مجله سیاست دفاعی
سال بیست و هفتم، شماره ۱۰۵، زمستان ۱۳۹۷: ۵۷ ـ ۳۷

بررسی میزان خطرپذیری دفاعی با استفاده از سامانه جی آی اس و منطق فازی تصمیم‌گیری در پهنه جغرافیایی

مهدی کیخایی[۱]

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۰۱ **تأیید مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰**

چکیده

توجه به مناطق پرخطر نظامی، از موضوعات اساسی طراحان و سیاست گذاران نظامی به‌منظور کاهش تلفات انسانی و تسلیحاتی در مواقع بحران و اضطراری است. شناخت زمین و آشنایی با ویژگی‌های مختلف آن با استفاده از ابزارهای به‌روز و کارآمد عامل مهمی در دستیابی به برتری نظامی محسوب می‌شود؛ از آنجایی که این مکان‌ها نقش بسیار کلیدی در صحنهٔ نبرد و دفاع عامل و غیر عامل ایفا می‌نمایند؛ لذا توجه به آن در دکترین دفاعی حائز اهمیت بوده و عدم توجه به آن شکست امنیتی و نظامی را در پی خواهد داشت؛ هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق آسیب‌پذیر نظامی و تحلیل علمی آن با استفاده از آنالیزهای مکانی در سامانه جی آی اس و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است؛ به این منظور، عوامل و فاکتورهای بسیار جامعی ازقبیل میزان شیب، زهکشی، دید و اختفاء، جنس خاک و زمین، جهت شیب، موانع و استحکامات موجود، کاربری اراضی، خطوط راه آهن و خطوط مواصلاتی جاده‌ای، سازندها، مراکز جمعیتی، فاصله از مرز، لندفرم‌های مرزی، شرایط آب و هوایی منطقهٔ مرزی، دمای سطح زمین و غیره مورد بررسی قرار گرفت. پس از آماده‌سازی داده‌ها و تشکیل پایگاه داده مورد نیاز، وزن‌دهی به معیارها به روش سلسله مراتب فازی انجام و عملیات همپوشانی فازی در محیط نرم افزار ArcGIS انجام گرفت؛ در ادامه پهنه‌بندی منطقه در پنج گروه بسیار کم‌خطر، کم‌خطر، خطرپذیر، پرخطر و بسیار پرخطر استخراج شد. نتایج پژوهش با توجه به نقشهٔ خطرپذیری نهایی استخراج شده، نشان می‌دهد که محدوده‌های باز و فاقد موانع طبیعی و مصنوعی، نزدیکی به مراکز جمعیتی و محورها و شاهراه‌های اصلی به سمت مراکز استان، از مناطق پرخطر محسوب شده که نیاز است در اولین فرصت جهت تقویت سامانه پدافندی آن، از طریق ایجاد موانع و استحکامات مصنوعی موثر اقدام شود؛ همچنین نقشهٔ حاصل‌شده نهایی نقش بی‌بدیل آب‌های سطحی را در دفاع عامل و غیرعامل گوشزد کرده و آن را عاملی تأثیرگذار در پدافند منطقه‌ای و متحرک معرفی می‌کند.

کلید واژه‌ها

سامانه اطلاعات جغرافیایی، خطرپذیری دفاعی، سلسله مراتبی فازی.

۱. استادیار گروه جغرافیای دانشگاه افسری امام علی(ع)، نیروی زمینی m_keykhaee60@yahoo.com

مقدمه

مکان‌یابی و پهنه‌بندی، انتخاب بهترین و مطلوب‌ترین نقطه و محل استقرار است؛ به‌طوری که پنهان و مخفی‌کردن 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). فرماندهانی که تمایل به اجرای مانور و عملیات در سطح زمین را دارند باید از شرایط، وضعیت، عوارض و لندفرم‌های زمین منطقهٔ عملیات و سطوح ارتفاعی برای مانور ادوات زرهی، تانک‌ها و توپ‌های کششی و خودکششی آگاهی کامل داشته باشند (برمن، ۲۰۰۶). 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 اثرات 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 می‌باشند که بعضاً باعث ایجاد تلفات انسانی و تسلیحاتی و نیز افزایش هزینه‌ها می‌گردد؛ 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 می‌باشد (کیخایی، ۱۳۹۳: ۵۵). تکنیک سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌مثابه 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 جهت 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 دیجیتال، سامانه اطلاعات جغرافیایی، بهترین وسیله برای فرماندهان در عملیات‌ها بوده و استفاده از قابلیت‌های

آن در نیروهای نظامی، نحوهٔ انجام عملیات‌ها و مأموریت‌های این نیروها را متحول ساخته است (فخری و همکاران، ۱۳۸۸).

در طی مراحل تحقیق این فرضیه متصور است که سامانه اطلاعات جغرافیایی با بهره‌گیری از روش‌های به‌روز و توان پردازشی بالا قادر است مناطق ریسک‌پذیر را با دقت مناسبی استخراج و مشخص نماید.

هدف از انجام این تحقیق، پهنه‌بندی مناطق خطرپذیر در پهنه جغرافیایی با بهره‌گیری از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی[1] می‌باشد. رویکردهای فازی با توجه به نزدیکی به‌بیان افراد قابل درک‌تر برای کاربر بوده و در شرایط تصمیم‌گیری با متغیرهای زیاد، نتایج و خروجی‌های بهتر و مطلوب‌تری را ارائه خواهد داد.

پیشینهٔ تحقیق

شناخت ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی (زمین‌ریخت‌شناسی) و توجه به آمایش سرزمین و جایابی مراکز مهم با توجه به تهدیدات و پتانسیل موجود در مناطق مرزی از اهمیت زیادی برخوردار است؛ عدم توجه به این مهم، اشتباهی بزرگ از منظر نظامی تحلیل می‌گردد. در این زمینه تحقیقات و مطالعات متعددی انجام گرفته است که تعدادی از تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده در این راستا در داخل و خارج از کشور به شرح زیر می‌باشد:

ـ پورزارع و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش جامعی به ارزیابی شاخص‌های ژئومورفوکلیمایی و نقش آن در مکان‌گزینی مراکز حیاتی، حساس و مهم با رویکرد دفاع غیرعامل در سواحل مکران از جاسک تا خلیج گواتر پرداخته است. در این مطالعه به اهمیت لندفرم‌ها و ژئومورفولوژی ساحل در دفاع و نیز آمایش سرزمین و نیز جایابی مراکز و تأسیسات اساسی تأکید گردیده و نقش آن‌ها را در میزان تهدیدات از این ناحیه بررسی نموده‌اند.

1. Fuzzy Logic

ـ لطفی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از GIS و تلفیق آن با روش برنامه‌ریزی خطی به مکان‌گزینی اردوگاه نظامی توجه نموده و بهره‌گیری از روش‌های ریاضیاتی در تصمیم‌گیری نظامی با دقت بالاتر در این حوزه را تأکید نموده است.

ـ فخری و غلامی (۱۳۹۳)، در تحلیلی مکان‌گزینی شهرهای شمال شرق کشور را با توجه به عوامل ژئوهیدروکلیمایی و رویکرد دفاع غیرعامل و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مطالعه و نقش به‌کارگیری این سامانه‌ها را در مباحث دفاعی تجزیه و تحلیل نموده‌اند.

ـ حنفی و همکاران (۱۳۹۲) با توجه به شاخص‌های هیدروکلیمایی مناطق مرزی ترکیه با کشور ایران را از منظر پدافند غیرعامل بررسی نموده است؛ در این تحقیق به نقش عوامل اقلیمی و تأثیر مستقیم آن بر مکان‌یابی تأسیسات حیاتی و حساس و دفاع غیرعامل پرداخته شده و عدم توجه به این مهم را در امنیت مرزی این مناطق مؤثر دانسته است.

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

ـ رضا زاده و همکاران (۱۳۹۲) اهمیت لندفرم‌ها و نیز جهات آن‌ها را مهم ارزیابی نموده و به بررسی ژئومورفولوژی ارتفاعات شمالی تهران پرداخته است؛ در این مطالعه تأثیر لندفرم‌های موجود بر دفاع از شهر تهران را در نبردهای ناهمتراز تجزیه و تحلیل نموده است.

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

ـ بهرام آبادی (۱۳۸۸)، در تحقیقی به بررسی تأثیر ژئومورفولوژی مناطق بیابانی در اهداف و عملیات‌های نظامی در منطقه مورد مطالعه یعنی دشت مسیلهٔ قم و محدودهٔ آن پرداخته و نقش و تأثیر فاکتورهای مختلف را در روند حرکت و مسیریابی و مکان‌یابی محل استقرار یگان‌ها بررسی کرده است.

ـ خیرآبادی و همکاران (۱۳۸۸)، در مقاله‌ای تحت 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 مدل‌سازی در این محیط را بررسی نموده است.

ـ بایگل و همکاران (۲۰۰۶)، در مقاله‌ای تحت عنوان "رویکرد دانش GIS مبنایی برای عملیات‌های نظامی "، به تعیین معیارهای لازم جهت تجزیه و تحلیل منطقه عملیات و تهیه نقشه‌های موضوعی نظیر محل فرود بالگرد، محل احداث پل‌ها، مناطق قابل تردد و غیره پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مواد و ابزار تحقیق

در این پژوهش از داده‌های زیر استفاده گردید:

ـ نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری با فرمت dgn؛

ـ نقشه‌های خاک‌شناسی و زمین‌شناسی؛

ـ نقشهٔ کاربری اراضی؛

ـ نقشهٔ راه‌ها و خطوط مواصلاتی؛

ـ نقشهٔ ژئومورفولوژی و لندفرم‌ها؛

ـ نقشهٔ آبراهه و سامانه زهکشی؛

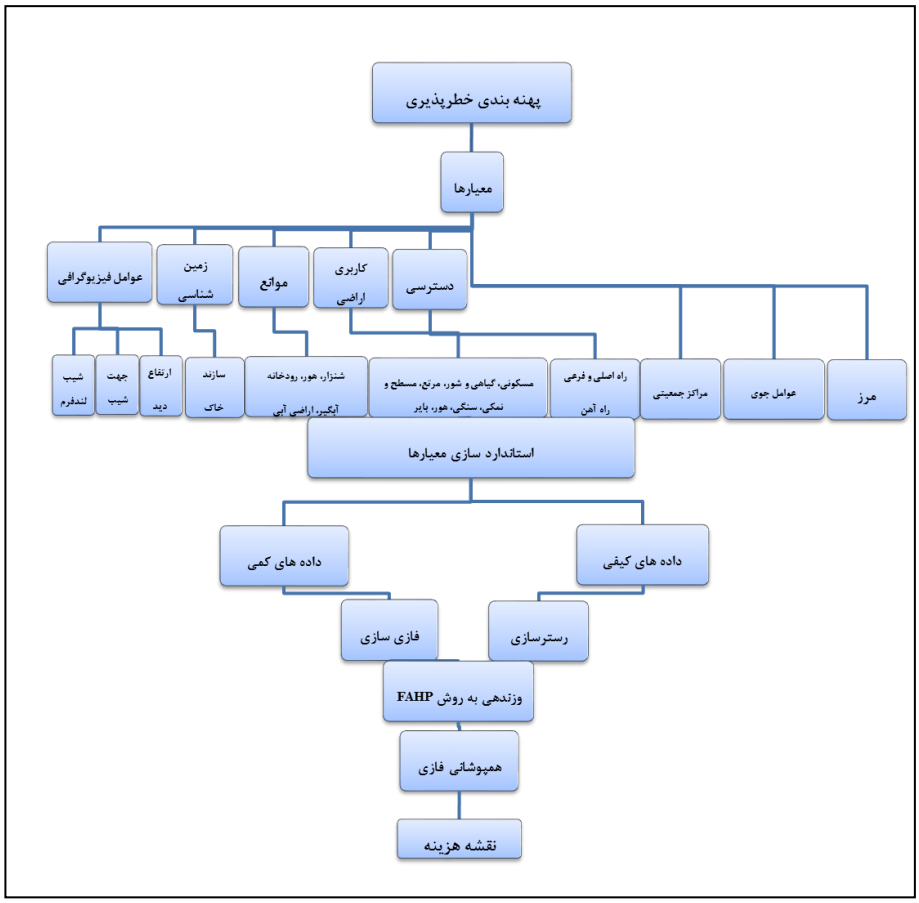
ـ نقشهٔ ارتفاعی منطقه DEM؛

ـ نقشهٔ شیب و جهت شیب.

برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده گردید. در طی مراحل تحقیق از نرم افزارهای ARCGIS10.5، نرم‌افزار پردازش تصویر ENVI 5.1، ARCHydroTools، نرم افزار MATLAB، نرم افزار Micro Station 2000 و Google Earth استفاده شد.

روش اجرای تحقیق

در انجام این پژوهش که یک نوع تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد؛ 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 نقشهٔ پهنه‌بندی منطقه، گزینه‌های مطلوب مشخص و در مرحلهٔ دوم با استفاده از تاپسیس فازی گزینه‌های مطلوب اولویت بندی گردیدند. شکل ۱ روش اجرای این فرایند را در دو مرحله نشان می‌دهد.



شکل ۱. رابطه مفاهیم نظری در پهنه‌بندی

انتخاب معیار

پهنه‌بندی، فرایند پیچیده‌ای است که نیازمند شناسایی عوامل مؤثر در مکان هر تأسیسات و نیرویی می‌باشد؛ بنابراین برای ایجاد نقشه خطر باید عوامل مؤثر شناسایی شوند و بعد لایه‌ها و نقشه‌های مورد نیاز برای تحلیل تهیه و پس از ارزش‌گذاری میزان تأثیر آن‌ها، تحلیل مربوطه صورت پذیرد. (فخری و همکاران، ۱۳۸۸: ۵۳).

فرایند پهنه‌بندی با استفاده از GIS، شامل یک سری مراحل معین و مشخصی بوده که برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان، اجرای آن‌ها اجتناب ناپذیر می‌باشد. به‌طور کل فرایند مکان‌یابی را می‌توان شامل مراحل شناخت، تهیه داده‌های مورد نیاز، تعیین فاکتورهای تأثیرگذار، شناخت دقیق از محدودهٔ مطالعاتی، آماده‌سازی داده‌ها، تهیهٔ نقشه، تلفیق نقشه‌ها و تهیهٔ نقشه‌های خروجی دانست (عظیمی، ۱۳۹۲: ٦۱).

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

برای انجام هدف پژوهش، با توجه به نظرات کارشناسی، معیارها و زیر معیارهای زیر در نظر گرفته شد:

۱. معیار فیزیوگرافی: که شامل زیر معیارهای شیب، قابلیت دید، ارتفاع، جهت شیب و لندفرم منطقه است؛

۲. معیار کاربری اراضی: این معیار از زیر معیارهای اراضی بایر، مسطح و شور، مسکونی، هور، مرتع، پوشیده و شور و اراضی سنگی تشکیل شده است؛

۳. معیار زمین شناسی: که شامل نوع سازندها و نوع خاک است؛

٤. معیار دسترسی: شامل نزدیکی به راه‌های اصلی، فرعی و راه آهن است؛

۵. معیار موانع: که شامل رودخانه‌ها، شنزارها، آبگیرها، هورها و اراضی زیر کشت است؛

٦. معیار نزدیکی به مرز؛

۷. معیار نزدیکی به مراکز جمعیتی.

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 سامانه‌هایی 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 سلسله مراتبی، 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 چندمعیاری را ابتدا توماس ال ساعتی[1] (۱۹۸۰) پیشنهاد کرد و تاکنون کاربردهای متعددی به‌ویژه در برنامه‌ریزی منطقه‌ای داشته است (ادلین[2]، ۲۰۰۵). فرایند تحلیل سلسله مراتبی در واقع یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است؛ این فرایند که بر مبنای مقایسات 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 فوق، 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 روش‌ها را به تنهایی رفع نموده است (سالاری و همکاران، ۱۳۹۰). منطق FAHP تفکرات بشری را در استفاده از اطلاعات تقریبی و نامطمئن برای تصمیم‌گیری بازتاب داده است (کرسک[3]، ۲۰۰۱).

توابع عضویت و استانداردسازی

مفهوم تابع عضویت[4] از اهمیت ویژه‌ای در تئوری مجموعه‌های فازی برخوردار می‌باشد؛ چرا که تمام اطلاعات مربوط به یک مجموعهٔ فازی به وسیله تابع عضویت آن توصیف و در

1. Tomas.L.Saatti
2. Adlin
3. Karsak
4. Membership Function

تمام کاربردها و مسائل مربوط استفاده می‌شود. تابع عضویت مقدار فازی‌بودن یک مجموعهٔ فازی را مشخص می‌کند (کوره پزان، ۱۳۸۷: ٤).

با توجه به اینکه در اندازه‌گیری معیارها، دامنهٔ متنوعی از مقیاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد بر همین اساس لازم است ارزش‌های موجود در لایه‌های مختلف نقشهٔ 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 استانداردسازی، روش فازی می‌باشد. عملیات فازی‌سازی، ورودی‌ها را گرفته و توسط توابع عضویت مربوط، یک درجه مناسب به هر یک نسبت می‌دهد. متغیرهای ورودی هر یک باید در محدودهٔ رقومی تعریف‌شده خود باشند (مثلاً فاصله از خیابان از صفر تا ۵۰۰) و خروجی‌ها، درجـهٔ عضویت فازی از مجموعه‌های تعیین کنندهٔ زبانی (بین صفر و یک) هستند (مهجوری، ۱۳۹۰: ٤٥).

وزن دهی به روش فازی ای اچ پی

هدف از وزن‌دهی آن است که بتوان اهمیت هر معیار را نسبت به معیارهای دیگر بیان کرد (مالچفسکی، ۱۳۹۰: ۳۰٦).

یکی از روش‌های وزن‌دهی معیار مدل AHP می‌باشد؛ این مدل یکی از سامانه‌های 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 به‌دست آوردن نظر کارشناسان دربارهٔ موضوع خاص است ولی به‌درستی نحوهٔ تفکر انسان را منعکس نمی‌کند؛ زیرا در مقایسه‌های زوجی از اعداد دقیق استفاده می‌کند و به علت طبیعت فازی‌بودن مقایسه‌های زوجی، قادر نیستند به‌صراحت نظرشان را مورد برتری و اهمیت معیارها بیان کنند؛ به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائهٔ 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 تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای[1] توسط چانگ[2] ارائه گردید که مراحل این روش در زیر شرح داده شده است (عطایی، ۱۳۸۹: ۱۰۳).

به طور خلاصه مدل Fuzzy AHP دارای مراحل زیر است:

ـ رسم نمودار سلسله مراتبی؛

ـ تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی.

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

ـ تشکیل ماتریس مقایسهٔ زوجی با به‌کارگیری اعداد فازی.

ماتریس مقایسهٔ زوجی ($\tilde{A}$) حاوی اعداد فازی تعریف‌شده است و به‌صورت زیر خواهد بود.

رابطه (۱)

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} ۱ & \tilde{a_{۱۲}} & \dots & \tilde{a_{۱n}} \\ \tilde{a_{۲۱}} & ۱ & \dots & \tilde{a_{۲n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a_{n۱}} & \tilde{a_{n۲}} & \dots & ۱ \end{bmatrix}$$

محاسبهٔ Si: برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسهٔ زوجی Si که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

رابطه (۲)

$$S_i = \sum_{j=۱}^{m} M_{gi}^{j} \times \left[\sum_{i=۱}^{n} \sum_{j=۱}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-۱}$$

که در این رابطه i بیانگر شمارهٔ سطر و j بیان کنندهٔ شمارهٔ ستون است؛ M_{gi}^{j} در این رابطه اعداد فازی مثلثی، ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی هستند.

روابط (۳، ٤، ٥)

$$\sum_{j=۱}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=۱}^{m} l_j, \sum_{j=۱}^{m} m_j, \sum_{j=۱}^{m} u_j\right)$$

$$\sum_{i=۱}^{n} \sum_{j=۱}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=۱}^{n} l_i, \sum_{i=۱}^{n} m_i, \sum_{i=۱}^{n} u_i\right)$$

$$\left[\sum_{i=۱}^{n} \sum_{j=۱}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-۱} = \left(\frac{۱}{\sum_{i=۱}^{n} u_i}, \frac{۱}{\sum_{i=۱}^{n} m_i}, \frac{۱}{\sum_{i=۱}^{n} l_i}\right)$$

در روابط بالا li و mi و ui به‌ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

1. Extant Analysis
2. Chang

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \times \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) = \left(\frac{\sum_{j=1}^{m} l_j}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{\sum_{j=1}^{m} m_j}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{\sum_{j=1}^{m} u_j}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$$ رابطه (٤)

محاسبهٔ درجهٔ بزرگی Siها نسبت به همدیگر به‌طور کلی درجهٔ بزرگی Si نسبت به Sj از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید.

رابطهٔ (٥):

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

ـ محاسبهٔ وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی؛

برای محاسبهٔ وزن نرمال‌نشدهٔ معیار باید میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی با سایر اعداد فازی مثلثی محاسبه شود و در نهایت حداقل میزان بزرگی، نشان دهندهٔ وزن نرمال‌نشده معیار است؛ بدین منظور از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود.

رابطهٔ (٦):

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

ـ محاسبه بردار وزن نهایی؛

بردار وزن نهایی از نرمال‌کردن بردار وزن معیارها به دست می‌آید.

$$W = \left(d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n)\right)^{t}$$ رابطهٔ (٧)

آنالیز همپوشانی

همپوشانی به ترکیب چند لایهٔ اطلاعاتی بر اساس معیارهای تعریف‌شده توسط کاربر و تولید یک لایهٔ اطلاعاتی جدید اشاره دارد (عظیمی، ١٣٨٩: ٢٣).

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

ـ همپوشانی وزن‌دار[1]؛

ـ همپوشانی مجموع وزن‌دار[2]؛

1. Weighted Overlay
2. Weighted Sum Overlay

ـ همپوشانی فازی[1].

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

عوامل مؤثر در خطرپذیری دفاعی

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

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 محدودکننده بوده و تهیهٔ نقشهٔ آن در فعالیت‌های رزمی مختلف نظیر حرکات یگان‌های خودرویی و زرهی و برآورد سرعت حرکت و نیز محل استقرار جنگ‌افزارهای توپخانه مؤثر است (بهرام آبادی، ۱۳۸۸: ۷۷).

جهت شیب

جهت شیب برای یگان‌های نظامی مهم و دارای اهمیت می باشد. میزان آبدهی، به‌علت اختلاف میکروکلیمای موجود در شیب‌های مختلف متفاوت است. شیب‌های آفتابگیر نسبت به سایه‌گیر گرم‌تر بوده و ذخیرهٔ آب خاک کمتر و در نتیجه پوشش گیاهی آن‌ها کمتر است (بهرام آبادی، ۱۳۸۸: ۷۷).

سامانه زهکشی و آبراهه‌ها

رودخانه‌ها و آبراهه‌ها از جمله موانع طبیعی هستند که در پدافند نقش بسیار مهمی دارند. سامانه‌های زهکشی، شکلی همانند درختان ناهمگون دارند که هر شاخه محتویاتش را به درون جریان بزرگ‌تری خالی می‌کند تا اینکه بزرگ‌ترین شاخه‌ها با بدنهٔ اصلی اتصال پیدا کند (کالینز، ۱۳۸٤: ٤۹).

1. Fuzzy Overlay

قابلیت دید

تحلیل قابلیت دید یکی از مهم‌ترین بخش‌های کاربرد مدل رقومی ارتفاعی در علوم نظامی است. عمده‌ترین بخش بررسی قابلیت دید، میزان در دید بودن نیروهای دشمن برای نیروهای خودی و برعکس میزان در دید بودن نیروهای خودی برای نیروهای دشمن است (ملازاده، ۱۳۸۸: ٤٤٤).

کاربری اراضی

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

برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ عملیات، پیش‌پردازش که شامل تصحیحات رادیومتریکی، اتمسفری و هندسی است، روی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ در محیط نرم‌افزار ENVI و توجه به شاخص NDVI انجام گرفت؛ پس از آن عملیات طبقه‌بندی نظارت‌شده[1] به روش حداکثر احتمال[2] با دقت ۹۳/۹٪ و ضریب کاپای[3] ۹/. به‌دست آمد؛ از آنجایی که اهمیت این کاربری‌ها متفاوت است، در نتیجه توابع عضویت مختلفی برای آن‌ها تعریف و به‌صورت شش لایه مجزا پردازش می‌گردند.

نوع سازندها و جنس خاک

آگاهی از زمین‌شناسی نظامی منطقهٔ عملیات برای انجام مأموریت‌های نظامی امری مسلم است؛ کلیهٔ نظامیان باید بدانند که زمین‌شناسی و خاک چه تأثیری بر رزم و عملیات پشتیبانی دارند. نوع سازندها، بافت، درجهٔ مقاوم بودن و شکل ظاهری آن از ویژگی‌هایی است که باید به آن‌ها توجه کرد. سازندهای تشکیل‌شده در اعصار مختلف مثل گرانیت و کوارتز بسیار سخت می‌باشند؛ اما ماسه سنگ‌ها و حتی شیل‌های ناصاف، بادوام‌تر از مواد تشکیل دهندهٔ آن‌ها به صورت مجزا هستند (کالینز، ۱۳۸٤: ۵۵).

1. Supervised Classification
2. Maximum Likelihood Classification
3. Kapa coefficient

طبق نظرات کارشناسان، ریزدانه‌بودن، نرم‌بودن و سست‌بودن خاک منطقه فرود، باعث ایجاد گردوغبار فراوان در موقع فرود و برخاست بالگردها می‌گردد که خود باعث کشف مواضع خواهد شد؛ به‌علاوه ذرات ریز غبار و شن‌های نرم به‌مرور باعث کاهش کارایی موتور و ایجاد نقص فنی می‌گردد؛ بنابراین در صحنهٔ رزم واقعی به این مهم باید توجه ویژه داشت (دستور رزمی: ۵۰۰ ـ ۱، ۲۰۰۳).

شبکه دسترسی

یکی از عوامل بسیار مهم در میزان خطر، نزدیکی به خطوط مواصلاتی است که شامل راه‌های اصلی، فرعی و راه آهن است؛ لذا پدافند از این مراکز حساس از الزامات دفاعی محسوب می‌شود.

موانع

در مبحث خطرپذیری از سمت دشمن وجود موانع طبیعی و مصنوعی بسیار حائز اهمیت است. در مکان‌هایی که عوارض طبیعی مستعد وجود دارد عملیات پدافند ساده‌تر و با نیروی کمتری قابل انجام است؛ در این منطقه وجود تالاب‌ها، شنزارها، اراضی آبی و... می‌تواند به‌عنوان کندکنندهٔ حرکات دشمن تلقی شود.

فاصله از مراکز جمعیتی

یکی از معیارهای مهم در پهنه‌بندی مراکز خطر نزدیکی به مراکز مسکونی است که پدافند از آن‌ها حائز اهمیت بوده و بار روانی زیادی را به کشور پدافندکننده وارد می‌سازد.

عوامل و پارامترهای اقلیمی

شناخت پارامترهای اقلیمی در هر منطقه می‌تواند کمک بزرگی به نیروهای نظامی نماید که در صورت آگاهی از آن‌ها می‌توان در جهت پدافند از آن‌ها بهره جست و از غافلگیری یگان در شرایط خاص جلوگیری کرد؛ در اینجا عناصر اقلیمی متنوعی بررسی گردیده که در ادامه نشان داده شده است.

لندفرم‌ها

اشکال زمین، حکم زیربنایی را دارند که سایر عوارض بر آن‌ها واقع گردیده‌اند؛ این اشکال به لحاظ اهمیت نظامی در سه مقوله، شامل اراضی مرتفع، زمین‌های مسطح و فرورفتگی‌ها

می‌باشد؛ هر کدام از این سه مقوله تأثیر منحصر به فردی بر تحرک و جابه‌جایی آزادانهٔ نیروهای زمینی و هوایی، مکان‌یابی هدف‌ها، ارسال آتش‌های مؤثر، پدافند و هماهنگ نمودن اقدامات پشتیبانی مؤثر در سطوح راهبردی، عملیاتی و تاکتیکی دارند (کالینز، ۱۳۸٤).

در عملیات نظامی در مقیاس تاکتیکی، این اشکال زمین هستند که موقعیت‌ها و مکان‌های مناسب برای پدافند و مناسب‌ترین معابر وصولی برای حملات نظامی را تعیین می‌کنند. ژئومورفولوژی نظامی در حقیقت، تأثیر عوارض و اشکال زمین و لندفرم‌ها را بر عملیات‌های نظامی در تمام سطوح مورد توجه قرار می‌دهد (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱).

پردازش معیارها، بحث و اجرا

پهنه‌بندی خطرپذیری دفاعی

بعد از آماده‌سازی لایه‌های مورد نظر، لازم است که برای اعمال توابع عضویت و به‌منظور استانداردسازی، لایه‌ها به‌صورت رستر[1] درآیند که این کار با استفاده از تابع فاصلهٔ اقلیدوسی انجام گرفته است؛ پس از استانداردسازی داده‌ها، با توجه به اینکه هر یک از زیرمعیارها تأثیر متفاوتی در تعیین موقعیت دارند، وزن‌دهی به لایه‌ها ضرورت می‌یابد؛ برای این کار از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده است؛ در این روش ابتدا اعداد فازی و مقیاس‌های فازی مورد استفاده تعیین و سپس ماتریس‌های زوجی از معیارهای مرتبط ایجاد شد. لایه‌ها به‌صورت دو به دو با استفاده از اعداد فازی، توسط تصمیم گیرندگان مقایسه و در جداول مربوط به‌صورت اعداد فازی وارد شدند. در جدول ۱، اعداد فازی استفاده‌شده و مقیاس فازی مثلثی آن‌ها، آورده شده است.

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 برنامهٔ نوشته شده در محیط نرم افزار متلب استفاده و با وارد کردن داده‌های جداول مقایسات که به صورت اعداد فازی بودند، وزن هر معیار مشخص شد (جدول ۱).

1. Raster

جدول ۱. 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 ،۲)	اهمیت تقریباً
۳	(۱،۱/۵ ،۲)	۰/۳۳	(۰/۵ ،۰/۶۶ ،۱)	کمی مهم‌تر
۴	(۱/۵ ،۲ ،۲/۵)	۰/۲۵	(۰/۴ ،۰/۵ ،۰/۶۶)	مهم‌تر
۵	(۲ ،۲/۵ ،۳)	۰/۲	(۰/۳۳ ،۰/۴ ،۰/۵)	خیلی مهم‌تر
۶	(۲/۵ ،۳ ،۳/۵)	۰/۱۷	(۰/۲۹ ،۰/۳۳،۰/۴)	خیلی خیلی مهم‌تر

برای انجام عمل همپوشانی با روش فازی، هر نقشه معیار در وزن حاصل از روش FAHP ضرب می‌شود و نقشه نهایی استانداردشده به دست می‌آید؛ در نهایت همه نقشه‌ها توسط عملگر فازی گاما با ضریب ۰/٦ با هم ترکیب و بهترین گزینه‌ها انتخاب می‌شوند؛ با انجام این عمل نقشه‌ای به‌دست می‌آید که پهنه‌بندی خطر را نشان می‌دهد. مکان‌های به‌دست‌آمده در پنج کلاس بسیار کم‌خطر، کم‌خطر، خطرپذیر، پرخطر و بسیار پرخطر دسته‌بندی شده‌اند.

جدول ۲. وزن نهایی لایه‌ها

معیار	وزن	معیار	وزن
فیزیوگرافی	۰/۱	مراکز جمعیتی	۰/۲
کاربری	۰/۸	موانع	۰/۲۴
زمین‌شناسی	۰/۸	مرز	۰/۱۲
دسترسی	۰/۱۸	رودخانه	۰/۲
تالاب	۰/۲۶	شنزار	۰/۱
اراضی آبی	۰/۱۷	هور	۰/۲
راه‌آهن	۰/۳۵	آبگیر	۰/۷
جاده اصلی	۰/۴	دید	۰/۲۵
جاده فرعی	۰/۲۵	ارتفاع	۰/۲۵
لندفرم	۰/۲	جهت شیب	۰/۱۵
شیب	۰/۱۵	مرتع	۰/۱۵
ارضی سنگی	۰/۰۵	گیاهی و شور	۰/۲۵
بایر	۰/۱۵	مسطح و شور	۰/۲۳
خاک	۰/۲	سازند	۰/۳

یافته‌ها

نتایج حاصل از پهنه‌بندی منطقه جهت تعیین منطقه نشان می‌دهد که بررسی میزان خطرپذیری دفاعی با نوع لندفرم‌ها و ژئومورفولوژی منطقه در رابطه می‌باشد. در کل مناطقی که قابلیت تردد در آن مشکل بوده و از لحاظ مانع‌بودن در مسیر نیروهای مهاجم غنی‌تر است در معرض خطر کمتری بوده و نیاز به نیروی کمتری نیز جهت دفاع خواهد داشت. زمین‌های هموار و پست در منطقه زمینه مساعدی را جهت حرکت افراد پیاده و مکانیزه دشمن فراهم آورده که نیاز است با برنامه‌های مدون مهندسی دفاعی نسبت به رفع این نقایص اقدام کرد. وجود شبکه آب‌های گسترده در منطقه جغرافیایی مورد بحث بسیار حائز اهمیت بوده و می‌تواند به‌عنوان دژی مستحکم در مواقع بحران به‌کار گرفته شود. مواقعی که چارچوب خاصی برای تعیین اهمیت و ارزش معیارها وجود ندارد، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، از بهترین گزینه‌ها می‌باشد. 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 امکان پذیر 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 چندمعیاره، فازی هستند؛ در این صورت اگر مسئله با استفاده از داده‌های قطعی مدل و فرموله شوند، جواب درست و دقیقی به‌دست نخواهد آمد و گزینه‌های ارجح انتخاب نخواهند شد.

نتیجه گیری

امروزه سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشی محوری در عملیات‌های نظامی به‌عهده دارد. محاسن یک سامانه جی. آی. اس. 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. که با تطبیق‌دادن با پهنه جغرافیای مورد نظر کابردی می‌شود. با توجه به تعداد زیاد عواملی که باید در تصمیمات فضایی شناخته و مورد توجه قرار گیرند و نیز بسط روابط متقابل در میان آن‌ها،

دشواری‌هایی را در تصمیم‌گیری به همراه دارد. دشواری مورد نظر در این است که به‌هنگام 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 این‌خصوص در این پژوهش از ترکیب جی. آی. اس. و فنون تصمیم‌گیری چندمعیاری و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با رویکرد فازی برای پشتیبانی از تصمیم‌گیر و تصمیم ثمربخش استفاده شد (آنالیزهای مکانی). توجه به رویکرد خطرپذیری و تهدید در مناطق مورد نظر از مباحث بسیار مهمی است که به‌صورت دقیق برای کلیه مناطق باید صورت پذیرد؛ در این بین به‌منظور کاهش هزینه‌های بررسی‌های طولانی و زمان‌بر می‌توان سامانه‌های پایش از راه دور را فعال‌تر کرده و در این باره قدم‌های محکم‌تری را برداشت.

منابع

فارسی

۱. اقدر، حسین (۱۳۹۱)، مسیریابی خطوط لوله انتقال نفت با استفاده از GIS و منطق فازی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد RS-GIS، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه چمران اهواز.

۲. بهرام آبادی، بهروز (۱۳۸۸)، بررسی تأثیر ژئومورفولوژی مناطق بیابانی در اهداف و عملیات‌های نظامی، مطالعهٔ موردی: علی آباد قم، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران.

۳. پورزارع، مرتضی؛ سیف، عبداله؛ سیاری، ح.؛ فخری، س (۱۳۹۷)، ارزیابی شاخص‌های ژئوهیدروکلیمایی بر مکانیابی مراکز حیاتی و حساس با رویکرد دفاع غیرعامل در سواحل مکران، نشریهٔ پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی کمی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱: ۱۲٤ ـ ۱٤٥.

٤. رضا زاده، قاسم؛ پورزارع، مرتضی؛ ملکی، غلامرضا؛ هاشمی نسب، حسین (۱۳۹۲)، نقش لندفرم‌های ارتفاعات شمال تهران بر دفاع از شهر با تأکید بر پدافند غیرعامل در جنگ‌های ناهمتراز، فصلنامه مدیریت نظامی، سال سیزدهم، شمارهٔ ۵۱: ۱۳۹ ـ ۱٦۸.

۵. حاتمی، هوشنگ (۱۳۸۸)، بررسی نقش کارکردهای جدید سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در ارتقاء عملیات نظامی، همایش سراسری اطلاعات مکانی ۸۸، تهران.

٦. حنفی، علی؛ موسوی، میرنجف (۱۳۹۲)، مکانیابی مراکز حساس و مهم نظامی در مناطق مرزی ترکیه و ایران با توجه به شاخص‌های هیدروژئوکلیمایی با رویکرد پدافند غیرعامل، فصلنامه مدیریت نظامی، سال سیزدهم، شمارهٔ ۵۱.

۷. حنفی، علی؛ حاتمی، ایرج (۱۳۹۲)، مکان‌یابی مناطق مساعد برای استقرار نیروهای نظامی در منطقهٔ مرزی مهران با استفاده از GIS، فصلنامهٔ مدیریت نظامی، شماره ٤۹: ۱۰۷ ـ ۱۲۸.

۸. سنایی فرد، یونس (۱۳۹۰)، جغرافیای نظامی ایران: تهران: انتشارات دانشگاه افسری امام علی(ع).

۹. عطایی، محمد (۱۳۸۹)، تصمیم گیری چندمعیاره فازی، چاپ اول، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱۰. عظیمی حسینی، محمد، نظری فرد، محمدهادی، مؤمنی، رضوانه (۱۳۹۲)، کاربرد GIS در مکان‌یابی ، چاپ چهارم، تهران: مهرگان قلم.
۱۱. علی محمدی، کامبیز (۱۳۸۸)، کاربرد سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در امور نظامی و عملیاتی، همایش سراسری اطلاعات مکانی ۸۸، تهران.
۱۲. فخری، مجید؛ نکویی، فرناز؛ برغنی، حسین (۱۳۸۸)، تحلیل منطقهٔ عملیات با استفاده از GIS، همایش سراسری اطلاعات مکانی ۸۸، تهران.
۱۳. کالینز، جان (۱۳۸٤)، جغرافیای نظامی، ترجمهٔ محمدرضا آهنی؛ محسنی، ب، چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه امام حسین(ع).
۱٤. کوره‌پزان دزفولی، امین (۱۳۸۷)، اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسائل مهندسی آب، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
۱۵. کیخایی، مهدی؛ رنگزن، کاظم؛ تقی زاده، ا (۱۳۹۳)، تجزیه و تحلیل منطقهٔ عملیات مانور نظامی با تأکید بر مکان‌یابی یگان‌های نظامی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، در منطقهٔ نصرآباد استان اصفهان، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۱٦. لطفی، احمد؛ حنفی، علی؛ عباس زاده، ناصر (۱۳۹۵)، مکان‌یابی نقاط بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه‌های افسری با استفاده از روش تلفیقی GIS و برنامه ریزی خطی، مجلهٔ مدیریت نظامی، سال شانزدهم، شمارهٔ ٦۲.
۱۷. مالچفسکی، یاچک (۱۳۹۰)، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری، چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت.
۱۸. ملا زاده گنجی، یاسر (۱۳۸۸)، کاربرد مدل ارتفاعی رقومی و تصاویر ماهواره‌ای در منطقهٔ عملیاتی، همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی ۸۸، تهران.
۱۹. موحدی نیا، جعفر (۱۳۸۸)، اصول و مبانی پدافند غیرعامل، چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
۲۰. مهجوری، رضا (۱۳۹۱)، سنجش توزیع مکانی سوانح آتش سوزی و تعیین بهترین محل احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی و مسیریابی بهینه با GIS و منطق فازی در شهر اهواز، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد RS-GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۲۱. نصیری، محمدرضا (۱۳۸۸)، ارائهٔ مدل مکان‌یابی مراکز حساس و حیاتی با توجه به اصول پدافند غیر عامل، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت.

انگلیسی

1. 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.

2. 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.
3. Chain, S. (2001),"AHP method for solving group decision – making fuzzy AHP problems computers" & operation research, 29, 1969 – 2001.
4. Ghodsi poor, S.H. (2000), "Analytical Hierarchy Process AHP", Tehran, publication of Amirkabir University.
5. Jogmohan Singh, (2006),"The Importance of GIS in battlefield Surveillance", project management organization, Army Headquarters, Indian.
6. 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.
7. Lee, Colin. (1973), "Models in Planning", Oxford: Pregamon Press, Lich field, N. etal, Evaluation the Planning Process, London.
8. 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
9. Salari, M, Moazed, H, Radmanesh F. (1390), "Site Selection for Solid Waste by GIS & AHP-Fuzzy Logic (Case Study: Shiraz City)", Sunrise Health, 1390, 11, 72.
10. Field Manual Headquarters-No 1-500, (2003), Department of the Army, washangton, United States.