

تعیین مناطق مستعد فرود بالگرد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

و منطق فازی (FAHP & FTOPSIS)

در منطقه نصرآباد استان اصفهان

مهدی کیخایی^۱، کاظم رنگزن^۲، ایوب تقی‌زاده^۳، هدایت دشت پا^۴

چکیده

توجه به مکان‌گزینی در یگان‌های نظامی، از موضوع‌های اساسی طراحان نظامی به منظور کاهش تلفات انسانی و تسلیحاتی است. نقش پشتیبانی هوایی در صحنه نبرد انکارناپذیر و جایگاه واحدهای هوانیروز در این راستا، جایگاه ویژه‌ای است. با توجه به لزوم نزدیکی این واحدها به صحنه رزم، تعیین مکان‌های فرود و مسیرهای امن برای آن‌ها با استفاده از فناوری‌های به روز، هوشمند، کم هزینه، دقیق و سریع ضروری است. هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق مناسب فرود بالگردها در منطقه نصرآباد اصفهان با استفاده از سامانه GIS قبل از حضور فیزیکی است. به این منظور، عواملی از قبیل: شیب، زهکشی، دید و اختفا، خاک، کاربری اراضی، خطوط انتقال نیرو، نزدیکی به یگان‌های مانوری، سازنده‌ها، مناطق حفاظت شده و فاصله از دشمن بررسی شد. پس از آماده سازی داده‌ها و وزن دهی به روش FuzzyAHP، عملیات همپوشانی فازی در محیط GIS انجام شد. با تولید پهنه‌ها، ۸ گزینه به عنوان مناطق مستعد مشخص و با استفاده از روش تاپسیس فازی اولویت‌بندی گردیدند. گزینه‌های ۵، ۶، ۷، ۴، ۲ به ترتیب بهترین مکان‌ها بر اساس اولویت، پیشنهاد گردیده است. نتایج پژوهش با توجه به باز دیده‌های میدانی انجام شده، نشان می‌دهد که محدوده‌های پای کوهی، دهلیزهای پوشیده از دید دشمن و مناطقی که از نظر ژئومورفولوژی نظامی حائز اهمیت است، به خوبی استخراج و نقش سامانه اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در انجام تحلیل‌های نظامی مؤثر واقع گردیده است.

واژگان کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌یابی، بالگرد، سلسله مراتب فازی، تاپسیس فازی.

۱- کارشناس ارشد رشته سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

(نویسنده مسئول m.keykhaee60@yahoo.com)

۲- دانشیار و رئیس گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- کارشناس ارشد مدیریت علوم دفاعی، گروه ۵۵ توپخانه اصفهان

۱-۱) مقدمه

مکان‌یابی، انتخاب بهترین و مطلوب‌ترین نقطه و محل استقرار است؛ به طوری که پنهان و مخفی کردن نیروی انسانی، وسایل، تجهیزات و فعالیت‌ها را به بهترین وجه امکان‌پذیر سازد. مهمترین اصل پدافند، مکان‌یابی بوده و چنانچه مکان‌یابی صحیح و اصولی و مبتنی بر استفاده مناسب از عوارض طبیعی و شکل زمین انجام گیرد، هزینه‌های اجرایی سایر اصول را کاهش و کارآمدی آن‌ها را افزایش می‌دهد. (موحدی نیا، ۱۳۸۸: ۷۵)

مکان‌یابی درست و اصولی مناطق حساس نظامی، یکی از مهمترین اقداماتی است که موجب کاهش قابل توجه هزینه‌های بعدی مرتبط با فعالیت‌ها و پیشامدهای مربوط به این مناطق خواهد بود و با افزایش قابلیت پدافند غیر عامل این مناطق، ضریب امنیتی آن‌ها را افزایش و احتمال حملات دشمن و آثار تخریبی ناشی از حملات احتمالی را کاهش خواهد داد. (نصیری، ۱۳۸۸: ۵۷)

فرماندهان از نظر سرعت، دقت و در نظر گرفتن تمامی مؤلفه‌های مورد نظر کارشناسان در شناسایی، انتخاب و اشغال بهترین مواضع و استمرار آن از نظر زمان، با خطاهای انسانی مواجه هستند که باعث ایجاد تلفات انسانی و تسلیحاتی و نیز افزایش هزینه‌ها می‌شود. علاوه بر آن، حضور فیزیکی نیروها در منطقه، شناسایی‌های میدانی وسیعی را می‌طلبد. سردرگمی یگان‌ها در بدو ورود به مناطق عملیاتی از مشکلات دیگری است که گریبان‌گیر فرماندهان واحدها است. فن‌سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به مثابه ابزاری توانمند ما را در تحلیل مسائل مختلف نظامی و شناسایی مناطق عملیاتی و تعیین مناسب‌ترین مکان‌های استقرار بدون حضور فیزیکی وسیع در مناطق و برنامه‌ریزی دقیق برای یگان‌ها یاری می‌رساند تا بتواند ضعف سامانه‌ها و اقدامات سنتی و استفاده از نقشه‌های کاغذی موجود را پوشش داده و عناصر بدیع این سامانه را به خدمت گیرد. در عصر رقومی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، بهترین وسیله برای فرماندهان ارتش در عملیات بوده و استفاده از قابلیت‌های آن در نیروهای نظامی، نحوه انجام عملیات‌ها و مأموریت‌های این نیروها را متحول ساخته است.

در مدت حرکت نیروها و تجهیزات، پوشش کافی در صحنه نبرد ضروری است و بی‌توجهی به این امر، اهداف آسانی برای نیروهای دشمن فراهم خواهد کرد. بالگردها قابلیت‌های زیادی از قبیل پشتیبانی آتش برای یگان‌های زمینی، شناسایی و مراقبت، تخلیه مجروحان، پشتیبانی آمادی،

جابه‌جایی نیروها و تجهیزات را در صحنه نبرد دارند؛ از این رو توجه به مسیرهای حرکت و مکان‌های فرود، امری ضروری است. (بایگل، ۲۰۰۶)^۱

طی مراحل تحقیق این فرضیه متصور است که سامانه اطلاعات جغرافیایی با بهره‌گیری از روش‌های به روز و توان پردازشی بالا، قادر است بهترین مکان‌های استقرار را پیشنهاد دهد.

هدف از انجام این تحقیق، تعیین مکان‌های مناسب به منظور فرود بالگرد در منطقه نصرآباد استان اصفهان با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی^۲ و اولویت‌بندی این مکان‌ها با استفاده از روش اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه حل ایده‌آل و رویکرد فازی جهت اشغال است.

به منظور رسیدن به هدف، در کلیه مراحل از روش‌های فازی استفاده شده است و با توجه به معیارهای متعدد و به منظور مدیریت بهتر اطلاعات، از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از قبیل: تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس فازی استفاده می‌شود.

۱-۲) پیشینه تحقیق

تعدادی از تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده در راستای مکان‌یابی و تحلیل‌های نظامی در داخل و خارج از کشور به شرح زیر است:

✓ حنفی و حاتمی (۱۳۹۲)، در تحقیقی، مناطق مساعد برای استقرار نیروهای نظامی در منطقه مرزی مهران را با کمک سامانه اطلاعاتی GIS، مورد بررسی قرار داده و موفق به تولید نقشه پهنه‌بندی این منطقه گردیده‌اند.

✓ حدیدی و همکاران (۱۳۸۸)، به کاربرد سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در عملیات‌های نظامی در منطقه‌ای واقع در غرب کشور پرداخته است، و با استفاده از توانایی‌های نرم‌افزارهای موجود، کلیه آنالیزهای مورد نیاز را به صورت لایه‌های اطلاعاتی آماده و تعدادی از نقشه‌های موضوعی مفید برای انجام عملیات‌های مختلف نظامی تولید کرده است.

✓ بهرام آبادی (۱۳۸۸)، در تحقیقی به بررسی تأثیر ژئومورفولوژی مناطق بیابانی در اهداف و عملیات‌های نظامی در منطقه مورد مطالعه؛ یعنی «دشت مسیله قم» و محدوده آن پرداخته و نقش و

1- Baijal, 2006

2- Fuzzy Logic

3- Fuzzy Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution

تأثیر عوامل مختلف را در روند حرکت و مسیریابی و مکان‌یابی محل استقرار یگان‌ها را بررسی کرده است.

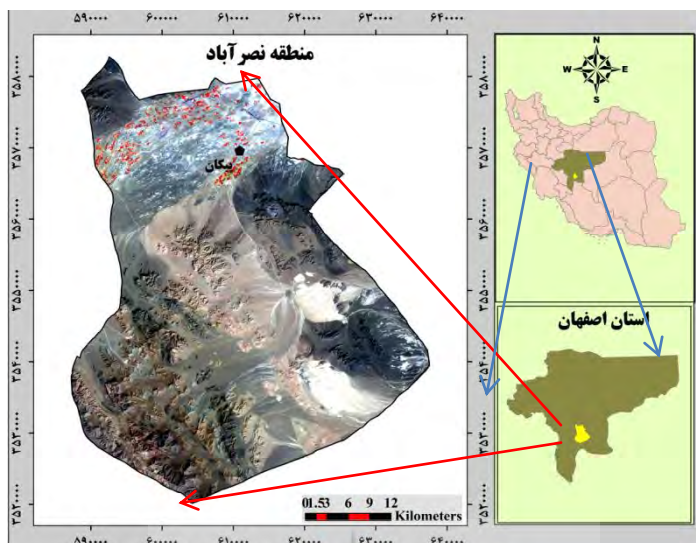
✓ خیرآبادی و همکاران (۱۳۸۸)، در مقاله‌ای با عنوان «مکان‌یابی با ملاحظات پدافند غیرعامل در محیط GIS»، به نقش مکان‌یابی صحیح اماکن و تأسیسات نظامی و حیاتی با رعایت اصول پدافند غیرعامل و استفاده از سامانه اطلاعات مکانی (GIS) پرداخته است و اهمیت و نقش این سامانه و چگونگی انجام الگوسازی در این محیط را بررسی کرده است.

✓ بایگل و همکاران (۲۰۰۶)، در مقاله‌ای با عنوان «رویکرد دانش مبنای GIS برای عملیات‌های نظامی»، به تعیین معیارهای لازم به منظور تجزیه و تحلیل منطقه عملیات و تهیه نقشه‌های موضوعی نظیر محل فرود بالگرد، محل احداث پل‌ها، مناطق قابل تردد و غیره پرداخته است.

۳-۱) منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۶۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر اصفهان و ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان شهرضا، با مساحت منطقه ۱۹۳۳ کیلومتر مربع و متوسط ارتفاع منطقه ۲۰۴۰ متر است. آب و هوای این منطقه خشک و بیابانی، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک و متوسط بارندگی در طول سال ۱۲۰ میلی‌متر است. آب‌های تحت‌الارضی آن شور و پوشش گیاهی آن به علت کمی بارندگی ناچیز است. خشکسالی‌های متوالی در اغلب سال‌ها در این دهستان به چشم می‌خورد و به همین دلیل رودخانه دائمی در این منطقه مشاهده نمی‌شود و بیشتر رودخانه‌های آن به صورت فصلی می‌باشد که در مواقع بارندگی این رودخانه‌ها با سیلاب‌هایی روبه‌رو خواهد شد. این سرزمین از پای‌کوه‌های درونی رشته کوه‌های زاگرس بوده و از رشته کوه‌های: کلاه قاضی، سیاه کوه، چاه سرخ، خورشید و رشته کوه محمد نوجوان تشکیل شده است. در ادامه محدوده مورد مطالعه و تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ آن نشان داده شده است (شکل شماره ۱).

گفتنی است این منطقه از نظر برگزاری رزمایش‌های نظامی حائز اهمیت بوده و می‌تواند برای سایر مناطق حساس و درگیر در نبرد احتمالی نیز با تهیه اطلاعات مورد نیاز تعمیم پیدا کند.



شکل (۱) منطقه مورد مطالعه

۱) مواد و روش‌ها

۲-۱) مواد و ابزار تحقیق

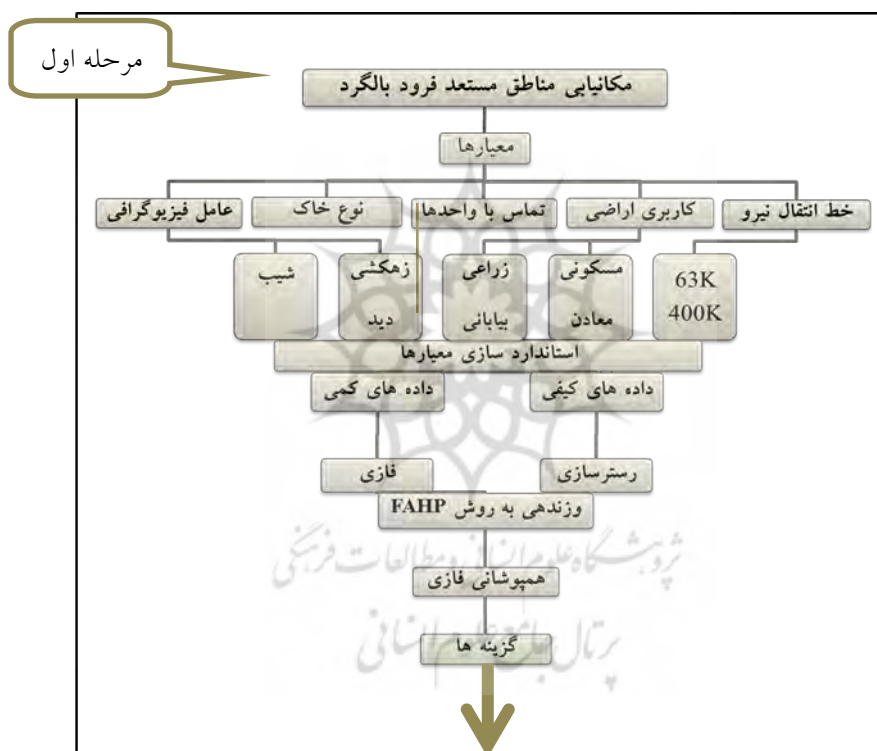
در این پژوهش از داده‌های زیر استفاده گردید.

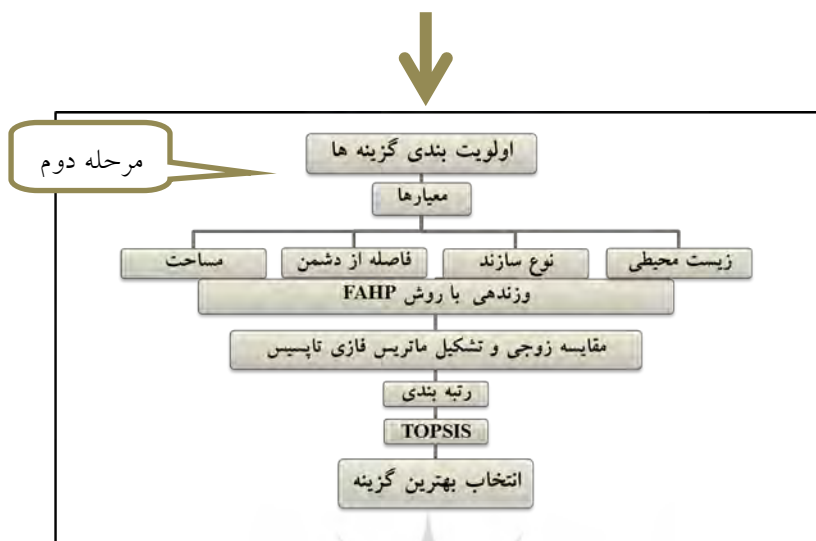
- ❖ نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری
- ❖ نقشه‌های خاکو زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی
- ❖ نقشه خطوط انتقال نیرو (۴۰۰ و ۶۳ کیلو وات)، برق منطقه‌ای استان اصفهان
- ❖ نقشه کاربری اراضی
- ❖ نقشه مناطق حفاظت شده زیست محیطی
- ❖ نقشه رقومی ارتفاعی منطقه
- ❖ نقشه زهکشی و آبراهه‌ها

برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شد. طی مراحل تحقیق از نرم افزارهای ARCGIS10.1، نرم افزار پردازش تصویر ARCGIS10.1، ENVI 4.8، نرم افزار MATLAB، نرم افزار Micro Station 2000 و Google Earth استفاده شد.

۲-۲ روش اجرای تحقیق

در انجام این پژوهش که نوعی تصمیم‌گیری چندمعیاره است، در کلیه مراحل اجرای این تحلیل از تئوری‌های فازی استفاده شده است. پس از جمع آوری اطلاعات و نقشه‌های لازم، عملیات استانداردسازی روی لایه‌ها انجام و توسط روش FAHP وزن‌دهی آن‌ها انجام و همپوشانی معیارها با استفاده از اپراتورهای فازی انجام گرفت. در ادامه با تولید نقشه پهنه‌بندی منطقه، گزینه‌های مطلوب مشخص و در مرحله دوم با استفاده از تاپسیس فازی گزینه‌های مطلوب اولویت‌بندی گردیدند. شکل (۲) روش اجرای این فرآیند را در دو مرحله نشان می‌دهد.





شکل (۲) الگوی مفهومی مراحل انجام مکان‌یابی پایگاه فرود بالگرد

۲-۲-۱) انتخاب معیار

مکان‌یابی، فرآیند پیچیده‌ای است که نیازمند شناسایی عوامل مؤثر در مکان هر تأسیسات و نیرویی است. بنابراین برای استقرار یگان‌های گوناگون باید عوامل مؤثر شناسایی و سپس لایه‌ها و نقشه‌های مورد نیاز برای تحلیل تهیه شوند. پس از ارزش‌گذاری میزان تأثیر آن‌ها، تحلیل مکان‌یابی صورت پذیرد. ضمناً بسیاری از ملاحظات تاکتیکی و موقعیت دشمن باید تحلیل شود تا مکان یک یگان به طور صحیح تعیین شود. (فخری و همکاران، ۱۳۸۸: ۵۳)

فرآیند مکان‌یابی با استفاده از GIS، شامل یک سری مراحل معین و مشخصی بوده که برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان، اجرای آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. به طور کلی فرآیند مکان‌یابی را می‌توان شامل مراحل شناخت، تهیه داده‌های مورد نیاز، تعیین فاکتورهای تأثیرگذار، شناخت دقیق از محدوده مطالعاتی، آماده‌سازی داده‌ها، تهیه نقشه، تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه‌های خروجی دانست. (عظیمی، ۱۳۹۲: ۶۱)

به ملاک‌هایی که متضمن هدف و سازنده آن هستند و تصمیم‌گیرنده به منظور افزایش مطلوب بودن و رضایت خود، آن‌ها را مدنظر قرار می‌دهد، معیار گویند؛ به عبارت دیگر معیارها، استانداردها و قوانینی هستند که برای قضاوت استفاده شده و میزان اثربخشی را در تصمیم‌گیری بیان می‌کنند. (عطایی، ۱۳۸۹: ۱۰۳)

به منظور انجام مکان‌یابی مناسب پایگاه‌های فرود بالگرد، با توجه به نظرهای کارشناسی، معیارها و زیر معیارهای زیر در نظر گرفته شد:

- ۱- معیار فیزیوگرافی: که شامل زیر معیارهای شیب، قابلیت دید و زهکشی منطقه است.
- ۲- معیار کاربری اراضی: این معیار از زیر معیارهای اراضی کشاورزی، بیابانی، مسکونی و معادن حاصل گردید.
- ۳- معیار خطوط انتقال نیرو: شامل زیر معیارهای خط انتقال ۴۰۰ کیلو ولت و ۶۳ کیلو ولت است.
- ۴- معیار خاک شناسی
- ۵- معیار نزدیکی به یگان‌های مانوری

۲-۲-۲) منطق فازی

منطق فازی برای اولین بار توسط پرفسور عسکر لطفی‌زاده، استاد دانشگاه برکلی آمریکا، برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم‌اند صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (پوراحمد و همکاران، ۲۰۰۷، ۳۱). روش سلسله‌مراتبی، روشی است منعطف، قوی و ساده که تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌کند، استفاده می‌شود. این روش ارزیابی چند معیاری را ابتدا توماس ال ساعتی^۱ (۱۹۸۰) پیشنهاد کرد و تاکنون کاربردهای متعددی به ویژه در برنامه‌ریزی منطقه‌ای داشته است (ادلین، ۲۰۰۵). فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در واقع یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این فرآیند که بر مبنای مقایسه‌های زوجی بنا شده است، قادر به دخالت گزینه‌های مختلف در تصمیم‌گیری می‌باشد و همچنین امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. (قدسی پور، ۲۰۰۰)

با کاربرد توأم منطق‌های AHP و Fuzzy علاوه بر در نظر گرفتن مزیت‌های هر دو روش بالا، مانند ارائه یک ساختار قابل درک بین تصمیم‌گیری با مجموعه‌ای از داده‌های کمی و کیفی، وجود ساختار مرتبه‌ای و مستقل قابل فهم، کاهش ضریب ناسازگاری و تولید اشکال دارای اولویت، معایب هر یک از

1-Tomas.L.Saatti

2-Adlin,2005

روش‌ها را به تنهایی رفع نموده است (سالاری و همکاران، ۱۳۹۰). منطق FAHP تفکرهای بشری را در استفاده از اطلاعات تقریبی و نامطمئن برای تصمیم‌گیری بازتاب داده است. (کرسک، ۲۰۰۱)^۱

۲-۳-۲) توابع عضویت و استانداردسازی

مفهوم «تابع عضویت» از اهمیت ویژه‌ای در تئوری مجموعه‌های فازی برخوردار است؛ چرا که تمام اطلاعات مربوط به یک مجموعه فازی به وسیله تابع عضویت آن توصیف و در تمام کاربردها و مسائل مربوط استفاده می‌شود. تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند. (کوره پزان، ۱۳۸۷: ۴)

با توجه به این که در اندازه‌گیری معیارها، دامنه متنوعی از مقیاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر همین اساس لازم است ارزش‌های موجود در لایه‌های مختلف نقشه معیار به واحدهای قابل مقایسه و در تناسب با هم تبدیل شوند که به آن استانداردسازی یا نرمال‌سازی گفته می‌شود. (مالچفسکی، ۱۳۹۰: ۲۱۰)

یکی از روش‌های استاندارد سازی، روش فازی است. عملیات فازی سازی، ورودی‌ها را گرفته و توسط توابع عضویت مربوط، یک درجه مناسب به هر یک نسبت می‌دهد. متغیرهای ورودی هر یک باید در محدوده‌ی رقومی تعریف شده خود باشند (مثلاً فاصله از خیابان از صفر تا ۵۰۰) و خروجی‌ها، درجه عضویت فازی از مجموعه‌های تعیین کننده زبانی (بین صفر و یک) هستند. (مهجوری، ۱۳۹۰: ۴۵)

۲-۴-۲) وزن دهی به روش Fuzzy AHP

هدف از وزن دهی معیار آن است که بتوان اهمیت هر معیار را نسبت به معیارهای دیگر بیان کرد. (مالچفسکی، ۱۳۹۰: ۳۰۶)

یکی از روش‌های وزن دهی معیار الگوی AHP است؛ این الگو یکی از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندگانه می‌باشد که بر اساس دانش کارشناسی استوار و توسط توماس ساعتی (۱۹۸۰) طراحی گردیده است و امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی وجود دارد. (عظیمی، ۱۳۹۲: ۷۲)

با وجود اینکه AHP، برای به دست آوردن نظر کارشناسان درباره موضوع خاص است، به درستی نحوه تفکر انسان را منعکس نمی‌کند؛ زیرا در مقایسه‌های زوجی از اعداد دقیق استفاده می‌کند و به

1- Karsak,2001

2- Membership Function

علت طبیعت فازی بودن مقایسه‌های زوجی، قادر نیستند به صراحت نظرشان را مورد برتری و اهمیت معیارها بیان کنند؛ به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائه یک بازه را به جای یک عدد ترجیح می‌دهند. برای رفع این مشکل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه گردیده است. در سال ۱۹۹۶ روشی با عنوان «روش تحلیل توسعه‌ای»^۱ توسط چانگ^۲ ارائه گردید که مراحل این روش در زیر شرح داده شده است. (عطایی، ۱۳۸۹: ۱۰۳)

به طور خلاصه الگوی FuzzyAHP دارای مراحل زیر است:

❖ رسم نمودار سلسله مراتبی

❖ تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

برای انجام مقایسه‌ها نیاز به تعریف اعداد فازی و مقیاس‌های فازی است.

❖ تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به‌کارگیری اعداد فازی

ماتریس مقایسه زوجی (A) حاوی اعداد فازی تعریف شده و به صورت روبه‌رو است:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۱)}$$

❖ محاسبه S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی S_i که خود یک عدد فازی مثلثی

است از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه i بیانگر شماره سطر و j بیان‌کننده شماره ستون است. در این رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند.

روابط (۳)، (۴)، (۵)

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

1-Extant Analysis

2- Chang,1996

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

در روابط بالا l_i و m_i و u_i به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند. رابطه (۴)

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) = \left(\frac{\sum_{j=1}^m l_j}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{\sum_{j=1}^m m_j}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{\sum_{j=1}^m u_j}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

❖ محاسبه درجه بزرگی S_i ها نسبت به همدیگر به طور کلی درجه بزرگی S_i نسبت به S_j از معادله زیر به دست می‌آید. رابطه (۵):

$$V(S_i \geq S_j) = hgt(S_i \cap S_j) = \mu_{S_i}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_i \geq m_j \\ 0 & \text{if } l_j \geq u_i \\ \frac{l_j - u_i}{(m_i - u_i) - (m_j - u_j)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

❖ محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی

برای محاسبه وزن نرمال نشده معیار باید میزان بزرگی یک عدد فازی مثلی با سایر اعداد فازی مثلی محاسبه شود و در نهایت حداقل میزان بزرگی، نشان دهنده وزن نرمال نشده معیار است. بدین منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود. رابطه (۶):

$$d'(A_i) = \text{Min } V(S_i \geq S_k) \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i$$

❖ محاسبه بردار وزن نهایی

بردار وزن نهایی از نرمال کردن بردار وزن معیارها به دست می‌آید.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad \text{رابطه (۷)}$$

۲-۲-۵) آنالیز همپوشانی

همپوشانی به ترکیب چند لایه اطلاعاتی بر اساس معیارهای تعریف شده توسط کاربر و تولید یک لایه

اطلاعاتی جدید اشاره دارد. (عظیمی، ۱۳۸۹: ۲۳)

تجزیه و تحلیل همپوشانی در آنالیز مکانی و بسیاری از کاربردهای مکان‌یابی بهینه و الگوسازی مناسب است. روش‌های مختلفی برای انجام این تجزیه و تحلیل وجود دارد که تعدادی از آن‌ها عبارتند از:

- ❖ همپوشانی وزن دار^۱
- ❖ همپوشانی مجموع وزن دار^۲
- ❖ همپوشانی فازی^۳

در این پژوهش از الگوی همپوشانی فازی برای تلفیق لایه‌ها استفاده شد. در این روش با استفاده از عملگرهای فازی از قبیل: AND, OR, SUM, PRODUCT و GAMMA، لایه‌های مختلف ترکیب می‌شوند. انتخاب عملگر مناسب، بستگی به ماهیت داده‌ها و نحوه تأثیر آن‌ها بر همدیگر داشته و از مهمترین مراحل همپوشانی است. در این مطالعه از عملگر GAMMA جهت تلفیق لایه‌ها استفاده شد.

۲-۲-۶) اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش تاپسیس فازی

فن تاپسیس، نخستین بار توسط یون و ونگ در سال ۱۹۸۱ معرفی شد و یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری است. از این تکنیک برای رتبه‌بندی و مقایسه گزینه‌های مختلف و انتخاب بهترین گزینه و تعیین فواصل بین گزینه‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده کرد. بر اساس این فن بهترین گزینه، گزینه‌ای است که به طور همزمان نزدیک‌ترین واحد به نقطه ایده‌آل و دورترین واحد از نقطه ایده‌آل منفی است. (مالچفسکی، ۱۳۹۰: ۳۷۲)

در روش تاپسیس کلاسیک، برای تعیین وزن معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از مقادیر دقیق و معین استفاده می‌شود. در بسیاری از مواقع تفکرهای انسان با عدم قطعیت همراه است و این عدم قطعیت در تصمیم‌گیری تأثیرگذار است. در این مواقع بهتر است از روش‌های فازی استفاده کرد که تاپسیس فازی یکی از آن‌هاست. (عطایی، ۱۳۸۹: ۸۰)

در فازی تاپسیس، روش تاپسیس با استفاده از مجموعه فازی وارد محیط فازی شده است. در این روش می‌توان مراحل اجرا را به ترتیب زیر بیان کرد:

- 1- Weighted Overlay
- 2-Weighted Sum Overlay
- 3-Fuzzy Overlay

۱- انتخاب ارزش‌های زبانی برای هر یک از گزینه‌ها (X_{ij}) با در نظر گرفتن معیارها (m) (انتخاب اهمیت گزینه‌ها). ($x_{ij}; i = 1, 2 \dots m; j = 1, 2 \dots n$). شامل اهمیت نسبی هر یک از معیارها است که با توجه به جدول شماره (۲) انتخاب شده است و چون ارزش‌های موجود در این جدول به صورت نرمال شده هستند (۰ و ۱) بنابراین نیازی به نرمال کردن اهمیت گزینه‌ها وجود ندارد.

جدول (۲) قوانین بین دو مجموعه فازی

قوانین تلفیق	معادلات
جمع	$\vec{a} + \vec{b} = (a_1, a_2, a_3) + (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$
تفریق	$\vec{a} - \vec{b} = (a_1, a_2, a_3) - (b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3)$
ضرب	$\vec{a} \times \vec{b} = (a_1, a_2, a_3) \times (b_1, b_2, b_3) = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3)$
تقسیم	$k\vec{a} = k \times (a_1, a_2, a_3) = (k \times a_1, k \times a_2, k \times a_3)$
معکوس	$\vec{a} \div \vec{b} = (a_1, a_2, a_3) \div (b_1, b_2, b_3) = (a_1 \div b_1, a_2 \div b_2, a_3 \div b_3)$
	$\vec{a}^{-1} = (a_1, a_2, a_3)^{-1} = \left(\frac{1}{a_1}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_3}\right)$

۲- ساخت ماتریس وزن دهی نرمال شده (V_{ij}).

$$v_{ij} = x_{ij} \times w_j \quad i = 1, 2 \dots m; \quad j = 1, 2 \dots n \quad (۱) \text{ رابطه}$$

۳- به دست آوردن ایده‌آل مثبت (A^*) و ایده‌آل منفی (A^-) که از روابط زیر به دست می‌آید.

روابط (۲ و ۳):

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} = \left\{ \left(\max_j v_{ij} \mid i \in I \right), \left(\min_j v_{ij} \mid i \in I' \right) \right\} \quad i = 1, 2 \dots m; \quad j = 1, 2 \dots n,$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_j v_{ij} \mid i \in I \right), \left(\max_j v_{ij} \mid i \in I' \right) \right\} \quad i = 1, 2 \dots m; \quad j = 1, 2 \dots n$$

۴- محاسبه فاصله هر یک از گزینه‌ها نسبت به ایده‌آل منفی D^- و مثبت D^+ که از طریق روابط زیر محاسبه می‌شوند.

روابط (۴ و ۵):

$$D_i^* = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^*) \quad i = 1, 2 \dots m, \quad D_i^- = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^-) \quad i = 1, 2 \dots m,$$

۵- میزان مشابهت به راه حل ایده آل (CC) که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$CC_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (۶) \text{ رابطه}$$

۶- اولویت‌بندی گزینه‌ها به صورت نزولی (بزرگ به کوچک).

۲-۲-۷) عوامل مؤثر در مکان‌یابی پایگاه فرود بالگرد

در ادامه تأثیر هر یک از عوامل اثرگذار بر مکان‌یابی بررسی می‌شود.

۲-۲-۷-۱) شیب

شیب، شکل زمین را از طریق خصوصیات مورفولوژیکی تحت تأثیر قرار می‌دهد. شیب‌های تند انعطاف‌پذیری عملیات نظامی را تا حد زیادی محدود می‌کنند. در مجموع شیب‌های بیش از ۷ درصد برای هر گونه فعالیت محدود کننده بوده و تهیه نقشه آن در فعالیت‌های رزمی مختلف نظیر حرکت یگان‌های خودروپی و زرهی و برآورد سرعت حرکت و نیز محل استقرار جنگ افزارهای توپخانه مؤثر است. (بهرام آبادی، ۱۳۸۸: ۷۷)

مناطق فرود بالگرد، طبق نظر کارشناسان، نباید شیبی بیش از ۷٪ داشته باشد تا اینکه ملخ آن با زمین یا دامنه ارتفاع برخورد نکند. نقشه شیب با استفاده از الگوی رقومی ارتفاعی^۱ منطقه به دست آمد و مناسب‌ترین شیب ۵٪ لحاظ گردید.

۲-۲-۷-۲) سامانه زهکشی و آبراهه‌ها

رودخانه‌ها و آبراهه‌ها از جمله موانع طبیعی هستند که در پدافند نقش بسیار مهمی دارند. سیستم‌های زهکشی، شکلی همانند درختان نامتقارن دارند که هر شاخه محتویاتش را به درون جریان بزرگ‌تری خالی می‌کند تا اینکه بزرگ‌ترین شاخه‌ها با بدنه اصلی اتصال پیدا کند. (کالینز، ۱۳۸۴: ۴۹)

به منظور تعیین محل فرود بالگرد، توجه به آبراهه‌ها و زهکش‌های موجود امری ضروری است. در این پژوهش فاصله از زهکش‌های اصلی ۵۰۰ و از زهکش‌های فرعی ۱۰۰ متر لحاظ گردیده است.

۲-۲-۳) قابلیت دید

تحلیل قابلیت دید یکی از مهمترین بخش‌های کاربرد الگوی رقومی ارتفاعی در علوم نظامی است. عمده‌ترین بخش بررسی قابلیت دید، میزان در دید بودن نیروهای دشمن برای نیروهای خودی و بر عکس میزان در دید بودن نیروهای خودی برای نیروهای دشمن است. (ملازاده، ۱۳۸۸: ۴۴۴)

یگان‌ها و تجهیزات نظامی باید در همه حال از دید و تیر دشمن محفوظ نگه داشته شوند تا به عنوان هدف مستقیم مورد تهدید واقع نگردند. نقشه قابلیت دید با توجه به موقعیت دشمن فرضی که در جنوب شرقی منطقه لحاظ گردیده است، در محیط GIS تهیه گردید.

۲-۲-۴) کاربری اراضی

نقشه کاربری اراضی بیانگر چگونگی استفاده از یک قطعه زمین است. داشتن اطلاعات صحیح از کاربری اراضی برای هر نوع فعالیت و برنامه‌ریزی در سطح کشور ضروری است. (اقدرد، ۱۳۹۱: ۱۱۷)

برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه عملیات، پیش پردازش که شامل تصحیحات رادیومتریک، اتمسفری و هندسی می‌باشد روی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ در محیط نرم افزار ENVI انجام گرفت. پس از آن عملیات طبقه‌بندی نظارت شده^۱ به روش حداکثر احتمال^۲ با دقت ۹۳.۹٪ و ضریب کاپای^۳ ۰.۹ به دست آمد. کاربری‌های منطقه شامل اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی، اراضی بیابانی و معادن می‌باشد. از آنجایی که اهمیت این کاربری‌ها متفاوت است، در نتیجه توابع عضویت مختلفی برای آن‌ها تعریف و به صورت چهار لایه مجزا پردازش می‌گردند. مناطق بیابانی شعاع عمل بیشتری را برای بالگردها فراهم می‌کند، در این مناطق محدودیت‌های کمتری در فرود متصور است. کمترین فاصله از مناطق مسکونی و معادن ۱۰۰۰ متر و از مناطق کشاورزی ۳۰۰ متر طبق نظرات کارشناسی لحاظ گردیده است.

۲-۲-۵) نوع سازندها و جنس خاک

آگاهی از زمین‌شناسی نظامی منطقه عملیات برای انجام مأموریت‌های نظامی امری مسلم است. کلیه نظامیان باید بدانند که زمین‌شناسی و خاک چه تأثیری بر رزم و عملیات پشتیبانی دارند. نوع سازندها، بافت، درجه مقاوم بودن و شکل ظاهری آن از ویژگی‌هایی است که باید به آن‌ها توجه کرد.

1- Supervised Classification

2- Maximum Likelihood Classification

3- Kapa coefficient

سازنده‌های تشکیل شده در اعصار مختلف مثل گرانیت و کوارتز بسیار سخت می‌باشند اما ماسه سنگ‌ها و حتی شیل‌های ناصاف، با دوام تر از مواد تشکیل دهنده آن‌ها به صورت مجزا هستند. (کالینز، ۱۳۸۴: ۵۵)

طبق نظر کارشناسان، ریز دانه بودن، نرم بودن و سست بودن خاک منطقه فرود، باعث ایجاد گرد و غبار فراوان در موقع فرود و برخاست بالگردها می‌شود که خود باعث کشف مواضع خواهد شد؛ به علاوه ذرات ریز غبار و شن‌های نرم به مرور باعث کاهش کارایی موتور و ایجاد نقص فنی می‌گردد؛ بنابراین در صحنه رزم واقعی به این مهم باید توجه ویژه داشت. (دستور رزمی، ۲۰۰۳: ۵۰۰-۱)

این منطقه شامل سه نوع خاک اریدی سول، آنتی سول و اراضی ماسه بادی می‌باشد که بیشترین ارزش با توجه به نظرات کارشناسی و بازدید میدانی به منطقه پوشیده از خاک‌های آنتی سول و شنی که مقاوم‌تر می‌باشد داده شد.

۲-۲-۷-۶) خطوط انتقال نیرو

از موارد و معیارهای مهم در مناطق فرود و دالان‌های حرکت بالگردها، توجه به خطوط شبکه انتقال برق می‌باشد که خلبان‌ها باید فاصله قانونی را در همه حال از آن‌ها رعایت نمایند. خطوط انتقال برق ۴۰۰ و ۶۳ کیلو ولت در منطقه، از داده‌های برق منطقه‌ای استان در محیط GIS رقومی و نقشه حریم آن تهیه گردید. حداقل فاصله ۱۵۰ متر و ۱۰۰ متر به ترتیب از خطوط مورد نظر در نظر گرفته شد.

۲-۲-۷-۷) نزدیکی به مواضع یگان‌ها

با توجه به این موضوع که یگان‌های هلی کوپتری به منظور اجرای پشتیبانی‌های رزمی، تدارکاتی، تخلیه مجروحان و غیره از واحدهای مانوری سازماندهی می‌گردند، بنابراین موقعیت مکان‌های فرود به منظور سرعت و تسهیل در امور مذکور، تا حد ممکن باید به آن‌ها نزدیک باشد. نقشه مناسب‌ترین موقعیت واحدهای رزمی با توجه به معیارهایی از قبیل شیب، جهت شیب، زهکشی، نوع لندفرم‌ها، تحلیل قابلیت دید، نوع سازنده‌ها و خاک، کاربری اراضی، محورهای مواصلاتی و خطوط دسترسی در محیط GIS تهیه گردید. مناسب‌ترین فاصله ۱۵۰۰-۳۰۰۰ متر در نظر گرفته شد.

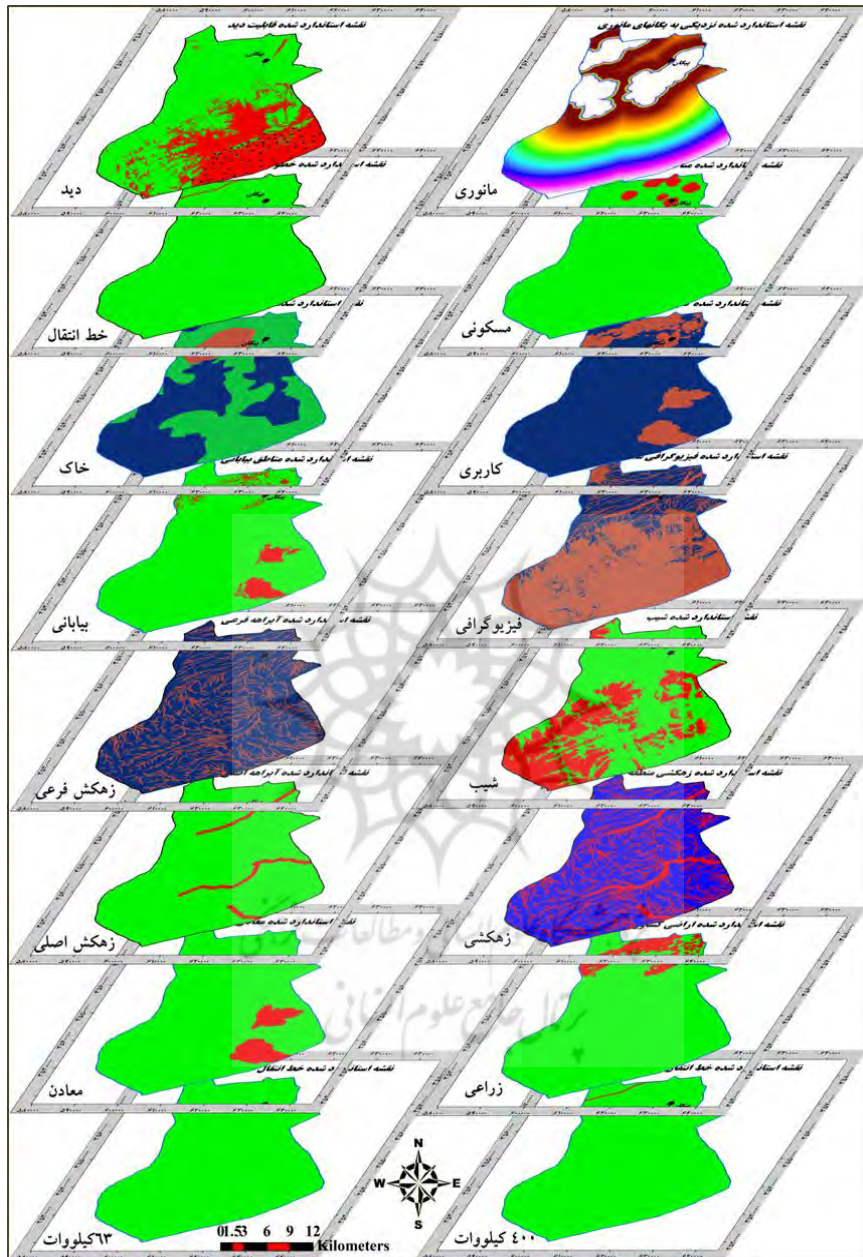
پردازش معیارها، بحث و یافته‌ها

۳-۱) پردازش معیارها، بحث و اجرا

۳-۱-۱) پهنه‌بندی پایگاه‌های فرود

بعد از آماده‌سازی لایه‌های مورد نظر، لازم است که برای اعمال توابع عضویت و به منظور استاندارد سازی، لایه‌ها به صورت رستر درآیند که این کار با استفاده از تابع فاصله اقلیدوسی انجام گرفته است. پس از استاندارد سازی داده‌ها، با توجه به اینکه هر یک از زیر معیارها تأثیر متفاوتی در تعیین موقعیت دارند، وزن دهی به لایه‌ها ضرورت می‌یابد. برای این کار از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است. در این روش ابتدا اعداد فازی و مقیاس‌های فازی مورد استفاده تعیین شده و سپس ماتریس‌های زوجی از معیارهای مرتبط ایجاد شد. لایه‌ها به صورت دو به دو با استفاده از اعداد فازی، توسط تصمیم گیرندگان مقایسه و در جدول‌های مربوط به صورت اعداد فازی وارد شدند. در جدول (۳)، اعداد فازی استفاده شده و مقیاس فازی مثلثی آن‌ها، آورده شده است.





شکل (۳) معیارهای استاندارد سازی شده با استفاده از توابع عضویت فازی

پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی و تکمیل آن، با استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای، وزن هر یک از معیارها مشخص شد. برای انجام این کار از برنامه نوشته شده در محیط نرم افزار متلب استفاده و با وارد کردن داده‌های جدول‌های مقایسه‌ای که به صورت اعداد فازی بودند، وزن هر معیار مشخص شد. (جدول ۴)

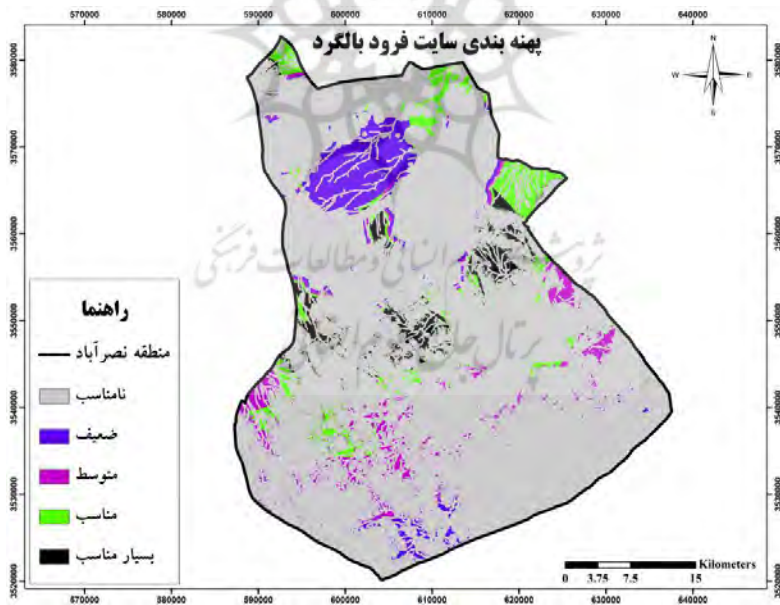
جدول (۳) اعداد فازی مثلثی استفاده شده

عدد قطعی	مقیاس فازی مثلثی	عدد فازی معکوس	مقیاس فازی معکوس	اهمیت معیارها
۱	(۱،۱،۱)	۱	(۱،۱،۱)	دقیقاً برابر
۲	(۰/۵،۱،۱/۵)	۰/۵	(۰/۶۶، ۱، ۰/۶۶)	اهمیت تقریباً
۳	(۱،۱/۵، ۰/۲)	۰/۳۳	(۰/۱۵، ۰/۶۶، ۱)	کمی مهم‌تر
۴	(۱/۵، ۰/۲، ۰/۵)	۰/۲۵	(۰/۴، ۰/۱۵، ۰/۶۶)	مهم‌تر
۵	(۰/۲، ۰/۵، ۰/۳)	۰/۲	(۰/۳۳، ۰/۴، ۰/۱۵)	خیلی مهم‌تر
۶	(۰/۲، ۰/۳، ۰/۵)	۰/۱۷	(۰/۲۹، ۰/۰، ۰/۳۳/۴)	خیلی خیلی مهم‌تر

برای انجام عمل همپوشانی با روش فازی، هر نقشه معیار در وزن حاصل از روش FAHP ضرب می‌شود و نقشه نهایی استاندارد شده به دست می‌آید. در نهایت همه نقشه‌ها توسط عملگر فازی گاما با ضریب ۰/۶ با هم ترکیب و بهترین گزینه‌ها انتخاب می‌شوند. با انجام این عمل نقشه‌ای به دست می‌آید که مناطق مناسب برای انتخاب پایگاه فرود بالگرد را نشان می‌دهد (شکل ۴). در این نقشه، مکان‌های به دست آمده در ۵ کلاس بسیار مناسب، مناسب، متوسط، ضعیف و نامناسب دسته‌بندی شده‌اند.

جدول (۴) وزن نهایی لایه‌ها

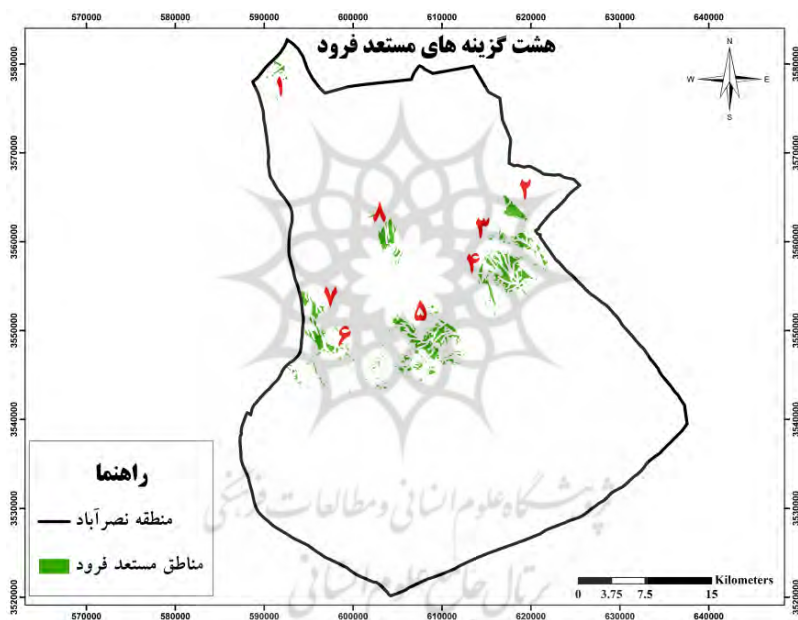
وزن	معیار اصلی	وزن	معیار اصلی
۰/۰۸۴۳	کاربری اراضی	۰/۲۸۸۸	فیزیوگرافی
۰/۲۷۴۷	خط انتقال نیرو	۰/۱۳۲۹	خاک
		۰/۲۱۹۳	نزدیکی به مواضع
وزن	معیار فرعی	وزن	معیار فرعی
۰/۶۶۴۸	زهکش اصلی	۰/۵۶۳	شیب
۰/۳۳۵۲	زهکش فرعی	۰/۲۸۱۵	قابلیت دید
۰/۳۳۵۲	خط انتقال ۶۳	۰/۶۶۴۸	خط انتقال ۴۰۰
۰/۱۲۹۲	معادن	۰/۱۵۴۱	مناطق مسکونی
۰/۴۴۸۶	بیابانی	۰/۲۶۸۱	مناطق زراعی
		۰/۱۵۵۵	زهکشی



شکل (۴) پهنه‌بندی مناطق فرود

۳-۱-۲) اولویت‌بندی گزینه‌ها

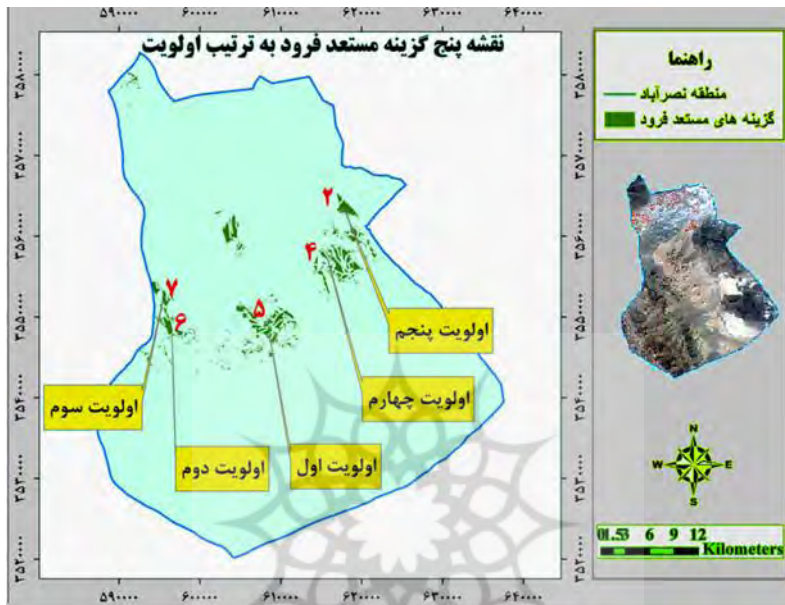
پس از تهیه نقشه‌ی پهنه‌بندی منطقه و مشخص شده بهترین مکان‌ها و گزینه‌ها، با استفاده از روش تاپسیس فازی نسبت به اولویت‌بندی گزینه‌های مطلوب به منظور اشغال اقدام گردید. برای انجام این کار از چهار لایه سازند، مناطق حفاظت شده زیست محیطی، فاصله از دشمن و مساحت مناطق مطلوب و تعداد ۸ گزینه مطلوب که در شکل (۵) نشان داده شده استفاده گردید. پس از تعیین وزن این لایه‌ها با روش FAHP، با کمک روابط مربوط به روش FTOPSIS، اولویت‌بندی گزینه‌های مطلوب در محیط نرم افزار متلب انجام شد. نقشه پنج اولویت اول جهت اشغال سایت‌ها در شکل (۶) و نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل روش تاپسیس فازی در جدول شماره (۷) نشان داده شده است.



شکل (۵) نقشه ۸ گزینه مطلوب پایگاه فرود بالگرد

جدول (۶) وزن محاسبه شده هر یک از معیارها با استفاده از روش FAHP

معیار	فاصله از دشمن	سازند	مساحت	زیست محیطی
FAHP وزن	۰.۳۰۱۹	۰.۲۲۵۴	۰.۲۶۸۴	۰.۲۰۴۲



شکل (۶) نقشه اولویت بندی گزینه های مستعد فرود (۵ گزینه برتر)

جدول (۷) اولویت‌بندی گزینه‌ها

اولویت‌بندی گزینه‌ها	گزینه‌ها	میزان مشابهت به راه حل مثبت ایده آل	فاصله از ایده آل منفی (D2)	فاصله از ایده آل مثبت (D1)
۱	۵	۰.۱۷۵۸	۰.۴۰۸۷	۱.۹۱۵۵
۲	۶	۰.۱۷۲۳	۰.۴۰۰۱	۱.۹۲۱۵
۳	۷	۰.۱۵۹۶	۰.۳۷۰۷	۱.۹۵۲۵
۴	۴	۰.۱۵۲۳	۰.۳۵۴۳	۱.۹۷۲۵
۵	۲	۰.۱۴۰۹	۰.۳۲۷۸	۱.۹۹۹۶
۶	۳	۰.۱۴۰۹	۰.۳۲۷۸	۱.۹۹۹۶
۷	۸	۰.۱۳۸	۰.۳۲۱۴	۲.۰۰۷
۸	۱	۰.۱۲۷۱	۰.۲۹۵۹	۲.۰۳۱۵

۳-۲- یافته‌ها

نتایج حاصل از پهنه‌بندی منطقه به منظور تعیین مناطق مستعد فرود بالگرد نشان می‌دهد که انتخاب مناسب‌ترین پایگاه‌های فرود بالگرد با نوع لندفرم‌ها و ژئومورفولوژی منطقه مرتبط است. این مواضع از لحاظ ژئومورفولوژی نظامی در مناطق کاملاً پوشیده، مخفی و محصور شده توسط عوارض زمین قرار گرفته‌اند که مانع از دید و آتش مستقیم دشمن روی آن‌ها می‌شود. با توجه به معیارهای لحاظ شده در حدود 37km^2 که تقریباً ۲٪ از کل منطقه را شامل می‌شود، به عنوان مناطق مناسب برای پایگاه‌های فرود بالگرد انتخاب گردیده است. بیش از ۹۹/۱٪ مناطق مذکور انتخابی در شیب‌های کمتر از ۵٪ و ۹/۱٪ باقیمانده نیز، در شیب‌های ۵-۷٪ واقع گردیده که مناسب انتخاب و احداث این مکان‌ها است. از موارد قابل توجه، حداقل فاصله ۶۵۰۰ متری این مکان‌ها از خطوط انتقال نیرو و قرار گرفتن در کاربری‌های بیابانی است که شعاع عمل مناسب‌تری را به منظور سهولت در تردد و مانور فراهم می‌نماید. نزدیکی مناطق پیشنهادی به یگان‌های مانوری، از ملاک‌های مهم در مکان‌یابی این واحدها می‌باشد؛ با توجه به مواضع یگان‌های مانوری لحاظ شده در تجزیه و تحلیل، این مهم با رعایت فاصله منطقی محقق گردیده است. مواقعی که چارچوب خاصی برای تعیین اهمیت و ارزش معیارها وجود ندارد، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، از بهترین گزینه‌ها است. در تصمیم‌گیری چند معیاره کلاسیک سعی می‌شود که تأثیر عوامل مختلف در تصمیم‌گیری با استفاده از مفاهیم ریاضی محاسبه شود. اما بسیاری از عوامل با منطق ریاضی کلاسیک امکان‌پذیر نیست. از طرف دیگر همیشه در دنیای واقعی عدم قطعیت وجود داشته و شرایط نامطمئن، همواره در مراحل مختلف مطالعه و بررسی یک مسئله وجود دارد. بنابراین در بسیاری از موارد، تمام یا قسمتی از داده‌های یک مسئله

تصمیم‌گیری چند معیاره، فازی هستند. در این صورت اگر مسئله با استفاده از داده‌های قطعی الگو و فرموله شوند، جواب درست و دقیقی به دست نخواهد آمد و گزینه‌های برتر انتخاب نخواهند شد.

۲) نتیجه‌گیری

امروزه سامانه اطلاعات جغرافیایی نقش محوری در عملیات‌های نظامی به عهده دارد. محاسن یک سامانه GIS نسبت به سایر فناوری‌ها، کیفیت بالای تحلیل داده‌ها و امکان تجزیه و تحلیل آن‌ها با روش‌های پیشرفته، مدیریت حجم زیاد اطلاعات و کاهش زمان و هزینه از مهمترین محاسن و ضرورت‌ها در وجود این سامانه، در مراکز نظامی است. با توجه به تعداد زیاد عواملی که باید در تصمیم‌های فضایی شناخته و مورد توجه قرار گیرند، نیز بسط روابط متقابل در میان آن‌ها، دشواری‌هایی را در تصمیم‌گیری به همراه دارد. دشواری مورد نظر در این است که به هنگام تلاش برای دستیابی و پردازش داده‌ها به منظور حصول اطلاعات برای تصمیم‌گیری، پیچیدگی مسئله ممکن است پردازش در سطحی را اقتضا کند که فراتر از توانایی‌های شناختی تصمیم‌گیر قرار دارد. در این راستا در این پژوهش از ترکیب GIS و فنون تصمیم‌گیری چند معیاری تاپسیسو فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با رویکرد فازی جهت پشتیبانی از تصمیم‌گیر و تصمیم‌مربخش استفاده شد. پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی منطقه، ۸ گزینه به عنوان مکان‌های مناسب برای مکان فرود مشخص گردید که کاملاً مطابق با ملاحظات این واحدها می‌باشند. در ادامه با استفاده از روش تاپسیس فازی، اولویت‌بندی آن‌ها انجام گرفت و نتایج نشان می‌دهد که به ترتیب گزینه‌های ۵، ۶، ۷، ۴ و ۲ به عنوان بهترین اولویت‌ها به منظور انتخاب مکان فرود می‌باشند. بازدید و ارزیابی‌های میدانی انجام شده از گزینه‌های پیشنهادی، حاکی از آن است که سامانه اطلاعات جغرافیایی همراه با تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاری فازی، به خوبی مکان‌های مناسب با هدف پژوهش را در این منطقه استخراج نموده و رویکرد دانش‌مبنای سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، با ترکیب تجربه و دانش کارشناسان امر، باعث حفظ جان کارکنان، کاهش خسارت‌ها، صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها در صحنه نبرد خواهد شد و بدین ترتیب فرضیه تحقیق قابل اثبات است. در پایان با توجه به نتایج حاصل و نظرات کارشناسی، به کارگیری این فناوری در صحنه نبرد پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع

- ۱) اقدر، حسین (۱۳۹۱)، مسیریابی خطوط لوله انتقال نفت با استفاده از GIS و منطق فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد RS-GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه چمران اهواز.
- ۲) بهرام آبادی، بهروز (۱۳۸۸)، بررسی تأثیر ژئومورفولوژی مناطق بیابانی در اهداف و عملیات‌های نظامی، مطالعه موردی: علی آباد قم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران.
- ۳) حاتمی، هوشنگ (۱۳۸۸)، بررسی نقش کارکردهای جدید سامانه اطلاعات جغرافیایی در ارتقای عملیات نظامی، همایش سراسری اطلاعات مکانی ۸۸، تهران، ص ۸۶.
- ۴) حنفی، علی؛ حاتمی، ایرج (۱۳۹۲)، مکان‌یابی مناطق مساعد برای استقرار نیروهای نظامی در منطقه مرزی مهران با استفاده از GIS، فصلنامه مدیریت نظامی، تهران: دانشگاه افسری امام علی (ع)، ۱۳۹۲، ۴۹، ۱۰۷-۱۲۸.
- ۵) عطایی، محمد (۱۳۸۹)، تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، چاپ اول، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- ۶) عظیمی حسینی، محمد و همکاران (۱۳۹۲)، کاربرد GIS در مکان‌یابی، چاپ چهارم، تهران: مهرگان قلم.
- ۷) علی محمدی، کامبیز (۱۳۸۸)، کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در امور نظامی و عملیاتی، همایش سراسری اطلاعات مکانی ۸۸، تهران: ص ۴۸۰.
- ۸) فخری، مجید و همکاران (۱۳۸۸)، تحلیل منطقه عملیات با استفاده از GIS، همایش سراسری اطلاعات مکانی ۸۸، تهران: ص ۵۱۳.
- ۹) کالینز، جان‌ام (۱۳۸۴)، جغرافیای نظامی، ترجمه: آهنی، م. و محسنی، ب، چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه امام حسین (ع).
- ۱۰) کوره پزان دزفولی، امین (۱۳۸۷)، اصول تئوری مجموعه‌های فازیو کاربرد آن در مدل‌سازی مسائل مهندسی آب، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
- ۱۱) مالچفسکی، یاچک (۱۳۹۰)، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری، چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت.
- ۱۲) ملا زاده گنجی، یاسر (۱۳۸۸)، کاربرد مدل ارتفاعی رقومی و تصاویر ماهواره‌ای در منطقه عملیاتی، همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی ۸۸، تهران: ص ۴۳۷ و ۴۴۴.
- ۱۳) موحدی نیا، جعفر (۱۳۸۸)، اصول و مبانی پدافند غیرعامل، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ص ۷۵.

۱۴) مهجوری، رضا (۱۳۹۱)، سنجش توزیع مکانی سوانح آتش سوزی و تعیین بهترین محل احداث ایستگاه‌های آتش نشانی و مسیریابی بهینه با GIS و منطق فازی در شهر اهواز، پایان نامه کارشناسی ارشد RS-GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۵) نصیری، محمدرضا (۱۳۸۸)، ارائه مدل مکان‌یابی مراکز حساس و حیاتی با توجه به اصول پدافند غیر عامل، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران.

- 16) Adlin, A, Taylor, M.A. (2005), consistent Method to Determine Flexible Criteria Weights for Multicriteria Transport Project Evaluation in Developing Countries, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 2005,6,3948-3963.
- 17) Baijal, M.R, Arora, M.K, Ghosh, S.K, (2006), A GIS Assisted Knowledge-Based Approach for Military Operation , Geomatics Engineering Section, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Tecchnology Roorkee, GIS development.
- 18) Chain, S. (2001), AHP method for solving group decision ° making fuzzy AHP problems computers & operation research, 29, 1969 ° 2001.
- 19) Ghodsi poor, S.H. (2000), Analytical Hierarchy Process AHP Tehran, publication of Amirkabir University.
- 20) Jogmohan Singh, (2006), The Importance of GIS in battlefield Surveillance , project management organization, Army Headquarters, Indian.
- 21) Karsak, E, Tolga, E. (2001), Fuzzy multi-criteria decision-making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments *International Journal of Production Economics*, 2001, 69, 49-64.
- 22) Lee, Colin. (1973), Models in Planning , Oxford:
- 23) *Pregamon Press*, Lich field, N.etal, Evaluation the Planning Process, London.
- 24) Por Ahmad, A, Habibi, K., Mohammad, Zahraei, S, Nazari Adli, S. (2007), Application of fuzzy algorithms and GIS equipment to locate Urban Case Study: City Landfill BABOLSAR *Journal of Ecology*, 2007, 33, 31-42
- 25) Salari, M, Moazed, H, Radmanesh F. (1390), Site Selection for Solid Waste by GIS& AHP-FuzzyLogic (Case Study: Shiraz City) , *Sunrise Health*, 1390, 11, 72.
- 26) Field Manual Headquarters-No 1-500, (2003), Department of the Army, washangton, United States.