریق قوانین طراحی شده که در این مقاله 163 قانون است مبتنی بر شکل زیر تغییر می‌دهند. گام آخر مدل‌سازی فازی تعیین مقدار تهدید به دست آمده به عنوان خروجی فازی و تبدیل آن به مقدار تهدید Crisp می‌باشد. این عمل با استفاده از تکنیک‌های غیرفازی سازی انجام می‌شود. با توجه به وجود چندین روش برای غیرفازی سازی، در این مقاله از روش غیرفازی ساز مرکز ثقل که یکی از پرکاربردترین روش‌های غیرفازی ساز در سیستم‌های منطق فازی است برای محاسبه مقدار خروجی Crisp سیستم استفاده شده است.

5- شبیه سازی و نتایج

با توجه به تعریف مدل فازی سیستم ارزیابی تهدید و مشخص نمودن توابع عضویت متغیرهای سیستم و همچنین قوانین استنتاج فازی مناسب، در این مرحله وضعیت قوانین فازی و خروجی مدل فازی ارائه شده را با استفاده از مدل فازی ممدانی مورد بررسی قرار می‌دهیم. متغیرهای ورودی سیستم فازی شامل سرعت، ارتفاع، برد، CPA، برد سلاح، پشتیبانی خودی، شرایط جوی و مانورها از یک سیستم رادار متصل به واحد کنترل و فرمان سامانه مدیریت نبرد به دست می‌آید. سیستم استنتاج فازی میزان تهدید هدف دشمن را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. شبیه سازی این مدل فازی برای چندین مجموعه از ورودی‌ها از اهداف گوناگون با تعریف سناریوهای مختلف در صحنه نبرد انجام شد. به عنوان مثال برای اطلاعات ورودی جدول زیر مقادیر تهدید هدف بدست می‌آید. این مقدار تهدید با تغییر لحظه به لحظه پارامترها تغییر می‌کند. مقدار تهدید بالاتر نشان دهنده خطرناک تر بودن هدف است. میزان نرخ تهدید به مدیریت بهتر و به موقع انواع سلاح در سامانه مدیریت نبرد منجر شده و در نهایت به حفاظت مناسب تر از هدف خودی در مقابل هدف دشمن کمک می‌کند.

Target	speed	altitude	distance	cpa	weapon	visibility	ownsupport	manuvers	threat value
Jet ۱	۸۰۰	۵۰۰۰	۴۰	۱۰	۲۵۰	۶	۱	۰	۰.۸۲۱۹
Jet ۲	۸۰۰	۵۰۰۰	۴۰	۱۰	۲۵۰	۶	۰	۱	۰.۹۲۴۹
Bombers ۱	۵۰۰	۱۲۰۰۰	۷۰	۴۰	۱۶۰	۶	۱	۰	۰.۳۵۱۶
Bombers ۲	۵۰۰	۱۲۰۰۰	۷۰	۴۰	۱۶۰	۱۲	۰	۰	۰.۲۵۱۲
Bombers ۳	۵۰۰	۱۲۰۰۰	۷۰	۴۰	۱۶۰	۶	۰	۰	۰.۶۵۰۲

جدول 2. سناریوهای مختلف صحنه نبرد و میزان تهدید اهداف هوایی

6- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

منطق فازی مبتنی بر سیستم تصمیم گیری چند هدفی یک ابزار عالی برای استقرار یک سیستم پشتیبانی تصمیم می‌باشد. این ابزار، کار تصمیم گیر انسانی را برای یک معامله بزرگ سهولت می‌بخشد. هر هدف در زمان‌های مختلف مقدار تهدید مختلفی دارد. در این مقاله نرخ تهدید اهداف به طور مؤثری با استفاده از سیستم استنتاج فازی که نتیجه مناسبی می‌دهد بین 0 و 1 تخمین زده می‌شود.

هشت پارامتر مهم شامل سرعت، ارتفاع، برد، CPA، برد سلاح، پشتیبانی خودی، شرایط جوی و مانورها به عنوان متغیرهای ورودی سیستم استنتاج فازی جهت ارزیابی تهدید هدف معرفی شدند. استفاده از این تعداد پارامترها در

بهبود دقت ارزیابی مقدار تهدید اهداف متحرک در این مقاله مفید واقع شده است. کار آینده می تواند دربرگیرنده معرفی تعداد بیشتری از پارامترهای هدف و تأیید نتایج براساس استفاده از داده واقعی به دست آمده از سنسورهای گوناگون و رادارهای مختلف باشد.

مراجع

- [1] J. Esteban, A. Starr, R. Willetts, P. Hannah, P. Bryanston, "A Review of Data Fusion Models and Architectures: *Towards Engineering Guidelines*," p50c 10, 2004.
- [2] S.J. Yang, J. Holsopple, M. Sudit, "Evaluating Threat Assessment for Multi-Stage Cyber Attacks," *In Proceedings of the Military Communications Conference*, Washington, 2006.
- [3] R. Chinchani, A. Iyer, H.Q. Ngo, S. Upadhyaya, "Towards a theory of insider threat assessment," *In Proceedings of the International Conference on Dependable Systems and Networks*, 2005.
- [4] A. Erhard, S. McGalliard, "Advances in Military Multi-Sensor Data Fusion Technology and Applications for Civilian Use", *Eleventh Annual Freshman Conference*, 2011.
- [5] J. Llinas, C. Bowman, G. Rogova, A. Steinberg, E. Waltz, F. White, "Revisiting the JDL Data Fusion Model II," *Decision Fusion, IEEE Computer Society Press*, 1994.
- [6] Y. Liang, "An Approximate Reasoning Model for Situation and Threat Assessment," *In Proceedings of the 4th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2007.
- [7] R. Chinchani, A. Iyer, H.Q. Ngo, S. Upadhyaya, "Towards a theory of insider threat assessment," *In Proceedings of the International Conference on Dependable Systems and Networks*, 2005.
- [8] R. P. Narayana, K. K. Sudesh, G. Girija, "Situation Assessment in Aircombat: A Fuzzy-Bayesian Hybrid Approach," *Proceedings of the International Conference on Aerospace Science and Technology*, India, 2008.
- [9] J. Roy, S. Paradis, M. Allouche, "Threat evaluation for impact assessment in situation analysis systems," *In Proceedings of SPIE: Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition XI*, Vol 4729, pp. 329-341, 2002.
- [10] M. Liebhaber, B. Feher, "Air threat assessment: Research, model, and display guidelines," *In Proceedings of the Command and Control Research and Technology Symposium*, 2002.
- [11] S. Kumar, A. M. Dixit, "Threat Evaluation Modelling for Dynamic Targets Using Fuzzy Logic Approach," *International Conference on Computer Science and Engineering*, 2012.
- [12] G. McIntyre, K. Hintz, "A Comprehensive Approach to Sensor Management, Part I: A Survey of Modern Sensor Management Systems," *IEEE Transactions on SMC*, 1999.
- [13] S.K. Kashyap, J.R. Raol, "Fuzzy Logic Applications in Filtering and Fusion for Target Tracking," *Defence Science Journal*, Vol 58, No. 1, pp. 120-135, 2008.
- [14] A. N. Steinberg, "Threat Assessment Technology Development," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, USA, 2005.
- [15] Y. Liang, "A fuzzy knowledge based system in situation and threat assessment," *Journal of Systems Science & Information*, Vol 4, pp. 791-802, 2006.
- [16] F. Bolderheij, *Mission Driven*, PHD Thesis, Netherlands Defence Academy and the Centre for Automation of Mission Critical Systems (CAMS), 2007.
- [17] C. Lollett, *Belief Based Reinforcement Learning For Data Fusion*, PHD Thesis, 2009.

[18] سید علیرضا سیدین، "سیستم مدیریت نبرد"، گزارش پروژه تحقیقاتی تلفیق داده، دانشگاه فردوسی مشهد، بهمن 1390.