مدیریت نظامی
شماره ۳۵، پاییز ۱۳۸۸
ص ص ۶۳- ۹۴

انتخاب فناوری تجهیزات نظامی

(از روش AHP فازی و آنالیز توسعه Change)

محمد هادی حاذقی[۱] Mohammad-Hadi Hazeghi

چکیده

داوری دربارهٔ موضوع‌های فنی و فناورانه دارای پیچیدگی و ابعاد گوناگونی است. این تنوع شامل پارامترها و معیارهای کمی و کیفی همزمان است و به ویژه در موارد ذهنی و غیرگسسته دستیابی به قضاوت‌های بدون ابهام و قطعی با مشکلاتی روبه‌رو است.

از این نظر، منطق فازی و حساب فاصله در این موضوع‌ها به کار گرفته می‌شود تا هر چه بیشتر انعکاس دهندهٔ نظریات کارشناسان و صاحب‌نظران فنی باشد و محدودیت‌های موجود در ابراز نظریات ایشان را در این‌گونه مسائل برطرف کند.

در این مقاله سعی شده با به کارگیری روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی، یکی از مسائل ضروری تصمیم‌سازی در زمینهٔ نظامی، با عنوان انتخاب فناوری راداری با مأموریت هشدار اولیه پدافند هوایی حل شود و با کمک گرفتن از منطق فازی و اعداد فازی مثلثی، قضاوت‌های کارشناسانه در مورد انتخاب نوع فناوری در رادارهای مورد

۱- [illegible]

استفاده در مأموریت پدافند هوایی را صورت دهد و مزایای استفاده از این رویکرد را در یک سازمان نظامی مشخص سازد.

در این روش با استفاده از کارهای نمونه‌ای که سایر پژوهشگران در مسائل مشابه انجام داده‌اند، فعالیتی در جهت توسعه و گسترش این کاربرد در نمونه‌ای دیگر از مسائل انتخاب فناوری و تعیین اولویت و ارجحیت نظامی صورت گرفته است که عبارت است از:

کاربرد عدد فازی مثلثی برای دستیابی به انعطاف و دقت بیشتر در داوری‌های کارشناسانه به ویژه در گزینه‌هایی که دارای معیارهای کیفی یا ذهنی با پیچیدگی بیشتری هستند.

واژگان کلیدی: تصمیم‌سازی سلسله مراتبی فازی، اعداد فازی، کاربردهای نظامی، حساب فاصله (بازه)، برش آلفا.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Selection of Military Weapon Technology (AHP Fuzzy and Change Development Analysis Method)

Mohammad Hadi -Hazeghi[1]

Abstract

Judgment on technical and technological issues is of complex and multiple dimensions including simultaneous qualitative and quantitative parameters and criteria. Especially, making absolute and unambiguous judgment on abstract and continuous issues is rather problematic. To this end fuzzy logic and distance math are applied so that they can much more increasingly reflect the ideas of the technical experts and authorities and can remove any restrictions looming ahead of expressing opinions on these issues. This paper, while relying on hierarchical decision making approach, is an attempt to solve one of the problems ahead of military decision making; selection of radar technology missioned to provide preliminary air defense alert and through applying fuzzy logic and triangular fuzzy figures to make expert judgments on the radar technology selection for air defense missions and point out the advantages of such an approach in a military organization.

Generalizing from the sample research studies in similar fields, attempt is made to develop and extend this application in other areas of technology selection and prioritizing in military fields, including application of fuzzy logic in order to access to flexibility and precision in judgments. Especially as to the choices with further qualitative and quantitative complexities.

Key words: Fuzzy Hierarchical Decision-Making, Fuzzy Figures, Military Applications, Distance Math, Alpha Strip

مقدمه

توجه به عرصهٔ هوایی در طول جنگ‌ها و دوران‌های مختلف راهبرد نظامی، پیوسته مورد نظر فرماندهان نظامی بوده است. این توجه و ملاحظه هم از بُعد آفندی و حملات تهاجمی اهمیت دارد و هم در ابعاد پدافندی و دفاعی، مسائل گوناگونی را شامل می‌شود. از این رو، با ورود تهدیدهای نوین هوایی نظیر موشک‌های کروز که با سرعت‌های زیاد و در ارتفاع پست حرکت می‌کند، موشک‌های بالستیک بلند پرواز و هواپیماهای جنگی رادار گریز و هواپیماهای بدون سرنشین، ضرورت تأمین، ساخت و به کارگیری تجهیزات کشف و ردگیری و از طرفی، هدایت و کنترل اهداف مزبور دو چندان گردیده است.

در این راستا در بُعد آفندی، استفاده از تجهیزاتی که بتواند کشور هدف را در مقابل عوامل تهاجمی و حملهٔ تخریب کننده در غفلت و عدم آمادگی قرار دهد، دارای اهمیت است و در بعد دفاع و پدافند، آشکارسازی و هشدار اولیه و ایجاد آمادگی پیش از نزدیک شدن اهداف دشمن، از ملاحظات اساسی به شمار می‌رود.

در این رابطه تجهیزات الکترونیکی کشف، هشدار و تعقیب کننده در کسب اطلاعات مورد نیاز از هدف نقش به سزایی دارد و انتخاب نوع تجهیزاتی که تناسب و کارایی لازم را در مقابله با تهدیدات داشته باشد، از مسائل عمده طرفین درگیر است.

با پیشرفت فناوری در عرصه‌های مختلف به تدریج تاکتیک‌ها و تکنیک‌های نظامی نیز دچار تغییر و تحول قابل ملاحظه‌ای در راستای ایجاد اثر بخشی و کارایی بیشتر در میدان نبرد می‌گردند.

در اینجاست که اتخاذ راهبرد مناسب در مقابل نیات و عملکرد طرف مقابل بسیار تعیین کننده و راهگشا است. راهبردهای مقابله همیشه همطراز و متوازن تعریف و مقرر نمی‌گردند، بلکه با بررسی‌های عمدهٔ محیطی و راهبردی، تناسب و اثر بخشی راهکارها

با توجه به امکانات عملکردی تحلیل می‌گردد و چه بسا که در غیر روش‌ها و سطوح تعریف شدهٔ طرف مقابل، وارد عمل شود. بنابراین لزوماً راهبرد مقابله، توازن و همطرازی و تعادل تکنیکی و تاکتیکی را نمی‌طلبد، بلکه در شرایط ویژه، راهبردهای ناهمگون ممکن است دارای اثربخشی افزون‌تری نیز باشند.

در این مقاله، در زمینهٔ انتخاب نوع فناوری راداری در عرصهٔ پدافند و دفاع هوایی در مقابل تهدیدات موشکی، هواپیمای جنگی و هواپیمای بدون سرنشین ناهمگون بحث می‌شود و در جهت انتخاب نوع فناوری با استفاده از تکنیک‌های تصمیم سازی سلسلهٔ مراتبی فازی و به کارگیری عدد مثلثی فازی و تعیین برش آلفا و حساب بازه‌ها تلاش می‌گردد دقت و انعطاف‌پذیری لازم برای کسب نظریات کارشناسی تأمین شود تا رضایت‌مندی تصمیم‌گیران را حاصل نماید.

بیان مسئله و ضرورت تحقیق

سایت‌های قدیمی و تجهیزات سنتی آشکارسازی و هشدار اولیهٔ اهداف هوایی، از نظرات و دیدگاه‌های مختلف، نقاط ضعف‌هایی دارند که در زیر به برخی از موارد عمدهٔ آن اشاره می‌شود:

- کارایی و اثربخشی لازم مورد انتظار را در برابر تهدیدهای نوین در حد مطلوب ندارند؛
- مشخصات فنی تجهیزات سنتی با اهداف مورد نظر سازگار نیست؛
- دارای حجم بالا هستند و فضای نسبتاً زیادی را اشغال می‌نمایند؛
- به نیروی انسانی و کاربران متعدد و پرتعداد نیازمند است؛
- آموزش‌های پیچیده و بلند مدتی را می‌طلبد؛
- تغییر مکان و جابجایی آنها بسیار مشکل و یا با زمان و هزینه زیاد صورت می‌گیرد؛

- مختصات جغرافیایی آنها به علت استقرار ثابت و بلند مدت در یک مکان، کاملاً مشخص و قابل دستیابی است؛
- وابستگی‌ها در زمینهٔ نگهداری و تعمیرات آنها به کشورهای تولید کننده زیاد است.

از این رو، ضرورت و اهمیت بررسی تغییر و تحول در نوع فناوری و کاربرد تجهیزات راداری که بتواند دارای ویژگی‌های لازم در تعریف مأموریت هشداردهندگی در پدافند هوایی باشد، بسیار زیاد است.

در این راستا سه نوع فناوری که در اینجا به اختصار A,B,C نامیده می‌شود، بررسی و گزینهٔ بهینه انتخاب می‌گردد.

اهداف تحقیق

تجهیزات معمولی موجود، با توجه به عملکرد آنها بر اساس فناوری‌های نسبتاً قدیمی نقطه ضعف‌هایی دارند که منجر به انتخاب نوع تجهیزات و فناوری‌های متناسب دیگری می‌گردد که با توجه به بررسی معیارهای مختلف مؤثر در تصمیم‌سازی، بتواند انتخاب بهینه را در اختیار قرار دهد و تصمیم‌گیران را در اتخاذ بهترین تصمیم یاری کند.

هدف از این بررسی، انتخاب بهترین فناوری راداری است که بتواند حداکثر اثربخشی و کارایی را با توجه به معیارهای موجود در سازمان به کارگیرنده، در برابر تهدیدهای نوین داشته باشد.

سؤال

کدامیک از فناوری‌های معرفی شده، در انتخاب نوع رادار هشدار اولیه پدافند هوایی با توجه به معیارهای مورد نظر سازمان تصمیم گیرنده بهترین کارایی و اثر بخشی را خواهد داشت؟

فرضیه‌ها

- رادارهای کلاس A با توجه به معیارهای مورد نظر سازمان می‌توانند هنوز بهترین کارایی را در مقابل تهدیدات نوین داشته باشند.
- رادارهای کلاس B با توجه به معیارهای مورد نظر سازمان می‌توانند بهترین کارایی را در مقابل تهدیدات نوین داشته باشند.
- رادارهای کلاس C با توجه به معیارهای مورد نظر سازمان می‌توانند بهترین کارایی را در مقابل تهدیدات نوین داشته باشند.

روش تحقیق

با توجه به امکانات موجود و شرایط ویژهٔ در پیش رو، اطلاعات هر یک از فناوری‌های مورد بررسی جمع آوری گردیده که شامل اطلاعات کمی و کیفی هر یک است.

بر اساس معیارهای مدنظر سازمان‌های به کارگیرنده و مقایسه با معیارهای ذکر شده در نظریات علمی در زمینهٔ انتخاب فناوری، نظام سلسله مراتبی تصمیم‌سازی ترتیب داده می‌شود و ترسیم می‌گردد.

با توجه به ویژگی‌های خاص موضوع و دقت و شرایطی که در سازمان، مورد انتظار است و معیارهای مورد نظر در انتخاب فناوری، با استفاده از روش AHP فازی و اعداد فازی مثلثی و با کمک گرفتن از حساب فاصله و تعیین برش α قضاوت‌های کارشناسان در سطح معیارها و زیر معیارهای نظام سلسله مراتبی جمع آوری می‌شود. با استفاده از AHP فازی به روش آنالیز توسعه Change نتایج قضاوت‌ها تشریح می‌گردد و بهترین انتخاب راداری را که فناوری مورد نظر را دارد، تعیین می‌نماییم.

مبانی نظری پژوهش

فناوری در طول تاریخ همواره یکی از ارکان اساسی جنگ بوده است و توانسته مزیت‌های فراوانی را از لحاظ سخت‌افزار و نرم‌افزار در عرصه‌ی انسانی ارائه نماید. البته

نرخ رشد و توسعهٔ فناوری، انتظارها را برآورده نساخته است. به همین دلیل رشد سامانه‌های تسلیحاتی جدیدی که بتواند پیشرفت‌های انقلابی در مفاهیم عملیاتی را موجب شود، سرعت کمتری داشته است. امروزه گام‌های شتابان توسعهٔ فناوری، پیشرفت‌های متوالی و کوتاه مدت در مفاهیم عملیاتی را به دنبال دارد. از سوی دیگر، فضای سیاسی حاکم بر جهان نیاز به یک نیروی نظامی با قابلیت مقاومت در درگیری‌های منطقه‌ای برای تثبیت، بازسازی و حفظ صلح را افزایش داده است. این امر به نوبهٔ خود نیازمند انعطاف‌پذیری و استفاده از سامانه‌های سازگار با مفاهیم عملیاتی جدید است.

انتخاب فناوری فرآیندی است که طبیعت متغیر رقابت‌های نظامی را شکل داده و به ترکیب نوینی از مفاهیم، توانمندی‌ها، نیروها و سازماندهی منجر شده است که می‌تواند از مزیت‌های ملی استفاده کرده، کشور را در مقابل آسیب‌های جنگ ناهمگون محافظت کند.

فرآیند انتخاب و دگرگون‌سازی فناوری یا سامانه‌های رزمی، مفاهیم جدیدی چون جنگ شبکه‌محور، عملیات مبتنی بر نیروی خود اتکا و یا ساختار سازمانی جدیدی را در پی خواهد داشت که هدف اصلی آن توسعهٔ توان نیروهای رزمی است که از توانمندی‌های، اتخاذ تصمیم‌گیری‌های سریع و اعمال تأثیر در میدان نبرد برخوردار باشند.

درک و پیش‌بینی محیط نبرد

ایجاد توان شبکه‌سازی، هدف‌گیری، مراقبت و به‌کارگیری نیروها و نیز پیش‌بینی نحوهٔ انتشار عوامل تهاجمی و دفاعی در میدان نبرد به کسب دانش پیرامون محیط‌های عملیاتی دریا، هوا و فضا وابسته است.

رخدادهای زیست محیطی و حوادث دست‌ساز بشر در این حوزه نیز باید در نظر گرفته شوند. حسگرها و ابزارهای پیش بینی دیگری نیز برای کسب آگاهی مداوم از شرایط جوی و زیست محیطی باید وجود داشته باشد.

در حال حاضر تمرکز فعالیت‌ها بر تولید حسگرها و آشکارسازهای کوچک‌تر، گسیل‌کننده‌های پرقدرت، افزایش سرعت پردازش و به‌کارگیری باندهای عریض‌تر قرار دارد. چشم انداز کنونی دگرگون‌سازی سه موضوع پاسخ سریع، تحرک‌پذیری و بقا را در کانون توجه قرار داده است. نیاز به خودروهای سبک‌تر، قابلیت حمل و نقل آسان‌تر، نیروی چالاک و استفاده از مواد سبک‌تر، محکم‌تر. مقاوم‌تر از معیارهای طرح‌ریزی و انتخاب فناوری‌ها به شمار می‌رود.

نیروهای رزمی مجبور خواهند بود در آینده وسایل الکترونیکی بیشتری را با خود حمل کنند. به همین دلیل ممکن است در عملیات نظامی آینده، مشکلات پشتیبانی و آمادی تأمین سوخت و باتری برای نیروهای پرحجم و پراکنده به عنوان عاملی محدود کننده ظاهر شود. با این توصیف، لازم است به سوی منابع انرژی چگال و توسعه وسایل جدیدی با مصرف انرژی کمتر حرکت کرد.

هواپیماهای تهاجمی و موشک‌های کروز هوا سوخت، برای بردهای طولانی (حدود چند صد مایل) طراحی شده‌اند و انرژی خود را از موتورهای توربینی به دست می‌آورند و سرعت موشک‌های آینده بیش از شش ماخ افزایش می‌یابد[1].

دگرگونی در مناسبات نظامی، آمیختگی و امتزاج فناوری، مفاهیم عملیاتی و روش‌های سازماندهی را به دنبال دارد و نیروی انسانی نیز برای پیوند دادن این سه به یکدیگر، نیازمند مهارت لازم است. توانمندی‌های فناورانه نیز فرصت‌های تازه‌ای را برای بهبود روش‌های آموزشی عملکرد انسانی به ارمغان می‌آورد.

---

۱. مجله دفاعی شماره ۳۵ سال ۱۰ ص ۴۶

تصمیم سازی چند معیاره

ارزیابی کیفیت و طراحی بهینهٔ فناوری در یک سامانهٔ پیچیدهٔ نظامی یک مسألهٔ تصمیم‌سازی چند معیاره است. برنامه‌ریزی چند معیارهٔ سنتی به اندازه کافی انعطاف ندارد. از این رو، یک سیستم ارزیابی که از نظر داده‌های تجربی و جنبه‌های ذهنی انسانی محدودیت‌هایی دارد، نمی‌تواند ملزومات کیفی (نظیر امنیت، اطمینان و قدرت مانور)، تجارب انسانی و پیشرفت‌های فناوری در فرآیند طراحی و ساخت سیستم سلاح را تطبیق دهد.

در طی دههٔ اخیر، AHP به عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای حل عملی و مرتب کردن عددی مسائل مختلف در زمینه‌های مورد نیاز و علاقه بوده است. AHP ساتی[1]، یک فرآیند متقارن است که عناصر مسأله را به طور سلسله مراتبی نشان می‌دهد و شامل روند و اصولی است که در ترکیب داوری‌های متنوع به کار می‌رود تا اولویت‌های معیارها را برای یک انتخاب گزینه به دست دهد.

به هر حال این روش با مقیاس‌های نامتعادل، برای تعیین و تشخیص سر و کار دارد. برای ماتریس‌های ساتی با عناصر دو طرفه، نصف اطلاعاتی که روی قطر نیستند، دارای تغییرات از ۲ تا ۹ هستند و نصف آنها از ۱/۲ تا ۱/۹ است که نسبت به فاصلهٔ (۲ تا ۹) کمتر قابل مقایسه است. در نیمی از جواب‌ها، اختلاف بین اول و آخر پاسخ‌ها ۰/۴ است و در نیمی ۷ =۲-۹؛ بنابراین استفاده از اعداد گسسته از ۱ تا ۹ دارای مزیت سادگی بیشتر است و نااطمینانی که از یک عدد در ذهن پاسخ دهنده است، در محاسبات وارد نمی‌شود؛ بنابراین خلاصه ویژگی‌های AHP در جملات زیر توصیف می‌شود:

- AHP عمدتاً برای حل مسائل پیچیده و تو در تو به کار می رود؛
- طبقه‌بندی AHP تقریباً دقیق نیست؛

---

1 -saaty

- قضاوت‌های ذهنی در انتخاب و ارجحیت تصمیم‌سازی AHP، اعتبار زیادی در نتایج دارد؛ از این رو، اگر قضاوت‌های ذهنی افراد دارای خطایی باشد، تصمیم احتمالاً دارای نتایج خطا است.

برای تفوق بر این مسائل ما از اعداد فازی از ۱ تا ۹ استفاده می‌کنیم تا شدت نسبی عناصر در سلسله مراتب و ساخت بردار قضاوت فازی (ماتریس) را از راه مقایسه امتیاز کیفیت نشان دهیم.

با ضرب بردار وزنی فازی W با هر عنصر فازی ماتریس قضاوت X (لیست مرتب‌شدهٔ بردارهای قضاوت فازی x برای هر معیار C) ما می‌توانیم ماتریس کل قضاوت‌های فازی A را به دست آوریم. با این روش یک مسأله تصمیم‌گیری فازی حل می‌شود و یک انتخاب فناوری برای سیستم نظامی صورت می‌گیرد. برای تجسم این روش و مقایسه با روش‌های دیگر یک مثال ارائه می‌شود.

تعیین ماتریس‌های مقایسه زوجی

دریافت اطلاعات و قضاوت‌های کارشناسان با توجه به معیارهای مختلفی که در جدول ترسیم سلسله مراتبی آمده است و همچنین تعیین وزن‌های نسبی به چند روش ممکن است:

- روش حداقل مربعات؛
- روش حداقل مربعات لگاریتمی؛
- روش بردار ویژه؛
- روش تقریبی.

از آنجایی که روش‌های فوق، محاسبات سنگینی دارد، برخی روش‌های تقریبی پیشنهاد شده است که دقت کمتری داشته، اما قابل قبول هستند و محاسبات کمتر و

ساده‌تری دارند. این روش‌ها عمدتاً تقریبی از روش بردار ویژه هستند که با دقت‌های مختلف محاسبات را تسهیل می‌نمایند. مهمترین روش‌ها عبارتند از:

میانگین حسابی

در این روش ابتدا هر ستون نرمالیزه شده، سپس میانگین سطری عناصر محاسبه می‌شوند تا بردار وزن به دست آید.

میانگین هندسی

در این روش میانگین هندسی عناصر هر سطر محاسبه شده، سپس بردار حاصل نرمالیزه می‌شود تا بردار وزن به دست آید.

بنابراین با یکی از روش‌های مذکور، وزن‌های نسبی در هر سطح برای اجزای مختلف آن سطح و با در نظر گرفتن المان‌های سطح بالاتر محاسبه می‌گردد. سپس وزن نهایی هر گزینه با تلفیق وزن‌های نسبی به دست می‌آید و اولویت‌بندی گزینه‌ها با توجه به وزن نهایی آنها انجام می‌گیرد.

عملگرهای مجموعهٔ فازی

در نظریهٔ مجموعه‌های فازی، ابتدایی‌ترین تعریف از عملگرهای اصلی اشتراک، اجتماع و متمم برای هر عضو متعلق به X به صورت زیر است:

$$\mu_{A\cap B}(X) = \mu_A(X) \wedge \mu_B(X)$$
$$\mu_{A\cup B}(X) = \mu_A(X) \vee \mu_B(X)$$
$$\mu_A(X) = 1 - \mu_B(X)$$

که در آن علائم ^ بیانگر مینیموم و V بیانگر ماکزیموم است

α برش:

مجموعه مرجع x و زیر مجموعه فازی A و زیرمجموعه فازی از آن را در نظر بگیرید مجموعه عناصری از x را که درجه عضویت آنها در مجموعه فازی A حداقل به بزرگی α باشد، α برش A گوئیم

$$A_\alpha = \{x \in X \perp \mu_A(x) > \alpha\}$$

عملکرد ریاضی بر بازه‌ها و اعداد فازی

از آنجا که ریاضیات اعداد فازی مبتنی بر ریاضیات بازه‌ها است، در زیر تعدادی از عملگرهای اصلی بر اعداد A,B که به صورت بازه بیان شده‌اند ارائه می‌گردد.

A=[a1,a3] ,B=[b1,b3]

جمع: [a1,a3]+[b1,b3]=[a1+b1,a3+b3]

تفریق: [a1,3]-[b1,b3]= [a1-b3,a3-b1]

ضرب:

[a1,a3].[b1,b3]= [a1.b1 Λ a1.b3 Λ a3.b1 Λ a3.b3,a1b1 V a1b1 V a1b3 V a3b1 V a3b3]

تقسیم:

[a1,a3]:[b1,b3]=[a1/b1 Λ a1/b3 Λ a3/b1 Λ a3/b3,a1/b1 V a1/b3 V a3/b1 V a3/b3]

معکوس: 1/[a1,a3]=[1/a1 Λ 1/a3,1/a1 V 1/a3]

ضرب یک اسکالر: a[b1,b3]=[ab1 Λ ab3,ab1 V ab3]

مینیموم: [a1,a3] Λ [b1,b3] = [a1 Λ b1,a3 Λ b3]

ماکزیموم: [a1,a3]V [b1,b3]= [a1 V b1,a3 V b3]

$$\tilde{A}_\alpha \oplus \tilde{B}_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}] \oplus [b_1^{(\alpha)}, b_3^{(\alpha)}] = [a_1^{(\alpha)} + b_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)} + b_3^{(\alpha)}],$$
$$\tilde{A}_\alpha \ominus \tilde{B}_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}] \ominus [b_1^{(\alpha)}, b_3^{(\alpha)}] = [a_1^{(\alpha)} - b_3^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)} - b_1^{(\alpha)}],$$
$$\tilde{A}_\alpha \otimes \tilde{B}_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}] \otimes [b_1^{(\alpha)}, b_3^{(\alpha)}] = [a_1^{(\alpha)} b_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)} b_1^{(\alpha)}],$$
$$\tilde{A}_\alpha \oslash \tilde{B}_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}] \oslash [b_1^{(\alpha)}, b_3^{(\alpha)}] = \left[\frac{a_1^{(\alpha)}}{b_3^{(\alpha)}}, \frac{a_3^{(\alpha)}}{b_1^{(\alpha)}}\right].$$

عملگرهای فوق را می‌توان به اعداد فازی نیز گسترش داد که بدین منظور از سطوح برش α بر مجموعه‌های A,B استفاده خواهد شد.

مفهوم فازی تکیه گاه مجموعه فازی A

مجموعه مرجع X و زیر مجموعه فازی A از آن را در نظر بگیرید. مجموعه عناصری از X که جواب تابع آن بیشتر از صفر باشد تکیه گاه[1] A نامیده می‌شود و با suppA نشان داده می‌شود:

$$SUPPA = \{x \in X \perp \mu_A(x) > 0\}$$

رابطه فوق نشان می‌دهد که تکیه‌گاه، یک مجموعه قطعی و تابعی از مجموعهٔ توانی فازی X (مجموعه شامل تمام زیرمجموعه‌های فازی x) به مجموعهٔ توانی x است.

$$SUPP : \mathrm{P}(x) \rightarrow \rho(x)$$

بر این اساس، مجموعه فازی تهی مجموعه‌ای است که هیچ تکیه‌گاهی ندارد و درجهٔ عضویت تمام عناصر آن برابر صفر است. در مجموعه فازی A تکیه گاه تابع فازی، ارتفاع مجموعه فازی A نامیده می‌شود و با M نشان داده می‌شود. اگر ارتفاع مجموعه فازی A برابر ۱ باشد آن را نرمال و در غیر این صورت غیرنرمال گوییم.

روشن است که هر مجموعه فازی زیر نرمال A را می‌توان با تقسیم بر ارتفاع آن نرمال کرد.

1 - support

$$\mu_{N:A}(x) = \frac{\mu_A(x)}{\sup(\mu_A(x))}$$

همچنین اگر برای عنصری مثل x در A داشته باشیم:

$$\mu_A(x) = \frac{1}{2}$$

عضو x را یک نقطه گذر (معبر) مجموعه فازی A می‌گویند.

فازی زدایی

برای تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی از رابطه زیر می‌توان استفاده نمود:

$$d(u,0) = \frac{2m+u+l}{4} = \frac{(u-l)+(m-l)}{3}+l$$

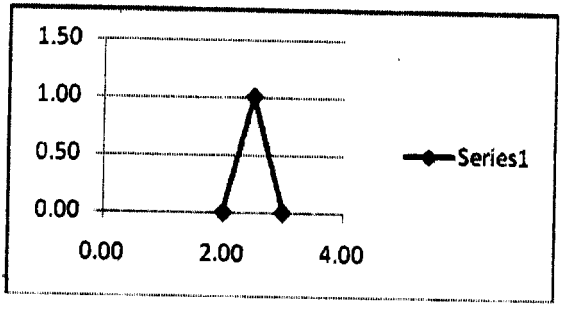
روش آنالیز توسعه Change[1]

چنانچه X={ x1,x2,x3,....,xn} مجموعه اهداف و U={u1,u2,u3,.....,um} مجموعه گزینه‌ها باشد، آنگاه بر طبق روش آنالیز توسعه با در نظر گرفتن هر هدف آنالیز توسعه را می‌توان برای هر یک از گزینه‌ها(g)انجام داد. بنابراین می‌توان به صورت زیر، m مقدار آنالیز توسعه برای هر هدف داشت:

$$M_{gi}^{1}, M_{gi}^{2}, M_{gi}^{3}, M_{gi}^{4}, \ldots, M_{gi}^{m}$$

$$\begin{vmatrix} M_{g1}^{1} & M_{g1}^{2} & M_{g1}^{3} \\ M_{g2}^{1} & M_{g2}^{2} & \cdots \\ M_{g3}^{1} & & \end{vmatrix}$$

که تمام M_{gi}^{m}ها عدد فازی مثلثی هستند که به صورت (l,m,u) بیان می‌گردند. شکل زیر عدد فازی مثلثی را نشان می‌دهد:



نمایش عدد فازی مثلثی

مراحل آنالیز توسعه

حال می‌توان مراحل آنالیز توسعه را به صورت زیر بیان نمود:

مرحله اول: به دست آوردن مرکب فازی برای هر هدف.

اگر: $M_{gi}^{1}, M_{gi}^{2}, M_{gi}^{3}, M_{gi}^{4}, \ldots, M_{gi}^{m}$

آنگاه مقادیر آنالیز توسعه i امین هدف به ازای m گزینه باشد، آنگاه بسط مرکب فازی m گزینه برای i امین هدف به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$$

چنانچه: $M_{gi}^{j} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$

آنگاه:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$$

با عملگر جمع فازی روی آنالیز توسعه m گزینه به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \oplus (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \oplus \ldots \oplus (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) = \left(l_{ij}, \sum_{j=1}^{m} m_{ij}, u_{ij}\right)$$

$$\left(\sum_{j=1}^{m} l_{ij}\ ,\sum_{j=1}^{m} m_{ij}\ \sum_{j=1}^{m} u_{ij}\right)=(l_{ij}\ m_{ij}\ ,u_{ij})$$

سه‌تایی فوق حاصل جمع سطرها است.

همچنین برای به دست آوردن عکس مجموع زیر:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\ \sum_{j=1}^{m} M_{ij}^{1}\right]^{-1}$$

ابتدا باید جمعِ جمع سطرها را به طور ستونی به دست آوریم.

از این رو، با اعمال عملگر جمع فازی خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^{n}\ \sum_{j=1}^{m} M_{ij}^{1}=\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m} l_{ij}\ ,\sum_{j=1}^{m} m_{ij}\ ,\sum_{j=1}^{m} u_{ij}\right)=\left(\sum_{i=1}^{n} l_{i}\ ,\sum_{i=1}^{n} m_{i}\ ,\sum_{i=1}^{n} u_{i}\right)$$

سه تایی فوق جمعِ جمع سطرها را ارائه می‌دهد.

اکنون طبق تعریف، عکس مجموع را به ترتیب زیر به دست می‌آوریم:

$$\left(\sum_{i=1}^{n}\ \sum_{j=1}^{m} M_{ij}^{1}\right)^{-1}=\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_{i}}\ ,\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_{i}}\ ,\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_{i}}\right)$$

بنابراین، با ضرب مجموع و عکس مجموع Sها به دست می‌آیند:

$$S_{i}=\sum_{j=1}^{m} M_{ij}^{1}\otimes\left(\sum_{i=1}^{n}\ \sum_{j=1}^{m} M_{ij}^{1}\right)^{-1}$$

$$=(l_{ij}\ m_{ij}\ ,u_{ij})\otimes\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_{i}}\ ,\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_{i}}\ ,\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_{i}}\right)=\left(\frac{l_{i}}{\sum_{i=1}^{n} u_{i}}\ ,\frac{m_{i}}{\sum_{i=1}^{n} m_{i}}\ ,\frac{u_{i}}{\sum_{i=1}^{n} l_{i}}\right)=$$
$$(l_{1}\ \ m_{1}\ ,u_{1}\ )$$

از روش فوق Sها را برای همه سطرهای جدول قضاوت‌ها می‌یابیم.

مرحلهٔ دوم: محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکان‌پذیری) Sk,Si

چنانچه:

$$S_k=(l_k\ m_k,u_k),S_i=(l_i\ \ m_i,u_i)$$

آنگاه درجه ارجحیت Si,Sk که به شکل زیر نمایش داده می شود، تعریف می‌نماییم:

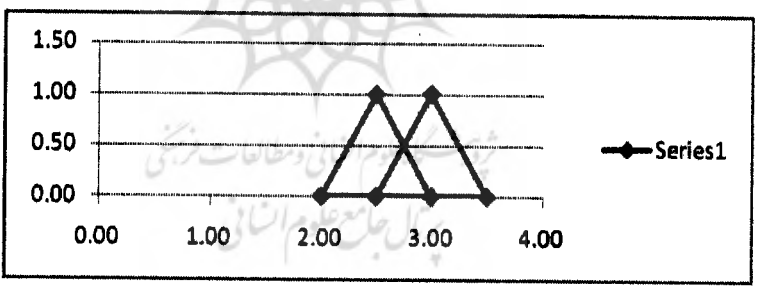
$$V(S_i \geq S_k) = \sup\left(\min\{\alpha_{s_i}(x),\alpha_{s_k}(y)\}\right)$$

که برای اعداد فازی مثلثی معادل با رابطه زیر است:

$$V(S_i \geq S_k) = \alpha_{s_i}(d) = \left\{\begin{array}{c} 1,\text{If } (m_i \geq m_k) \\ 1,\text{If } (l_k \geq u_i) \\ \dfrac{l_k - u_i}{(m_i - u_i) - (m_k - l_k)} \end{array}\right\}$$

که d متناظر بزرگترین نقطهٔ تقاطع بین $\alpha_{s_i}(x),\alpha_{s_k}(y)$ است.

در این مرحله درجه ارجحیت هر S نسبت به یک S دیگر تعیین می‌شود.



مرحلهٔ سوم: محاسبهٔ درجهٔ ارجحیت (درجهٔ امکان‌پذیری) یک عدد فازی محدب S که بزرگتر از k عدد فازی محدب باشد، به صورت زیر تعریف می‌گردد؛ به عبارت دیگر در این مرحله درجهٔ ارجحیت یک S نسبت به سایر Sها به دست می‌آید:

$$V(S \succ S_1,S_2,\ldots,S_k) = V((S \succ S_1),(S \succ S_2),\ldots,(S \succ S_k))$$
$$= \min\left(V(S \geq S_1),V(S \geq S_2),\ldots,V(S \geq S_k)\right)$$
$$= \min V(S \geq S_i),\quad i = 1,2,\ldots,k$$

چنانچه فرض کنیم که:

$$d(A_k) = \min V(S \geq S_i) \quad for\ (k = 1, 2, 3, \ldots, n)\ \ k \neq i$$

$$W = (d(A1), d(A2), \ldots, d(An))$$

قابل ذکر است که وزن‌های به دست آمده غیرفازی هستند.

مرحلهٔ چهارم : نرمالیزه کردن بردار W و به دست آوردن بردار وزن نرمالیزه شده W.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \ldots, d(A_n))$$

الگوریتم AHP فازی به روش آنالیز توسعه

در زیر به کارگیری روش آنالیز توسعه را در الگوریتم AHP فازی توضیح می‌دهیم.

مراحل کلی الگوریتم AHP فازی به روش آنالیز توسعه به صورت زیر است:

گام ۱: ساختن یک سلسله مراتبی برای مسأله؛

گام ۲ : تعیین ماتریس‌های زوجی و اعمال داوری‌ها در حالت کلاسیک (قطعی) برای اعمال داوری‌ها(از جدول استفاده می‌شود)؛ بدین معنی که عدد متناظر با ارجحیت‌های زبانی در ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی وارد می‌شود. ولی در حالت فازی، مقدار متناظر با ارجحیت‌های زبانی را با اعداد فازی مثلثی، در ماتریس‌های زوجی وارد می‌کنیم. بدین منظور می‌توان از جدول استفاده نمود. اعداد فازی ارائه شده با مقیاس‌های زبانی معمولی ۱تا ۹ برابر نیستند، ولی برای AHP فازی مناسب بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

قابل ذکر است که تمامی عناصر روی قطر اصلی ماتریس‌های مقایسه زوجی برابر با (۱و۱و۱) هستند و در ضمن چنانچه المان سطر iام و ستون jام ماتریس زوجی برابر با:

$$m_{ij}, m_{ji}) \quad M_{ab}^{j} = (l_{ij}$$

باشد، آنگاه عنصر iام و ستون jام این ماتریس برابر است با:

$$M_{ij}^{-1} = \left(M_{ij}^{-1}\right)^{-1} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})^{-1} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}}\right)$$

جدول ۲: اعداد فازی متناظر با ارجحیت‌ها در مقایسه‌های زوجی

عبارت زبانی برای تعیین ارجحیت	عدد فازی مثلثی
ارجحیت تا اهمیت کامل و مطلق	$(\frac{5}{2}, \frac{6}{2}, \frac{7}{2})$
ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی‌تر	$(\frac{4}{2}, \frac{5}{2}, \frac{6}{2})$
ارجحیت یا اهمیت قوی تر	$(\frac{3}{2}, \frac{2}{1}, \frac{5}{2})$
ارجحیت یا اهمیت کم	$(\frac{1}{1}, \frac{3}{2}, \frac{4}{2})$
ارجحیت یا اهمیت تقریبا برابر	$(\frac{1}{2}, \frac{1}{1}, \frac{3}{2})$
ارجحیت یا اهمیت دقیقاً برابر	(۱و۱و۱)

اعداد فازی متناظر با ارجحیت‌ها در مقایسهٔ زوجی (بر اساس مراحل آنالیز توسعهٔ (Change

گام۳: محاسبهٔ وزن‌های نسبی معیارها و گزینه‌ها؛ برای محاسبهٔ وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به هر یک از معیارها نسبت به هدف، روش آنالیز توسعه را برای هر یک از ماتریس‌های زوجی به کار می‌بریم. بنابراین به ازای هر ماتریس، یک بردار وزن نسبی متناظر با آن ماتریس به دست می‌آید.

گام ۴: محاسبهٔ وزن نهایی گزینه‌ها؛ وزن نهایی گزینه‌ها از تلفیق وزن‌های نسبی به دست می‌آید.

مثال عددی (عملی)

تعریف رادارهای هشدار اولیه : سامانه‌ای که بتواند به صورت فعالیت تمام وقت هر تهدید هوایی متجاوز را در فاصلهٔ مکانی و زمانی مناسب به گونه‌ای آشکار نماید که به شبکهٔ فرماندهی و کنترل فرصت واکنش مناسب را بدهد.

مأموریت‌های راداری مورد نیاز در بخش پدافند هوایی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- **کشف و مراقبت برای آمادگی سامانه‌ها و فعال شدن اقدام‌های پدافند عامل و غیرعامل(هشدار اولیه)؛**
- **رهگیری و هدایت عملیات پروازی و سامانه‌های موشکی (جستجو و شناسایی)؛**
- **تعقیب و انهدام.**

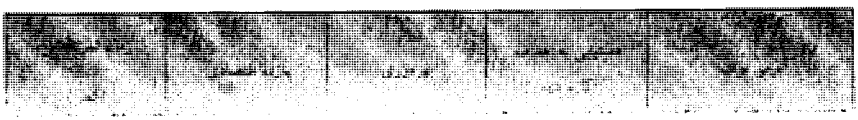
مأموریت شبکهٔ هشدار اولیه در سه لایه تعریف می‌شود:

- **شبکه دور برد؛**
- **شبکهٔ مکمل(دیده‌بانی)؛**
- **شبکه نقطه‌ای (محلی).**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

گام ۱: ترسیم یک ساختار سلسله مراتبی برای انتخاب فناوری بهینه یک سامانه راداری هشدار دهنده:

در اینجا ما برای انتخاب بهترین فناوری مربوط به سامانه راداری هشدار دهنده از میان چند گزینهٔ موجود، از ساختار سلسله مراتبی زیر استفاده می‌نماییم؛ معیارها و پارامترهایی که باید ملاک مقایسه قرار گیرند، به شرح زیر است:



امکان طراحی در داخل	آموزش ساده	کارآیی(تنوع کارآمدی)	قیمت	زمان طرح
امکان ساخت در داخل	نیاز به نیروی انسانی	اثربخشی (تأمین هدف)	تعداد مورد نیاز	زمان ساخت
امکان خرید	تحرک‌پذیری	امکان توسعه		زمان خرید
امکان بهره‌برداری	قابلیت اطمینان	پایداری جنگال		زمان تولید انبوه
امکان نصب و راه‌اندازی	به‌کارگیری آسان			زمان به‌کارگیری
امکانات (نگهداری و تعمیر)	ویژگی‌های کمی			

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

گام ۲: تعیین ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی و داوری‌ها؛

در اینجا نمونه‌ای از ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی را می‌آوریم:

جدول ۱:

	کارآیی(تنوع کارآمدی)	اثربخشی (تأمین هدف)	امکان توسعه	پایداری جنگال
کارآیی(تنوع کارآمدی)	(۱و۱و۱)	$(\frac{۱}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{۴}{۲})$	$(\frac{۳}{۲},\frac{۲}{۱},\frac{۵}{۲})$	$(\frac{۱}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{۴}{۲})$
اثربخشی (تأمین هدف)	$(\frac{۱}{۱},\frac{۲}{۳},\frac{۲}{۴})$	(۱و۱و۱)	$(\frac{۳}{۲},\frac{۲}{۱},\frac{۵}{۲})$	$(\frac{۳}{۲},\frac{۲}{۱},\frac{۵}{۲})$
امکان توسعه	$(\frac{۲}{۳},\frac{۱}{۲},\frac{۲}{۵})$	$(\frac{۲}{۳},\frac{۱}{۲},\frac{۲}{۵})$	(۱و۱و۱)	$(\frac{۱}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{۴}{۲})$
پایداری جنگال	$(\frac{۱}{۱},\frac{۲}{۳},\frac{۲}{۴})$	$(\frac{۲}{۳},\frac{۱}{۲},\frac{۲}{۵})$	$(\frac{۱}{۱},\frac{۲}{۳},\frac{۲}{۴})$	(۱و۱و۱)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲:

	قیمت	تعداد مورد نیاز
قیمت	(۱و۱و۱)	$(\frac{۳}{۲},\frac{۲}{۱},\frac{۵}{۲})$
تعداد مورد نیاز	$(\frac{۲}{۳},\frac{۱}{۲},\frac{۲}{۵})$	(۱و۱و۱)

جدول ۳:

هدف	برمی بردن	دستیابی به اهداف کاربردی	بهره‌وری	بازده اقتصادی	زمان لیمر بخشی
برمی بردن	(او او ۱)	$(\frac{۳}{۲},\frac{۱}{۱},\frac{-}{۲})$	$(\frac{۴}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{-}{۲})$	$(\frac{۷}{۲},\frac{۳}{۱},\frac{۵}{۲})$	$(\frac{۶}{۲},\frac{۵}{۲},\frac{۴}{۲})$
دستیابی به اهداف کاربردی	$(\frac{۲}{۱},\frac{۱}{۱},\frac{-}{۳})$	(او او ۱)	$(\frac{۴}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{-}{۲})$	$(\frac{۵}{۲},\frac{۲}{۱},\frac{۳}{۲})$	$(\frac{۴}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{-}{۲})$
بهره‌وری	$(\frac{۲}{۱},\frac{۲}{۳},\frac{-}{۴})$	$(\frac{۲}{۱},\frac{۲}{۳},\frac{-}{۴})$	(او او ۱)	$(\frac{۵}{۲},\frac{۲}{۱},\frac{۳}{۲})$	$(\frac{۳}{۲},\frac{۱}{۱},\frac{۱}{۲})$
بازده اقتصادی	$(\frac{۲}{۵},\frac{۲}{۶},\frac{۲}{۷})$	$(\frac{۲}{۳},\frac{۱}{۲},\frac{۲}{۵})$	$(\frac{۲}{۳},\frac{۱}{۲},\frac{۲}{۵})$	(او او ۱)	$(\frac{۴}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{۱}{۲})$
زمان لیمر بخشی	$(\frac{۲}{۴},\frac{۲}{۵},\frac{۲}{۶})$	$(\frac{۲}{۱},\frac{۲}{۳},\frac{-}{۴})$	$(\frac{۳}{۱},\frac{۱}{۱},\frac{-}{۲})$	$(\frac{۴}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{۱}{۲})$	(او او ۱)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

جدول ۴:

امکان طراحی	A	B	C
A	(او او ۱)	$(\frac{۳}{۲},\frac{۱}{۱},\frac{-}{۲})$	$(\frac{۴}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{-}{۲})$
B	$(\frac{۲}{۱},\frac{۱}{۱},\frac{-}{۳})$	(او او ۱)	$(\frac{۴}{۱},\frac{۳}{۲},\frac{-}{۲})$
C	$(\frac{۲}{۱},\frac{۲}{۳},\frac{-}{۴})$	$(\frac{۲}{۱},\frac{۲}{۳},\frac{-}{۴})$	(او او ۱)

در مورد کلیهٔ معیارهای زیر جداول مقایسهٔ زوجی با الگوی فوق تشکیل می‌گردد:

امکان طراحی در داخل	آموزش ساده	کارآیی(تنوع کارآمدی)	قیمت	زمان طرح
امکان ساخت در داخل	نیاز به نیروی انسانی	اثربخشی(تأمین هدف)	تعداد مورد نیاز	زمان ساخت
امکان خرید	تحرک‌پذیری	امکان توسعه		زمان خرید
امکان بهره‌برداری	قابلیت اطمینان	پایداری جنگال		زمان تولید انبوه
امکان نصب و راه‌اندازی	به کارگیری آسان			زمان به‌کارگیری
امکانات (نگهداری و تعمیر)	ویژگی‌های کمی			

گام ۳: محاسبهٔ وزن‌های نسبی معیارها و گزینه‌ها با استفاده از آنالیز توسعه:

جمع سطرها:

$$\Sigma_{j=1}^{4} M_{gi}^{j} = \left(\frac{4}{2},\frac{5}{2},\frac{6}{2}\right) \oplus \left(\frac{3}{2},\frac{2}{1},\frac{5}{2}\right) \oplus \left(\frac{1}{1},\frac{3}{2},\frac{4}{2}\right) \oplus (1,1,1) =$$

$$(5.5, 7, 6.5)$$

$$\sum_{j=1}^{4} M_{gi}^{j} = \left(\frac{3}{2},\frac{2}{1},\frac{5}{2}\right) \oplus \left(\frac{3}{2},\frac{2}{1},\frac{5}{2}\right) \oplus (1,1,1) \oplus \left(\frac{1}{1},\frac{2}{3},\frac{2}{4}\right)$$

$$= (5., 5.6, 6.5)$$

$$\sum_{j=1}^{4} M_{ik}^{j} = \left(\frac{1}{1},\frac{3}{2},\frac{4}{2}\right) \oplus (1,1,1) \oplus \left(\frac{2}{3},\frac{1}{2},\frac{2}{5}\right) \oplus \left(\frac{2}{3},\frac{1}{2},\frac{2}{5}\right)$$

$$= (3.2, 3.5, 3.8)$$

$$\sum_{j=1}^{4} M_{ik}^{j} = (1,1,1) \oplus \left(\frac{1}{1},\frac{2}{3},\frac{2}{4}\right) \oplus \left(\frac{2}{3},\frac{1}{2},\frac{2}{5}\right) \oplus \left(\frac{1}{1},\frac{2}{3},\frac{2}{4}\right)$$

$$= (3.6, 2.7, 2.4)$$

جمعِ جمع سطرها:

$$\sum_{j=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} M_{ik}^{j} = (5.5, 7, 8.5) \oplus (5, 5.6, 6.5) \oplus (3.2, 3.5, 3.8)$$

$$\oplus (3.6, 2.7, 2.4) = (17.3, 18.8, 21.2)$$

عکس مجموع :

$$\left(\sum_{j=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} M_{ik}^{j}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{17.3},\frac{1}{18.8},\frac{1}{21.2}\right) = (0.058, 0.053, 0.047)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{ik}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{ik}^{j}\right]^{-1}$$

$$S_1 = (7, 9, 11) \otimes (0.0312, 0.0350, 0.0362) = (0.218, 0..315, 0.398)$$

$$S_2 = (6.5, 7, 8.1) \otimes (0.0312, 0.0350, 0.0362)$$
$$= (0.203, 0.245, 0.293)$$

$$S_3 = (5, 5.2, 6) \otimes (0.0312, 0.0350, 0.0362) = (0.155, 0.181, 0.217)$$

$$S_4 = (3.6, 2.9, 2.58) \otimes (0.0312, 0.0350, 0.0362) = (0.112, 0.101, 0.093)$$

$$S_5 = (5.5, 4.5, 4.4) \otimes (0.0312, 0.0350, 0.0362) = (0.171, 0.157, 0.159)$$

در سطور بالا Sهای مربوط به جدول مقایسهٔ زوجی« هدف با معیار» محاسبه گردیده است.

مرحلهٔ ۱: محاسبهٔ درجهٔ ارجحیت (درجهٔ امکان‌پذیری) عدد فازی محدب S ؛

$$d(S_1) = \min V(S_1 \geq S_k)$$

$$d(S_1) = 1$$

$$d(S_2) = 0.518$$

$$d(S_3) = 0.190$$

$$d(S_4) = 1$$

$$d(S_5) = 0.127$$

W=(1,0.518,0.190,1,0.127)

مرحلهٔ ۲: برای جدول مقایسهٔ معیار با زیر معیار نیز به همین ترتیب Sها را به دست می‌آوریم و سپس ماتریس W را می‌یابیم؛

)0.460123,0.337079,0.222772(S1=

)0.398773,0.314607,0.247525(S2=

)0.233129,0.196629,0.158416(S3=

)0.147239,0.151685,0.178218(S4=

W=(1,0.887,0.069,1)

مرحلهٔ ۳: برای جدول مقایسه زیر معیار با گزینه‌ها نیز به همین ترتیب Sها و W به‌دست می‌آید؛

مرحله ۴: وزن نهایی هر کدام از گزینه‌ها با تلفیق وزن‌های نسبی به شکل زیر به دست می‌آید:

$$W = \sum_{i}^{k} (w_{ij} * w_{kj})$$

WA=.468

WB=.532

WC=.654

بنابراین بر اساس وزن نهایی به‌دست آمده، گزینهٔ C بهترین فناوری بر حسب معیارهای تعیین شده است.

تجزیه و تحلیل

بر اساس توضیح‌های فوق برای به‌دست آوردن وزن نهایی و ارجحیت گزینه‌ها باید مراحل زیر به ترتیب انجام شود:

مرحلهٔ اول : محاسبهٔ بسط مرکب فازی

- جمع فازی عناصر هر ردیف را به دست می‌آوریم؛
- جمع فازی بردارهای حاصل از جمع فوق(جمع ردیف) را نیز با هم جمع می‌کنیم؛
- عکس این جمع را نیز به‌دست می‌آوریم(با تعریف داده شده)؛
- حال این دو حاصل را (خود و عکس آن را) در هم ضرب می‌نماییم؛ (طبق تعریف)
- به این ترتیب بسط مرکب فازی برای هر هدف به‌دست می‌آید.

مرحلهٔ دوم: محاسبهٔ درجهٔ ارجحیت (امکان‌پذیری)

دو داوری فازی درجهٔ امکان‌پذیری یا ارجحیت به شکل زیر برای هر عدد فازی (l,m,u) تعریف می‌شود:

$$V(S_i \geq S_k) = \alpha_{s_i}(d) = \begin{cases} 1 & if\ (m_i \geq m_k) \\ 1 & if\ (l_k \geq u_i) \\ \dfrac{l_k - u_i}{(m_i - u_i) - (m_k - l_k)} & otherwise \end{cases}$$

که تعبیر هندسی آن بزرگ‌ترین نقطهٔ تقاطع دو عدد فازی Si,Sk است.

از این تعریف وزن نسبی هر هدف نسبت به دیگر هدف‌ها به‌دست می‌آید.

لازم به ذکر است که درجهٔ امکان‌پذیری یک عدد فازی، دیگر فازی نیست.

مرحلهٔ سوم: محاسبهٔ وزن نسبی

اگر برای هر ماتریس مقایسهٔ زوجی (برای هر معیار) این عمل انجام شود، وزن‌های نسبی در هر سطح از سلسله مراتب به دست خواهد آمد.

مرحلهٔ چهارم : محاسبهٔ وزن نهایی

از تلفیق وزن‌های نسبی برای هر گزینه وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود و در نهایت سیستم با فناوری مورد نظر انتخاب می‌گردد.

پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه

۱- انتخاب فناوری از مسائل بسیار مهم و حساس است؛ چون بر بسیاری از جنبه‌های هزینه و فایده تأثیر مستقیم دارد.

۲- معیارها و زیر معیارهای مربوط به انتخاب فناوری، ویژگی‌های ذهنی و کیفی بالایی دارند.

۳- در موضوع‌های نظامی انتخاب فناوری، اهمیت و حساسیت ویژه‌ای دارد.

۴- کاربردAHP کلاسیک در مسائل پیچیده و چند معیاره با داوری‌های ذهنی وابستگی زیادی به ویژگی‌های ذهنی کارشناسان دارد.

۵- مشکلات استفاده از داوری‌های فازی برای کارشناسان را نیز با استفاده از روش گرافیکی تا حدودی برطرف می‌شود.

۶- به منظور سهولت در تعیین ارجحیت و اهمیت در داوری‌ها، از روش مقایسهٔ اعداد فازی با معادل‌های کلامی نیز استفاده شد.

۷- برای تعیین وزن‌های نسبی، از روش آنالیز توسعه Change استفاده شد که ضمن سادگی، دقت کافی در محاسبات فازی دارد و به روش کلاسیک نیز شباهت زیادی دارد.

۸- در این روش از تعریف درجهٔ امکان‌پذیری و ارجحیت نیز در مجموعه‌های فازی و تعیین وزن‌های نسبی با اعداد غیر فازی استفاده به عمل آمده است.

منابع و مآخذ

۱- آذر، عادل و رجب‌زاده، علی، تصمیم‌گیری کاربردی، چاپ اول، نشر نگاه دانش، تهران، ۱۳۸۱.

۲- آذر، عادل و فرجی، حجت، علم مدیریت فازی، چاپ دوم، مهربان نشر، تهران، ۱۳۸۷

۳- اصغرپور، محمدجواد، تصمیم‌گیری چند معیاره، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۸۳.

۴- جعفرنژاد، احمد، مدیریت تکنولوژی مدرن، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۷۸.

۵- حجازی‌زاده، زهرا، hierarchical fuzzy topsis ، دانشگاه الزهرا، مجلهٔ دانشکده صنایع، تهران، ۱۳۸۶.

۶- صنیعی منفرد، محمدعلی و فیض مهدوی، سحر، اندازه‌گیری کیفیت دانشکده‌های یک دانشگاه با استفاده از MADA، دانشکدهٔ فنی مهندسی دانشگاه الزهرا، تهران،۱۳۷۸

۷- قدسی‌پور، سید حسن، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ۱۳۸۱.

۸- کوره‌پزان دزفولی، امین، اصول تئوری مجموعه‌های فازی(کاربرد آن در مدل‌سازی مسائل مهندسی آب)، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی(واحد صنعتی امیرکبیر)، تهران، ۱۳۸۴.

۹- نشریه دانش مدیریت، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، شماره ۷۸، تهران، ۱۳۸۴

10- Shang- h. shying scour, te- yi change, change- heaven. (2002) the evolution of airline sevvice quality by fuzzy mcdm , tourism management , vol. 23,pp: 107-115.

11- Ching - Hsue Cheng and don-lin Mon, evaluating weapon System by Analytical Hierarchy Process Based on Fuzzy Scales, Department of System Engineering, chung cheng Institute of technology, taski, taiwan, 1993

12- Don-lin mon, ching-Hsue cheng and Jiann-chern lin, evaluating weapon system using fuzzy analytical hierarchy process based on entropy weight, department of weapon system engineering, chung cheng institute of technology, taski, taiwan, 1993

13- Nufer Yasin Ates Tsezi Cevik , Cengiz Kahremman , Murat Gulbay , S. Ayca Erdogan ; Multi Attribute University , Department of Industrial Engineering 34367 Mackalstanbul Turkey , 2006.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی