نشریه علمی

پژوهش‌های تجربی در مهندسی عمران

سال چهارم، جلد 4، شماره 2، پاییز و زمستان 1396 صص 95 الی 110

تاریخ دریافت مقاله: 1397/12/15

تاریخ تصویب مقاله: 1398/06/10

پایگاه نشریه: http://jerce.sru.ac.ir

مکان یابی تأسیسات نظامی با رویکرد پدافند غیر عامل (مطالعهٔ موردی: استان مازندران)

پدرام ناظری [1] و فرهاد حسینعلی [2] *

[1] **دانشجوی کارشناسی ارشد،** گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

[2] **استادیار،** گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

f.hosseinali@sru.ac.ir

چکیده: با توجه به موقعیت استراتژیک ایران در منطقه خاورمیانه و حضور مداوم تهدیدات خارجی، اتخاذ تمهیدات مختلف در حفظ و حراست از تجهیزات و تأسیسات نظامی ضروری است. یکی از اقداماتی که می‌تواند مانع بروز آسیب های داخلی شود، اقدامات پدافند غیر عامل و یکی از اصول مهم آن مکان‌یابی صحیح است. در همین راستا سیستم اطلاعات جغرافیایی *(GIS)* با توان پردازشی بالا و مدیریت حجم بالای اطلاعات می‌تواند فرماندهان و طراحان نظامی را یاری کند. هدف از تحقیق حاضر یافتن مکانی مناسب برای تأسیسات و تجهیزات نظامی با در نظر گرفتن جنبه‌های ایمنی نظامی و پدافندی است. این تحقیق در دو سطح وسیع و دقیق در استان مازندران انجام شد. در سطح وسیع ابتدا معیارها با نظر کارشناسان مشخص گردید و نقشه‌های معیار آماده شد. سپس با استفاده از روش *AHP* نقشه‌ها و وزندهی و به کمک روش همپوشانی شاخص بر هم‌نهی شدند. مطابق نتایج بهترین منطقه در استان بخش چهاردانگه در شهرستان کیاسر می‌باشد. در ادامه به منظور مشخص نمودن بهترین سایت با در نظر گرفتن معیارهای پدافند غیر عامل، مجددا مبادرت به تهیه نقشه‌های معیار از بخش مورد نظر شد. در این مرحله با هدف در نظر گرفتن عدم قطعیت در مقداردهی، از روش فازی استفاده شد. لذا تمامی نقشه‌های معیار به صورت فازی در آمدند و با اتخاذ رویکردی سختگیرانه به کمک تابع ضرب فازی نقشه‌ها تلفیق و سایت مناسب مشخص گردید. ارزیابی نتایج با استفاده از پژوهش‌های میدانی نشان داد که محوطه برگزیده شده از شرایط کاملا مطلوبی برای اهداف تحقیق برخوردار است.

کلمات کلیدی: مکان‌یابی، پدافند غیرعامل، سیستم اطلاعات جغرافیایی،تحلیل سلسله مراتبی، فازی، تأسیسات نظامی.

Military installations site selection with passive defense considerations (Case study: Mazandaran Province)

P. Nazeri and F. Hosseinali

Abstract: According to the strategic position of Iran in the Middle East region and the continued presence of foreign threats it is essential to take different measure to protect military installations. One of the measure that can prevent internal damage, is passive defense. One of the important principles in passive defense is the proper site selection. For this purpose, Geographic Information System (GIS) equipped with high processing power and capability of voluminous information management can help commanders and designers. The aim of this research is to find a suitable site for military installations and equipment considering the principles of military safety and passive defense. This research was carried out at two levels of details in Mazandaran Province. At the large level, the effective factors were determined by experts and the prepared factor maps. Then, the maps were weighted using AHP method and were overlaid using Index Overlay approach. The results of this level showed that the most appropriate area is Chahardange district located in Kiasar county. Therefore, with the goal of taking uncertainty into account, fuzzy method was used and the factor maps were fuzzified and by adopting a strict approach, fuzzy product function was used. Consequently, the maps were combined using fuzzy product and the proper site was determined. Evaluation of the results by field investigates revealed that the determined site has the proper condition for the purposes of research.

Keywords: *Site Sselection, Passive Defense, Geographic Information System, Analytical Hierarchy Process, Fuzzy, Military Installations.*

1- مقدمه

دنیای امروز، دنیای اطلاعات و مدیریت بهینه آن‌ها است. قسمت عمده‌ای از تصمیمات اخذ شده توسط متخصصین علوم مختلف، به نوعی با عوامل محیطی و مکانی بر هم کنش دارند. لذا وجود اطلاعات مکانی دقیق، مطمئن، بهنگام، یکپارچه، استاندارد و نیز مدیریت بهینه آن از موضوعات بسیار اساسی در موفقیت این تصمیمات و اجرای آن‌ها می باشد. یکی از اقدامات عمده پدافند غیرعامل توجه به اصل مکان یابی می باشد. در احداث هر یک از مراکز تأثیر گذار باید به این امر دقت ویژه‌ای گردد. هرچه قبل از احداث مراکز به ویژگیهای مکانی آن دقت بهتری شود، آسیب پذیری مجموعه کمتر شده و کارایی بهینه خواهد داشت. در این راستا می توان از ابزارهای جدید که به کمک تصمیم سازی بهینه آمده‌اند استفاده نمود [1]. یکی از کارآمدترین علوم و ابزارهای پشتیبان تصمیم، علم و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد. هم‌اکنون از GIS در جهت یافتن مکان‌های مناسب برای فعالیت‌های گوناگون بیشترین استفاده‌ها می‌شود. یکی از اصول اساسی در دفاع عامل و غیر عامل شناخت منطقه نبرد از جمله جو و زمین است و بدون آگاهی از وضعیت آن‌ها طرح ریزی عملیات ارزشی ندارد[2]. در مباحث نظامی داشتن اطلاعات دقیق از عوارض و پدیده‌های مکانی سطح زمین در تصمیمگیری فرماندهان و رؤسای ستاد برای طرح‌ریزی منطقه عملیات و اجرای آفند و پدافند بسیار حائز اهمیت است، این در حالی است که امروزه به علت رشد سریع فناوری و دخالت پارامترهای مختلف در تصمیمگیری، طراحی منطقه نبرد در شرایط عدم اطمینان بسیار مشکل است. توانایی تصمیمگیری سریع و دقیق به وسیله فرماندهان در سطوح عملیاتی و تاکتیکی بسیار مهم می باشد. تصمیم‌گیری صحیح و منطقی به علت حجم بالای اطلاعات، بسیار پیچیده است، بنابراین در اینجا نقش سیستمی جهت مدیریت حجم بالای اطلاعات نمود پیدا می‌کند تا بتواند فرماندهان و طراحان نظامی را در فرآیند تصمیمگیری و یکپارچه کردن تلاش‌های نیروهای رزمی در منطقه عملیاتی، یاری نماید. یکی از این سامانه‌ها که اطلاعات صحیح و خلاصه شده را در زمان مناسب به تصمیمگیرندگان ارائه و امکان تصمیمگیری صحیح و دقیق را فراهم می‌آورد، سامانه اطلاعات جغرافیایی است[3, 4].

1-1 بیان مسئله

در این پژوهش نخست باید الزامات مکان‌یابی از دیدگاه پدافند غیر عامل برای تأسیسات نظامی مشخص گردد و سپس تعیین شود که چه عوامل و عناصری را باید در مکان‌یابی تأسیسات نظامی در نظر گرفت و اهمیت هر کدام چقدر است.

1- 2 اهداف تحقیق

بررسی معیارهای مکان‌یابی مراکز و تأسیسات نظامی با رویکرد پدافند غیر عامل جهت حداکثر سازی ایمنی آن‌ها در برابر خطرات مختلف طبیعی و انسانی است. در این تحقیق اهداف زیر دنبال می‌شوند:

- بررسی پدیده‌های ژئومورفولوژیک منطقه و تأثیر مستقیم و غیر مستقیم آنها بر استقرار تجهیزات و تأسیسات نظامی.
- تهیه بانک اطلاعات جامع نظامی در منطقه مورد مطالعه و مدل‌سازی تمام لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز.
- ارائه روشی مؤثر و کارآمد در تصمیم‌سازی، جهت استقرار تجهیزات و تأسیسات نظامی.

1-3 اهمیت و ضرورت تحقیق

در مباحث نظامی، امروزه تجزیه و تحلیل و بررسی بهینه منطقه نبرد و عملیات از دغدغه های اصلی فرماندهان نظامی است. شناخت زمین و آشنایی با ویژگی‌های آن عامل مهمی در دستیابی به برتری نظامی محسوب می شود. مؤلفه‌های اصلی بررسی منطقه نبرد یعنی مشخص کردن موانع، میادین دید و تیر، انتخاب مکان مناسب برای استقرار نیروها و تجهیزات نظامی، انتخاب مسیرهای مناسب جهت دستیابی به هدف‌ها، اندازه‌گیری دقیق فواصل و زوایا، محورهای مواصلاتی، محل‌های مناسب جهت اختفاء و استتار، محل فرود بالگرد و اجرای عملیات‌های مختلف، از مهمترین مواردی است که نیاز به بررسی دارد. نتایج تحلیل‌های منطقه عملیات به عنوان مبنایی برای ارائه راهکارهای مناسب برای طراحان عملیات‌های نظامی محسوب می‌شود[5].

سیستم اطلاعات جغرافیایی با توانمندی‌های مختلف پردازشی در قالب نرم افزارهای متعدد، طراحان را در مراحل مختلف طراحی و اجرای عملیات یاری می‌رساند. با استفاده از بررسی‌های دقیق به عمل آمده در مناطق عملیاتی از روی تصاویر ماهواره‌ای در فواصل زمانی مختلف، می‌توان به تغییرات به وجود آمده در منطقه پی برد. GIS

به عنوان یک سکوی مرکزی در فعالیت‌های نظامی با استفاده از نقشه های رقومی و اطلاعات توصیفی موجود، امکان انجام تجزیه و تحلیل‌ها و تولید اطلاعاتی چون: موقعیت ایده آل دید بانی با بهترین خط دید، بهترین خط آتش، قابلیت پنهان کردن یگان‌ها و تجهیزات، شبیه‌سازی میدان جنگ، طراحی ارتباطات و مشکلات همراه خطوط ارتباطی، شبیه‌سازی و تحلیل پوشش راداری در یگان‌های پدافند هوایی، همپوشانی هیدرولوژیکی، تهیه نقشه‌های شیب، همپوشانی موانع ترکیبی خنثی شده و غیره را می‌دهد [5، 6].

1-4 تعاریف و مفاهیم تحقیق

1-4-1 مکان یابی

یکی از اقدامات اساسی و عمده در بحث پدافند غیر عامل جهت مخفی ماندن و در تیررس نبودن تأسیسات نظامی، انتخاب محل مناسب برای آن‌ها می‌باشد [7].

مکان‌یابی فرآیندی است که از طریق آن می‌توان بر اساس شرایط تعیین شده برای یک کاربری مشخص و با توجه به منابع و امکانات موجود، بهترین محل مناسب را تعیین نمود. مکان‌یابی در واقع تجزیه و تحلیل توامان اطلاعات مکانی و داده‌های توصیفی به منظور یافتن یک یا چند موقعیت مکانی با ویژگی‌های توصیفی مورد نظر می‌باشد [8].

1-4-2 پدافند

از نظر لغت شناسی، واژه «پدافند» از دو جز پد و آفند تشکیل شده است. در فرهنگ و ادب فارسی، «پاد» یا «پد» پیشوندی است که به معنی ضد یا متضاد بوده و هرگاه قبل از واژه¬ای قرار گیرد، معنای آن واژه را معکوس می‌نماید و واژه آفند نیز به مفهوم جنگ و جدال است. پس می توان گفت که پدافند معادل و مترادف دفاع می‌باشد. پدافند بر دو نوع عامل و غیر عامل تقسیم می شود. در واقع، «پدافند عامل» به کارگیری اقدامات آفندی و تهاجمی با هدف ممانعت از پیشروی دشمن است، در حالی که پدافند غیرعامل عبارت است از «به کار بردن روش هایی که از آثار زیان-های ناشی از اقدامات دشمن بکاهد یا آن را به حداقل برساند». به بیان ساده‌تر، برخلاف پدافند عامل، در پدافند غیرعامل از هیچ نوع جنگ افزاری در برابر دشمن استفاده نمی‌گردد. وجه تمایز پدافند عامل و غیرعامل، عامل انسانی می باشد. به این معنی که پدافند عامل همراه با ابزاری است که نیاز به مدیریت مستقیم داشته و کاربردی انسانی دارد و مشتمل بر ابزار و آلات جنگی، سازماندهی، آموزش و مدیریت نیروهاست که در شرایط عدم حضور انسان، آن ابزار به خودی خود فاقد اعتبار است. در حالی که پدافند غیرعامل، امکانات معماری در زمینه مهندسی جنگ می باشد به گونه‌ای که بدون ابزار و توانمندی، نیروی رزمی و دفاعی را افزایش می‌دهد. به طورکلی پدافند غیرعامل به مجموعه اقدامات احتیاطی به منظور به حداقل رساندن تأثیر عملیات خصمانه دشمن اطلاق می شود که مستلزم به کارگیری جنگ افزارها و تسلیحات نیست، بلکه شامل مکان‌یابی بهینه، ایجاد مکان‌های امن، استتار، اختفا، پراکندگی، استحکامات و پناهگاه‌ها، تحرک، حیله و فریب، ایجاد سامانه‌های اطفاء حریق و کنترل خسارات می‌باشد که با اجرای آن می‌توان از وارد شدن صدمات جانی و خسارات مالی و تجهیزاتی به تأسیسات حیاتی، حساس و مهم نظامی و غیرنظامی جلوگیری کرد و یا میزان این خسارات و تلفات را به حداقل ممکن کاهش داد [9، 10].

1-5 پیشینه پژوهش

نظریه مکان‌یابی اولین بار توسط فان تانون در سال 1826 میلادی و در زمینه فعالیت‌های کشاورزی ابداع و اولین چارچوب عملی این نظریه ، به طور رسمی توسط آلفرد وبر و در سال 1909 معرفی شد. او مسئله مکان‌یابی یک انبار واحد را با هدف کمینه کردن مجموع فواصل سفر بین انبار و مجموعه‌ای از مشتریان مورد بررسی قرار داد. قبل از نیمه اول دهه 60 میلادی، کار در شاخه نظریه مکان‌یابی کاربردهای مجزایی از قبیل ماشین آتش‌نشانی، شبکه راه آهن، مکان‌های از بین بردن ضایعات، تعویض مکان در شبکه تلفن سایت‌های کارخانه و ایستگاه‌های مسیریابی روی خط آهن را شامل می‌شد [11]. لیانگ و وانگ در سال 1999 میلادی پیشنهاد یک الگوریتم مکان‌یابی با استفاده از مفاهیم تئوری فازی را دادند. هجوم پژوهشگران به تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ، در بیش از 20 سال اخیر به چشم می‌خورد. تکنیک‌هایی چون فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، برنامه ریزی آرمانی (GP، TOPSIS) و مجموعه های فازی و دیگر مدل های ترکیبی و هیبریدی را نویسندگان مقالات بسیاری برای شناسایی و انتخاب مکان بهینه استفاده کردند[8]. در ادامه به برخی مطالعات مهم صورت

گرفته در این زمینه در دو بخش مطالعات داخلی و خارجی اشاره می‌گردد.

1-5-1 مطالعات داخلی

اصغریان جدی (*1386*) به بررسی الزامات معمارانه در پدافند غیر عامل پایدار پرداخت. سرانجام این پژوهش اعلام می‌دارد الزامات معمارانه در پدافند غیر عامل پایدار با استفاده از روش میان رشته‌ای امکان پذیر است [*12*].

حاج حسین زاده و آقادادی (*1387*) موضوع مهم پدافند غیر عامل در مدیریت ریسک پروژه‌ها و نقش و جایگاه آن را در سیستم مدیریت پروژه مورد بحث و بررسی قرار دادند. اقدامات پدافند غیرعامل، فرایند احتیاطی و پیشگیرانه‌ای است که الزاما می‌باید در زمان صلح شروع و تا پایان وقوع بحران و تهدید ادامه یابد. همچنین رویکرد مدیریتی و نحوه مقابله با آن، رویکردی پیشگیرانه است [*13*].

بهرام‌آبادی و یمانی (*1391*) در مطالعه خود به بررسی تأثیر ژئومورفولوژی مناطق بیابانی در اهداف و عملیات های نظامی در منطقه دشت مسیله قم و محدوده آن پرداخته و نقش تأثیر فاکتورهای مختلف را در روند حرکت، مسیریابی و مکان‌یابی محل استقرار یگان‌ها بررسی کرده و در نهایت نقشه پهنه‌بندی این منطقه را با توجه به خصوصیات موجود تهیه نمودند [*14*].

فتحی (*1389*) به تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌یابی مراکز نظامی موجود در دامنه های غربی ارتفاعات سهند شامل ، مراکز آموزش *03* عجب‌شیر و گروه *11* توپخانه مراغه و سایر مراکز نظامی موجود در محدوده مورد مطالعه پرداخت و با استفاده از روش *AHP* نقشه پهنه‌بندی مناطق مطلوب برای احداث مراکز نظامی را تهیه کرد و سر انجام به این نتیجه رسید که پادگان‌های تبریز و عجب‌شیر از نظر مکان‌یابی در رابطه با عوامل ژئومورفولوژیکی نسبت به پادگان‌های مراغه وضعیت مساعدتری دارند [*3*].

حنفی (*1392*) به بررسی نقش عوامل جغرافیایی در مکان‌یابی مراکز حساس و مهم از منظر پدافند غیر عامل در مرز ایران و افغانستان پرداخته است. در آن پژوهش مناسب‌ترین محل برای مکان یابی این مراکز در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی *AHP* تعیین گردید [*15*].

حنفی و حاتمی (*1392*) در تحقیقی، مناطق مساعد برای استقرار نیروهای نظامی در منطقه مرزی مهران را مورد بررسی قرار داده و با کمک سامانه اطلاعات مکانی، نقشه پهنه بندی این منطقه را با توجه به خصوصیات ژئومورفولوژیکی موجود تهیه نموده‌اند [*3*].

اسدی (*1392*) به بررسی نقش پدیده های ژئومورفولوژیکی در مسائل دفاعی نواحی مرزی جنوب شرقی کشور پرداخت و منطقه مورد مطالعه را به سه واحد دشت، کوهستان و رودخانه تقسیم و تنگناهای نظامی هر واحد را مشخص نمود[*16*].

فخری و همکاران (*1392*) در تحلیلی مکان‌گزینی مراکز حساس و مهم در زاگرس جنوبی را با توجه به عوامل ژئومورفولوژیکی و رویکرد پدافند غیرعامل و با استفاده از *GIS* مطالعه نمودند. در این مطالعه با در نظر گرفتن پتانسیل‌های دفاعی موجود در منطقه، مراکز مناسب ثقل جمعیتی مشخص شده است. نتایج نشان می دهد که بسیاری از مناطق مسکونی خارج از اصول پدافند غیرعامل واقع شده‌اند [*17*].

پاشازاده و همکاران (*1396*) به مکان‌یابی نقاط بهینه برای استقرار تأسیسات نظامی با استفاده از مدل *ANP* در استان اردبیل پرداخته‌اند. آنان سپس نتیجه گرفتند که *12.3* درصد منطقه جزء نواحی مناسب جهت استقرار تأسیسات نظامی است[*18*].

1-5-2 مطالعات خارجی

از جمله مطالعاتی که در سطح جهان در زمینه مکان یابی انجام شده است می توان موارد زیر را برشمرد:

کینی و نیر (*1976*) با بررسی مکان مناسب با استفاده از روش‌های تصمیمگیری چند معیاره در شمال غربی اقیانوس آرام، به مکانیابی نیروگاه‌های هسته‌ای پرداخته‌اند [*19*].

سگال (*2000*) برخی از روش‌های کمی را برای تعیین ظرفیت و مکان‌هایی برای امکانات اورژانس در مناطق نظامی با توجه به مواد شیمیایی که اطراف اورژانس‌ها وجود دارد و پراکنده می‌شوند، بررسی کرده است [*20*].

گیلویچ (*2003*) تعامل بین ژئومورفولوژی بیابان‌ها و عملیات نظامی را بررسی کرد. نبردهای زیادی در طول تاریخ در مناطق بیابانی رخ داده است و در آینده هم این درگیری‌ها در این مناطق به وجود خواهد آمد. وی به بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیک غرب بیابان موجاوه در کالیفرنیا و تأثیرات آن ها بر عملیات های نظامی با کمک *GIS* و تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین شناسی پرداخت و به یک ارتباط دو سویه بین ژئومورفولوژی و عملیات‌های نظامی رسید [*21*].

کارسون و جاسپرو (*2008*) به بررسی خطرات اردوگاه-های ارتش آمریکا در مناطقی مانند: عراق، افغانستان، کوزوو و بوسنی و هرزگوین پرداخته و به انتخاب یک مکان مناسب برای محل استقرار نیروهای آمریکا در کوزوو به صورت منطقه موردی دست‌زده‌اند [*22*].

یسیلناکار و ستین (*2008*) به بررسی یک نگرش ژئومورفیک محیطی در انتخاب مکان برای ضایعات خطرناک پرداختند و در انتخاب مکان برای ضایعات خطرناک عوامل زمین شناسی، ژئومورفولوژی، شرایط آب‌های زیر زمینی، اقلیم و کاربری اراضی را از مهم‌ترین عوامل دانستند [*23*].

فلمینگ و همکاران (*2009*) ، در تحقیقی کاربردهای *GIS* در عملیات نظامی در مناطق ساحلی کارولینای شمالی در ایالات متحده آمریکا را مورد بررسی قرار داده‌اند و نقش اطلاعات و پایگاه داده‌های مکانی در موفقیت در نبرد را انکارناپذیر می‌دانند [*24*].

بونروماکف و یوجی (*2011*) به بررسی انتخاب پناهگاه‌های اضطراری در مناطق کوهستانی در استان سورت تانی در کشور تایلند با استفاده از *GIS* و *AHP* پرداختند [*25*]. در مجموع می‌توان به این نتیجه رسید که بررسی و یافتن مکان‌های مطلوب در هر منطقه تحقیقی منحصر به فرد است و برای یافتن روش مناسب باید نه تنها به تحقیقات گذشته بلکه به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه نیز توجه خاص نمود.

2- روش تحقیق

در این پژوهش مکان‌یابی در دو مرحله انجام می‌گیرد به این صورت که ابتدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی *(AHP)* محدوده کلی برای مکان‌یابی تعیین شود و سپس با استفاده از روش *Fuzzy* مکان‌های بهینه برای ایجاد تأسیسات نظامی تعیین می‌شود. در ادامه به تشریح تئوری‌های به کار رفته در تحقیق که شامل دلیل مدل‌سازی فرایندها، فرایند تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی و جایگاه آن در مسائل مکان‌یابی و همچنین روش‌های زمین‌آماری که برای تهیه بعضی لایه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌پردازیم. روش کار به صورت کلی در شکل‌های *1* و *2* نمایش داده شده است.

شکل *1*. مکان‌یابی مرحله اول به روش تحلیل سلسله مراتبی

Fig. 1.Site selection at the first level by hierarchial analysis

شکل *2*. مکان‌یابی مرحله دوم به روش فازی

Fig. 2. Site selection at the second level by Fuzzy method

2-1 الگوریتم فرایند مکان یابی تأسیسات نظامی

با توجه به وسیع بودن منطقه مطالعاتی (بخش 3-1.) در این پژوهش مکان‌یابی به صورت کل به جزء انجام شد یعنی ابتدا محدوده مناسب با توجه به معیارهای کلی مکان‌یابی تأسیسات نظامی با روش *AHP* مشخص گردید و سپس در محدوده مورد نظر بهترین سایت برای ایجاد تأسیسات نظامی با روش *Fuzzy* تعیین شد. با مدل‌سازی تمامی مراحل فوق سعی بر این است که با ارائه یک روش کلی برای مکان‌یابی تأسیسات نظامی، در صورت لزوم بتوان از این الگو در مناطق دیگر بهره گرفت. الگوریتم جریانی فرایند مکان‌یابی تأسیسات نظامی شامل مراحل زیر است:

مرحله اول :

• تهیه داده‌های مورد نیاز منطقه مطالعاتی.

• تهیه لایه‌های رستر با استفاده از روش‌های درونیابی و توابع موجود در *ArcToolbox* نرم افزار *ArcGIS 10.5*.

• استانداردسازی و طبقه‌بندی مجدد لایه‌ها

• برای مکان‌یابی مرحله اول با توجه به نظر کارشناسان و محدوده مطالعاتی در مجموع *21* لایه در نظر گرفته شد که با توجه به هم‌پوشانی برخی لایه‌ها با یکدیگر ابتدا لایه‌هایی که با یکدیگر هم‌پوشانی دارند به عنوان زیر لایه با یکدیگر تلفیق می شوند تا لایه اصلی تشکیل شود (مثلا دو لایه فاصله از شهرها و فاصله از روستاها که با یکدیگر هم‌پوشانی دارند به عنوان زیر لایه با هم تلفیق می‌شوند تا لایه اصلی فاصله از مناطق سکونتگاهی ایجاد شود).

• بعد از تلفیق زیر لایه‌ها، *9* لایه اصلی تشکیل می شود که لایه های اصلی با استفاده از روش *AHP* وزن‌دهی می شوند و با توجه به وزن تعیین شده برای هر کدام، لایه‌ها به روش همپوشانی شاخص با هم تلفیق می‌شوند و در نهایت محدوده مناسب برای مکان‌یابی اصلی تعیین می‌شود.

گفتنی است تمامی این فرایند ها در *Model Builder* نرم افزار *ArcGIS 10.5* به صورت مدل ایجاد می‌شوند.

مرحله دوم :

• بعد از مشخص شدن محدوده مناسب ابتدا لایه‌های مورد نظر برای آن محدوده را به صورت استاندارد ایجاد می‌کنیم.

• هر لایه با استفاده از نظرات کارشناسان و استناد به منابع مطالعاتی با تابع مناسب به صورت فازی در می‌آیند.

• سپس تمامی لایه‌ها به صورت فازی با هم تلفیق می‌شوند و با رعایت شرایط عمومی و اختصاصی پدافند غیر عامل بهترین محدوده جهت ایجاد تأسیسات نظامی مشخص می‌شود.

شایان ذکر است که تمامی این فرایندها نیز در *Model Builder* نرم افزار *ArcGIS 10.5* به صورت مدل ایجاد می‌شوند.

2-2 مدل سازی

مدل جزئی کوچک و بازسازی شده از یک پدیده واقعی است که کارکردی مشابه با این پدیده بزرگ واقعی دارد و به این ترتیب می‌توانیم بگوییم در شرایطی که امکان دسترسی به تمام جزئیات روابط پیچیده پدیده‌ها مشکل و پرهزینه است مدل می‌تواند این تحلیل‌ها را آسان کند و پیش بینی نتایج را برای ما ممکن سازد[*26*]. منظور ما از مدل این است که ترتیب چیدمان دستورها و داده‌ها برای انجام یک سری تحلیل‌ها جهت دستیابی به یک خروجی مورد نظر ما است. ابزار *Model Builder* به نوعی یک برنامه نویسی تصویری است که این امکان را به ما می‌دهد که بتوانیم تحلیل‌های مورد نظر را به صورت تصویری و بدون نیاز به کدنویسی در فضای رایانه‌ای پیاده نماییم. یکی از مزایای مدل‌سازی (به جای تحلیل) این است که ما را قادر می‌سازد یک تحلیل را بارها و بارها برای داده‌های مختلف که می‌تواند مرتبط با مناطق مختلف باشد اجرا نماییم. یکی دیگر از مزایای مدل‌سازی این است که با گذشت زمان می‌توان داده‌های جدید را به مدل وارد و تغییرات نتایج را رصد کرد. سرانجام از مزایای دیگر مدل سازی در *GIS* این است که این ابزار این امکان را به ما می‌دهد که چندین پردازش را پشت سر هم انجام دهیم و نیاز نداشته باشیم که هر بار ابزارها و یا دستورها را به صورت جدا جدا فراخوانی کنیم [*26*].

2-3 روش تحلیل سلسله مراتبی *AHP*

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری می‌باشد که اولین بار توسط ساعتی عراقی الاصل در دهه *1980* میلادی مطرح شد [*27*]. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی منعکس کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این روش مسائل پیچیده را براساس آثار متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد و آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آنها می‌پردازد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل

تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری رو به رو است، می تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشد. این روش بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران و برنامه‌ریزان می‌دهد [27].

مدل‌سازی با استفاده از این روش شامل سه گام می شود [27]:

- گام اول) ساخت یک درخت سلسله مراتبی برای مسئله
- گام دوم) تعیین ماتریس مقایسات زوجی و محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها
- گام سوم) بررسی سازگاری سیستم

پس از مشخص نمودن ساختار سلسله مراتبی، باید ماتریس‌های مقایسه زوجی بر اساس نظر متخصصان تعیین گردد. این کار برای المان‌های هر سطح به طور جداگانه انجام می‌پذیرد.

المان‌های ماتریس مقایسه زوجی را با a_{ij} نشان می‌دهیم که نشان دهنده مقدار معادل مقایسه معیار i با j است. در روش AHP فرض بر این است که: $a_{ij} = (a_{ij})^{-1}$ می‌باشد. همچنین واضح است که در صورتی که $i=j$ باشد، آنگاه $a_{ij} = 1$ خواهد بود.

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها ست. به عبارت دیگر در تشکیل ماتریس مقایسه دودویی معیارها، چه قدر سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است. مکانیزمی که ساعتی برای بررسی سازگاری قضاوت‌ها در نظر گرفته است، محاسبه ضریبی به نام ضریب سازگاری یا CR است. چنانچه این ضریب کوچکتر یا مساوی 0.1 باشد سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود [27].

2-4 روش منطق فازی

این روش برای مدل‌سازی عدم قطعیت در تعیین مطلوبیت مناطق برای ترکیب نقشه‌ها به کار می‌رود. روش فازی احتمال عضویت یک سلول را به مجموعه‌های فازی با توجه به تابع عضویت فازی ارزیابی می‌کند. مجموعه‌های فازی فاقد مرز مشخصی هستند. البته به علت تعدد سلول‌ها در یک محدوده، محاسبات در این روش باید به کمک نرم‌افزار صورت گیرد. همچنین توابع عضویت مختلفی می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

2-5 عملیات روی مجموعه‌های فازی (عملگرهای فازی)

عملیات بر روی مجموعه‌های فازی همانند مجموعه‌های کلاسیک تعریف می‌شود. اگر چه همه عملیاتی که برای عملگرهای مجموعه غیر فازی اجرا می‌شود برای مجموعه های فازی معتبر نیست، اما در منطق فازی نیز همانند منطق کلاسیک تعدادی عملگر پایه وجود دارد. مثلا در منطق کلاسیک از عملگرهای AND و OR و NOT استفاده می‌شود و در منطق فازی معادل همین عملگرها وجود دارد و به آنها عملگرهای زاده (برگرفته از نام بنیان‌گذار تئوری فازی) گفته می‌شود. این عملگرها به صورت خلاصه در جدول 1 تعریف می‌شوند [28].

جدول 1 .عملگرهای فازی

Table 1. Fuzzy Operators

And = min (raster1, raster2,...)	AND
Or = max(raster1, raster2, ...)	OR
Product = product (raster1, raster2,...)	PRODUCT
Sum = 1-product (1- raster1, 1-raster2,. ..)	SUM
$\mu(x) = (FuzzySum)^{\gamma} * (FuzzyProduct)^{1-\gamma}$	GAMMA

2-6 درونیابی

داده‌های جغرافیایی از نظر روش‌های تحلیل در GIS دارای دو چهره هستند که درک آنها اهمیت ویژه‌ای دارند. داده‌هایی که گسسته یا منفصل نامیده می‌شوند، عموما داده‌های مطلق می‌باشند. به این معنا که مرز این داده‌ها در طبیعت به طور دقیق قابل تعریف است و در هر دو شکل رستر یا برداری قابل ذخیره می‌باشند، مانند یک دریاچه، یک ساختمان، یک جاده و غیره. اما داده‌های پیوسته در طبیعت از یکپارچگی برخوردارند و هر موقعیتی در سطح زمین اندازه‌ای از آن را دارا می‌باشد [29]. در این پژوهش برای تهیه لایه های رستر زمین آماری، از روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW) استفاده شد که در بخش بعدی توضیح داده می‌شود.

2-6-1 روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW)

این روش بر این فرض استوار است که تاثیر پدیده مورد نظر با افزایش مسافت کاهش می‌یابد. هر چه فاصلهٔ دادهٔ معلوم از نقطهٔ مجهول افزایش می‌یابد، لازم است وزن‌ها بر

اساس فاصله کاهش یابد، بنابراین فاصله‌ها معکوس می‌شود به همین دلیل است که این مدل *Inverse Distance Weighted* نام گرفته است. در رابطه *1* فرمول مورد استفاده در روش *IDW* مشاهده می‌شود [*30*]:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i} v_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i}} \qquad (1)$$

3- اجرا و تحلیل نتایج

در بخش پیاده‌سازی ابتدا خروجی نقشه‌ها و مدل‌های مورد استفاده نمایش داده می‌شود، سپس هر نقشه بر اساس نظر کارشناسان تحلیل و طبقه‌بندی و سپس ترکیب نقشه‌ها انجام شده، بهترین سایت برای ایجاد تأسیسات نظامی تعیین می‌شود.

3-1 معرفی منطقه مورد مطالعه

تاکنون تحقیق جامعی در بحث مکان یابی نظامی در استان مازندران انجام نشده است از طرفی با توجه به موقعیت جغرافیایی استراتژیک استان مازندران، این استان به عنوان محدوده مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شد (شکل *3*). استان مازندران *23756.4* کیلومتر مربع مساحت دارد. قرار گرفتن آن در ساحل جنوبی بزرگترین دریاچه جهان به نام دریای مازندران و همجواری با چهار کشور ساحلی این دریا یعنی ترکمنستان، قزاقستان، روسیه و جمهوری آذربایجان از یک سو و واقع شدن در شمال کلان شهر تهران از سوی دیگر باعث گردیده تا این استان از موقعیت جغرافیایی استراتژیکی برخوردار شود. با توجه به وجود جنگل‌های متراکم در استان مازندران با حفظ مسائل زیست محیطی می‌توان در بحث استتار از این نعمت الهی استفاده کرد. رشته کوه‌های البرز مانند دیواری مرتفع نوار ساحلی و جلگه‌ای کناره‌ای دریای مازندران را محصور کرده است. آب و هوای مازندران در کانون‌های مختلف جغرافیایی متفاوت و گوناگون است و انواع آن عبارتند از: آب و هوای معتدل خزری که تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های معتدل و مرطوب دارد. آب و هوای معتدل کوهستانی که زمستان‌های سرد با یخبندان و تابستان‌های معتدل و کوتاه دارد. آب و هوای سرد کوهستانی که یخبندان‌های طولانی و زمستان‌های سرد و تابستان‌های کوتاه و خنک دارد. ریزش‌های جوی نواحی کوهستانی غالبا به صورت برف است که تا اواسط دوره گرما نیز دوام می‌آورد. از لحاظ طبیعی استان مازندران به سه قسمت اصلی کوهستانی در جنوب، میان‌بند در وسط و جلگه‌ای در شمال تقسیم می‌شود.

شکل 3. استان مازندران

Fig. 3. Mazandaran Province

3-2 معیارهای و زیر معیارها

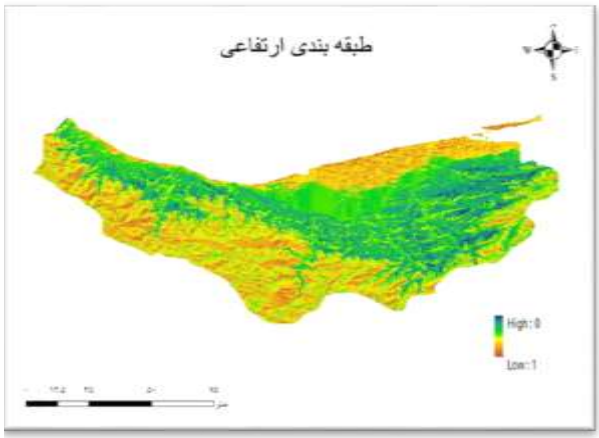
در مرحله اول با توجه به منطقه مورد مطالعه و نظر کارشناسان *21* معیار در نظر گرفته شد که شامل : آب و هوا، دما، رطوبت، بارش، مناطق مسطح و کوهستانی، شیب، جهت شیب، لایه ارتفاعی، فاصله از گسل، نقاط لرزه‌خیز، فاصله از شهرها، فاصله از روستاها، فاصله از رودخانه اصلی، فاصله از رودخانه فرعی، فاصله از سد، و فاصله از جاده، مناطق پخش سیلاب، مناطق آبخیزداری، مناطق حفاظت شده، پوشش گیاهی و کاربری اراضی می‌باشند. در ادامه لایه‌هایی که با یکدیگر هم‌پوشانی دارند به عنوان زیر لایه با هم تلفیق شدند تا لایه‌های اصلی تشکیل شوند. با توجه به اینکه در این مرحله هدف تعیین محدوده مناسب در استان مازندران برای مکان یابی است اندازه سلول برای نقشه ها *500* متر در نظر گرفته شد. برای تهیه نقشه ها از داده های زمین آماری (شامل ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه مورد نظر) ، نقشه های *1:100000* زمین شناسی منطقه و نقشه *1:50000* توپوگرافی منطقه استفاده شد. شکل (*4*) ساختار تشکیل داده‌های ورودی را نشان می‌دهد.

شکل4. معیارها و زیرمعیارها در سلسله مراتب *AHP*

Fig. 4.Criteria and Subcriteria in AHP hierarchy

3-3 لایه‌های اصلی استان مازندران

در این بخش خروجی نقشه‌های تهیه شده که بر اساس نظر کارشناسان تحلیل و طبقه‌بندی شد، نمایش داده می شود.

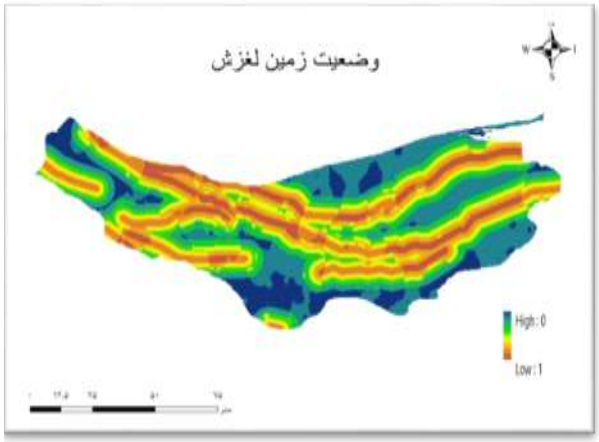


شکل 5. نقشه طبقه بندی ارتفاعی

Fig. 5. Height classification map

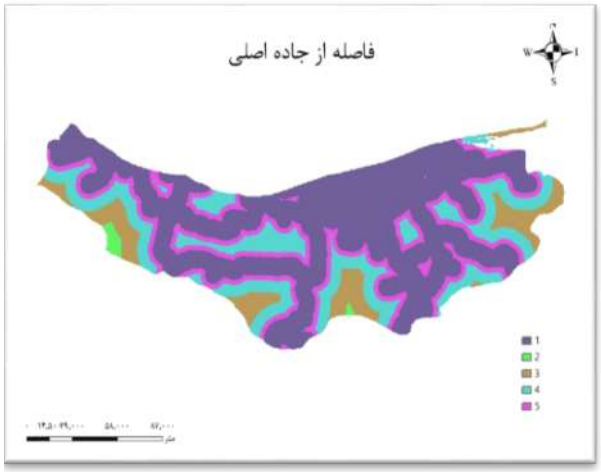
شکل 6. نقشه پوشش گیاهی

Fig. 6. Vegetation cover map



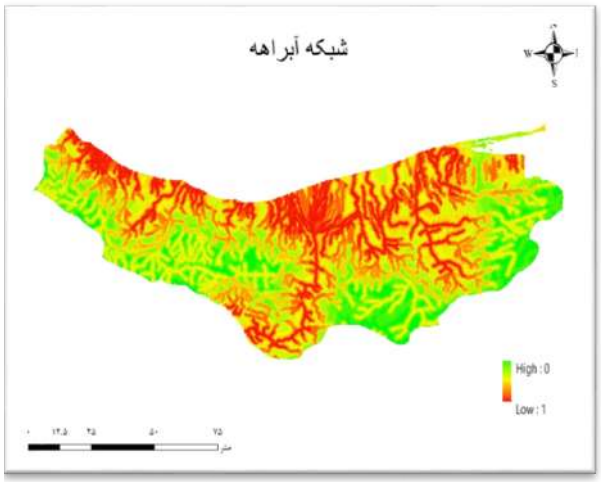
شکل 7. نقشه وضعیت زمین لغزش

Fig. 7. Landslide status map



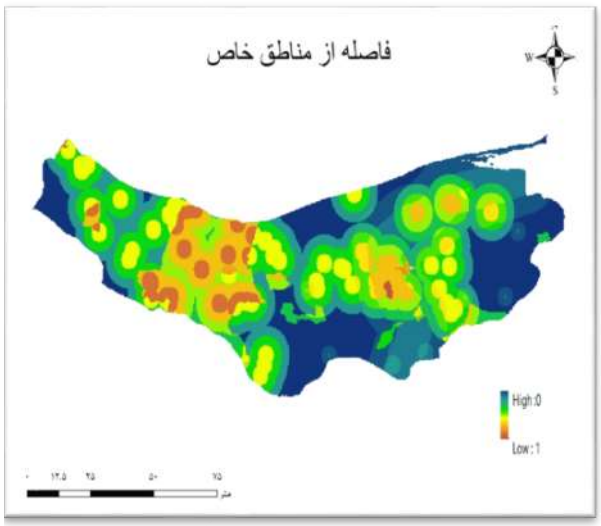
شکل 8. نقشه فاصله از جاده

Fig. 8. Distance from road map



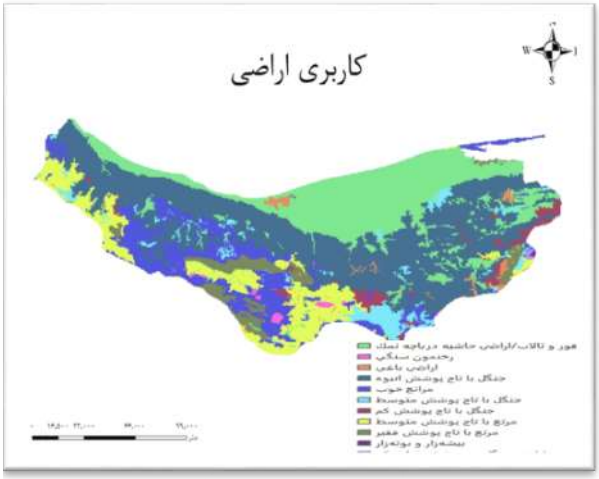
شکل 9. نقشه شبکه آبراهه

Fig. 9. Rivers map



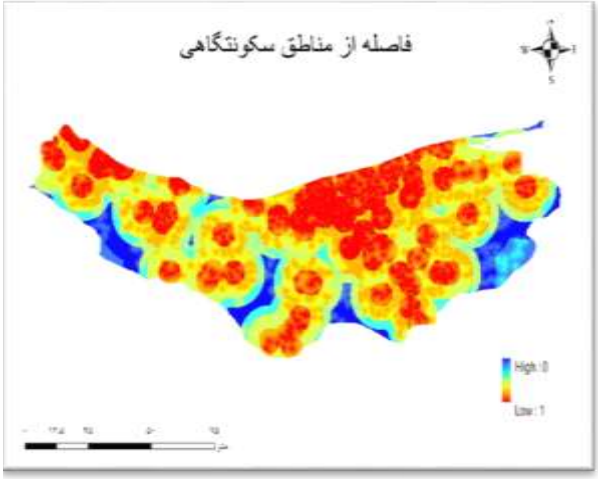
شکل 10. نقشه فاصله از مناطق خاص

Fig. 10. Distance from specific areas map



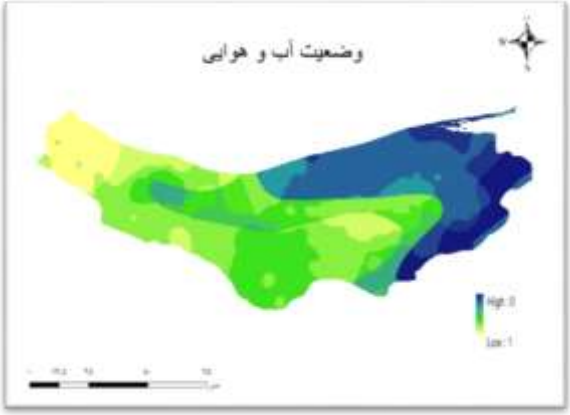
شکل 11. نقشه کاربری اراضی

Fig. 11. Land-use Map



شکل 12. نقشه فاصله از مناطق سکونتگاهی

Fig. 12. Distance from residential areas map

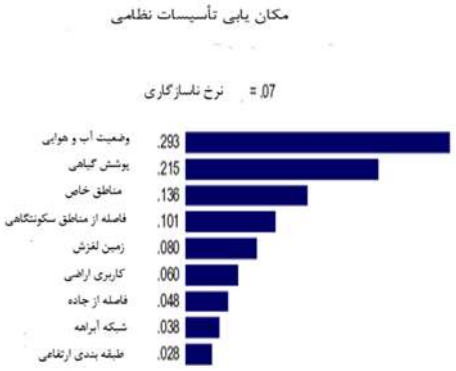


شکل 13 . نقشه وضعیت آب و هوایی

Fig. 13. Weather map

3-4 وزن دهی لایه های اصلی به روش *AHP*

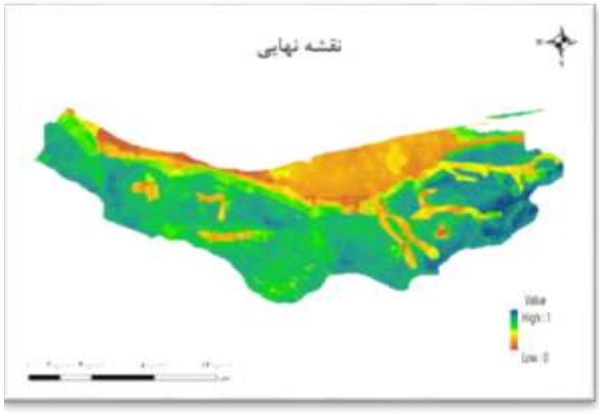
وزن *9* لایه اصلی با نظرات کارشناسان به صورت فردی در پرسشنامه، توسط نرم افزار *Expert Choice* به دست آمد. وزن‌های به دست آمده در شکل (*14*) نمایش داده شده است.



شکل 14. وزن معیارهای اصلی

Fig. 14. Weights of the main criteria

و در نهایت با تلفیق نقشه‌ها به روش همپوشانی شاخص و با استفاده از وزن‌های به دست آمده از *AHP*، نقشه مطلوبیت نهایی در سطح استان به دست آمد که در شکل *15* به تصویر کشیده شده است.



شکل 15. نقشه نهایی مطلوبیت

Fig. 15. The final desirability map

با توجه به نقشه فوق و رعایت شرایط عمومی و اختصاصی پدافند غیر عامل، بهترین محدوده برای مکان‌یابی در بخش چهاردانگه شهرستان کیاسر انتخاب شد (شکل *16*)، که با مکان یابی در این محدوده بهترین سایت برای ایجاد تأسیسات نظامی انتخاب می‌شود.

شکل 16. بخش چهاردانگه شهرستان کیاسر

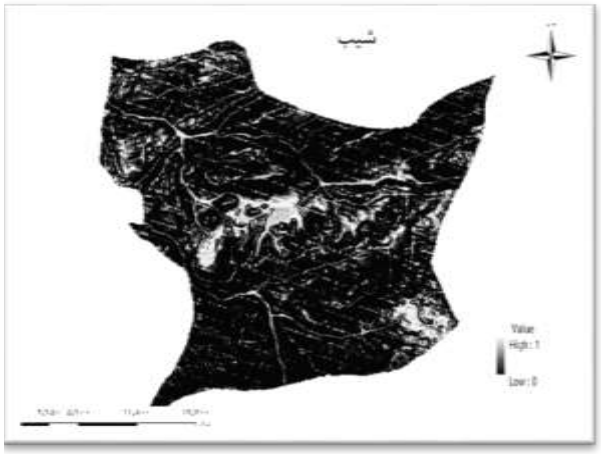
Fig. 16. Chahardange district in Kiasar county

3-5 معرفی محدوده

چهاردانگه یکی از بخش‌های شش گانه شهرستان ساری در استان مازندران است که در جنوب شرقی استان مازندران واقع شده. شهر کیاسر مرکز این بخش است، این بخش از هر سو محاط در کوه است به جز قسمت شمال غربی که به دشت کیاسر راه دارد. بعد از مشخص شدن محدوده مورد نظر در این محدوده مکان یابی به روش بر هم نهی فازی انجام شد تا بهترین ناحیه برای ایجاد تأسیسات نظامی مشخص شود. این مرحله با توجه به نظر کارشناسان پنج لایه نقشه زمین شناسی، شیب، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و کاربری اراضی را شامل می‌شود که بخش بعدی شامل تجزیه تحلیل این پنج لایه برای استقرار تأسیسات نظامی است.

3-6 شیب

شیب، شکل زمین را از طریق خصوصیات ژئومورفولوژیکی تحت تأثیر قرار می‌دهد. شیب‌های بسیار تند انعطاف‌پذیری عملیات‌های نظامی را تا حد زیادی محدود می‌کنند. در مجموع شیب‌های بیش از 7 درصد برای استقرار تأسیسات و تجهیزات نظامی و فرود بالگرد در منطقه (به دلیل برخورد ملخ آن با زمین یا دامنه ارتفاع) محدود کننده است. بنابراین با توجه به نظرات کارشناسی بیشترین درجه عضویت به شیب 3 درصد اختصاص داده شد و بر اساس این شیب و با استفاده از تابع گوسین نقشه فازی شیب تهیه شد(شکل *17*).



شکل 17. نقشه فازی شیب

Fig. 17. Fuzzy slope map

3-7 نقشه زمین‌شناسی

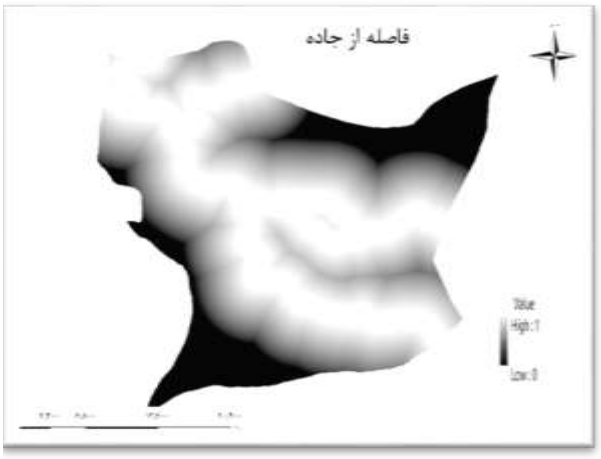
آگاهی از زمین‌شناسی نظامی منطقه برای استقرار تجهیزات و تأسیسات نظامی امری مسلم است. نوع سازندها، بافت، درجه مقاوم بودن و شکل ظاهری آن از ویژگی‌هایی است که باید به آن توجه کرد. به طور کلی سازندهای سخت و سنگی شعاع کشندگی مهمات متعارف را با کمانه کردن پس از برخورد بیشتر می‌کند ولی سازندهای سست‌تر گلوله‌های انفجاری را پس از برخورد به زمین خفه کرده و تأثیرات ترکش آن را به حداقل می‌رساند. لذا با توجه به ضعف تأسیسات نظامی در مقابل حملات هوایی و موشکی توجه به جنس زمین از ملزومات می باشد. این منطقه شامل خاک‌های مولی سول ، آنتی سول ، آفی سول و صخره‌ای می‌باشد. بر اساس موارد بالا و نظرات کارشناسی بیشترین درجه عضویت به خاک مولی سول داده شد و بر اساس این خاک نقشه فازی تهیه شد(شکل *18*).

شکل 18. نقشه فازی زمین شناسی

Fig. 18. Fuzzy geological map

3-8 راه‌ها و خطوط مواصلاتی

شناخت جاده‌ها و خطوط مواصلاتی از لحاظ نظامی یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باید مورد توجه واقع گردد. با نظر کارشناسان این نقشه با تابع خطی، فازی شد و بیشترین درجه عضویت به فاصله *1* تا *7* کیلومتر اختصاص داده شد یعنی فاصله از جاده حداقل کمتر از *1* کیلومتر و حداکثر بیشتر از *7* کیلومتر نباشد(شکل *19*).

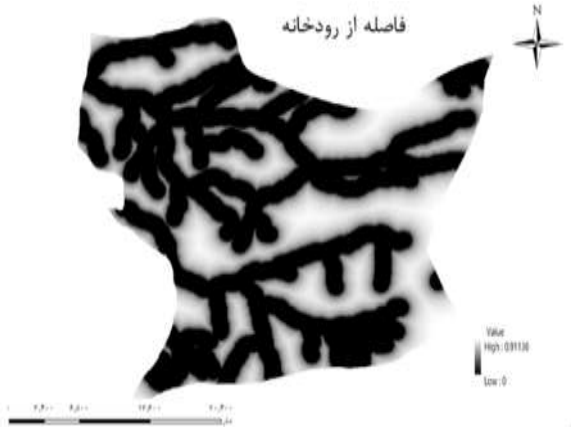


شکل 19. نقشه فازی فاصله از جاده

Fig. 19. Distance from road fuzzy map

3-9 آبراهه‌ها

رودخانه‌ها و آبراهه‌ها از جمله موانع طبیعی هستند که در پدافند نقش بسیار مهمی دارند. هر چه فاصله اسقرار تجهیزات نظامی از رودخانه‌ها بیشتر باشد مناسب‌تر است، به همین منظور این نقشه با تابع *MSLarge* و با ضریب انحراف معیار *0.8* فازی شد (شکل *20*).



شکل 20. نقشه فازی فاصله از رودخانه

Fig. 20. Distance from river fuzzy map

3-10 کاربری اراضی

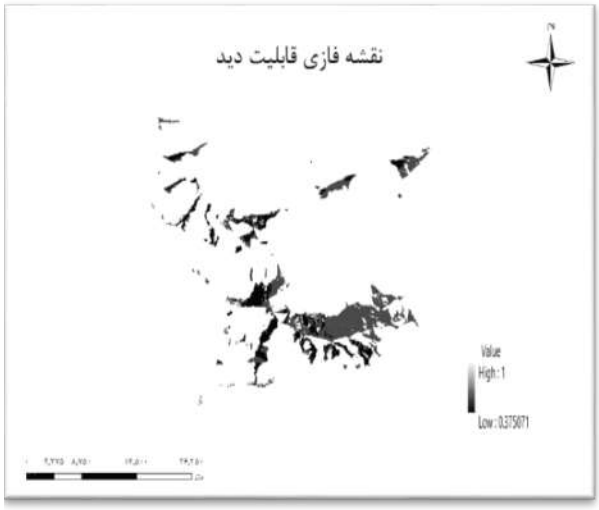
نقشه کاربری اراضی بیانگر چگونگی استفاده از یک قطعه زمین می‌باشد. داشتن اطلاعات صحیح از کاربری اراضی برای هر نوع فعالیت و برنامه‌ریزی در سطح کشور ضروری است. کاربری‌های منطقه شامل اراضی کشاورزی جنگلی، مناطق مسکونی، اراضی بیابانی و معادن می‌باشد. از آنجا که اهمیت این کاربری‌ها متفاوت است، ابتدا نقشه بر اساس اهمیت کاربری‌ها طبقه‌بندی شد، سپس بر اساس طبقه‌ای که بیشترین عدد را داشت نقشه فازی با تابع گوسین ایجاد شد که بیشترین وزن به زمین‌های با پوشش گیاهی کم در منطقه داده شد(شکل *21*).

شکل 21. نقشه فازی کاربری اراضی

Fig. 21. Land-use fuzzy map

3-11 نقشه قابلیت دید

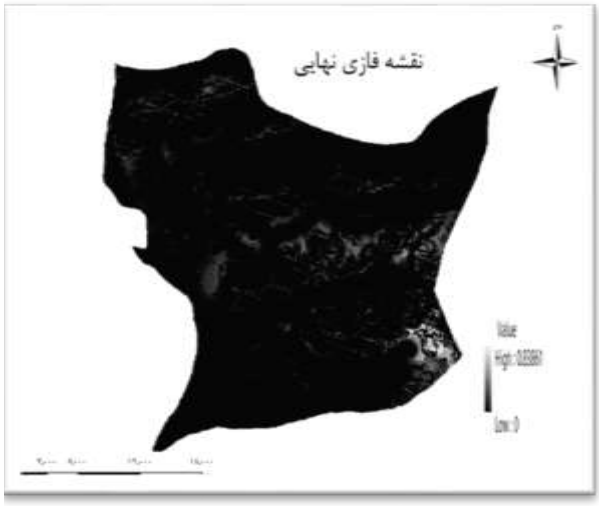
ابتدا یک سری نقاط با اهمیت برای تهیه نقشه قابلیت دید تهیه شد، شامل مرتفع‌ترین نقطه در منطقه و یک سری نقاط روی جاده‌های اصلی که قابلیت دید در منطقه بر اساس این نقاط بررسی شود. بعد از ایجاد این نقاط نقشه قابلیت دید در منطقه با تابع *Viewshed* تهیه شد و پس از تلفیق نقشه‌های تهیه شده نقشه فازی قابلیت دید در منطقه تهیه شد (شکل *22*).



شکل 22. نقشه فازی قابلیت دید

Fig. 22. Fuzzy visibility map

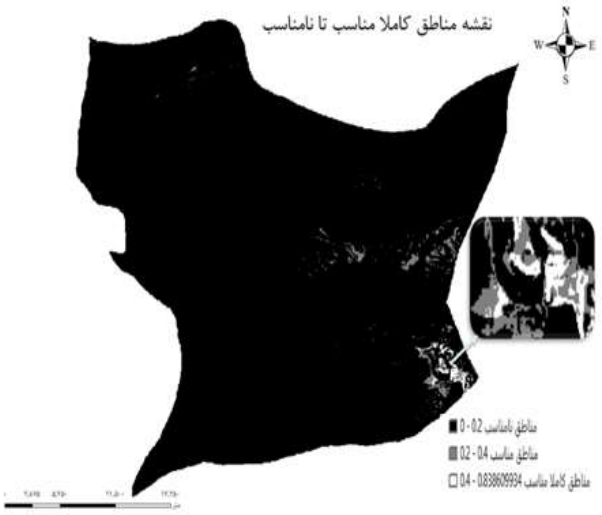
بعد از تهیه نقشه‌های فازی، می‌بایست برهم‌نهی فازی لایه‌ها انجام می‌پذیرفت. برای این کار از تابع *Product* یا ضرب فازی *[31]* که سختگیرانه‌ترین حالت است استفاده و نقشه نهایی تهیه شد (شکل *23*).



شکل 23. نقشه فازی نهایی

Fig. 23. Final fuzzy map

در نهایت با طبقه‌بندی نقشه فازی ایجاد شده، پهنه‌های کاملا مناسب تا کاملا نامناسب برای استقرار تأسیسات نظامی تهیه شد. برای این کار، نقشه فازی شده به سه طبقه دسته‌بندی شد که بر اساس نظر کارشناس، ارزش‌های سلولی بیشتر از *0.4* مناطق کاملا مناسب، ارزش های بین *0.2* تا *0.4* مناطق مناسب و ارزش‌های کمتر از *0.2* مناطق نامناسب هستند (شکل *24*).



شکل 24. نقشه نهایی طبقه‌بندی شده

Fig. 24. Final classified map

3-12 اعتبار سنجی

بررسی محدوده انتخاب شده با پارامترهای مورد بررسی در مکان‌یابی نشان می‌دهد که :

منطقه فوق با فاصله بیش از *1* کیلومتر از جاده اصلی و حدود*3.5* کیلومتر از نزدیکترین رودخانه، قرارگیری در محدوده آنتی سول از نظر زمین شناسی، قرارگیری در محدوده پوشش گیاهی با تراکم کم از نظر کاربری اراضی، همچنین شیب بین *1* تا *7* درصد است. از آن گذشته از نظر وضعیت قابلیت دید نیز محدوده انتخاب شده از مرتفع ترین نقطه منطقه قابلیت دید ندارد و همچنین دارای قابلیت دید بسیار پایین از جاده اصلی است. شکل *25* نمایی از منطقهٔ مورد نظر را نشان می‌دهد و سایت منتخب در گوشه پایین سمت چپ منظره شرایط اختفا را به خوبی عیان می‌سازد.

شکل 25. نمایی از سایت منتخب در گوشه بالا سمت چپ

Fig. 25. A view of the selected site at the upper left corner

3-13 یافته ها

در این پژوهش *21* معیار در مرحله اول که شامل : آب و هوا، دما، رطوبت، بارش، مناطق مسطح و کوهستانی، شیب، جهت شیب، لایه ارتفاعی، فاصله از گسل، نقاط لرزه‌خیز، فاصله از شهرها، فاصله از روستاها، فاصله از رودخانه اصلی، فاصله از رودخانه فرعی، فاصله از سد، و فاصله از جاده، مناطق پخش سیلاب، مناطق آبخیزداری، مناطق حفاظت شده، پوشش گیاهی و کاربری اراضی می‌باشد و شش معیار در مرحله دوم که شامل: نقشه زمین‌شناسی، کاربری اراضی، راه‌ها و خطوط مواصلاتی، شیب، فاصله از رودخانه و نقشه قابلیت دید مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هم چنین از دو روش فازی و سلسله مراتبی برای مکان‌یابی استفاده شد، به طور کلی روش سلسله مراتبی از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار است. به همین دلیل جزء روش‌های منتخب وزن‌دهی در این پژوهش می‌باشد. در روش فازی از توابع عضویت فازی برای فازی‌سازی لایه‌ها استفاده شد. این روش به دلیل توانایی انعکاس بهتر واقعیت‌ها و لحاظ نمون عدم قطعیت کارایی مناسبی دارد.

در این پژوهش مشخص شد که جنوب شرقی استان مازندران بهترین محدوده برای استقرار تأسیسات نظامی است. این محدوده بخش چهاردانگه شهرستان کیاسر است که تقریبا پنج درصد از کل استان مازندران را شامل می شود و مساحتی در حدود *1146.35*کیلومتر مربع دارد. طبق نتایج این تحقیق، در این محدوده حدود یک کیلومتر مربع از کل منطقه که کمتر از یک درصد منطقه را شامل می شود محدوده مناسب برای استقرار تأسیسات نظامی است. این محدوده از نظر ژئومورفولوژی نظامی در مناطق با حداکثر میدان دید و قابل دسترس در لندفرم‌هایی از قبیل تپه‌های کم‌ارتفاع استخراج گردیده است. بیش از *90* درصد از مساحت مکان‌های مطلوب در ارتفاع *2000-2100* متری انتخاب گردیده که با توجه به متوسط ارتفاع منطقه تسلط مناسبی بر زمین‌های اطراف خود دارند. بیش از *98* درصد از منطقه مذکور در شیب های *1-7* درصد قرار گرفته است که مناسب برای استقرار تأسیسات و هم چنین فرود بالگرد در منطقه می‌باشد. همچنین فاصله حدود *2000* متری این سایت تا جاده به منظور سهولت تردد یگان‌ها مناسب است.

4- جمع‌بندی و پیشنهادها

به طور کلی محدوده انتخاب شده برای استقرار تأسیسات نظامی قابلیت‌های ژئومورفولوژیکی مناسبی برای پدافند غیر عامل دارد. ارتفاعات موجود در بخش جنوب شرقی استان مازندران غالبا دارای دامنه‌هایی با شیب مناسب است که این امر سبب افزایش قابلیت پدافندی منطقه می باشد. همچنین قابلیت استفاده از منابع و سکونتگاه‌هایی که در فاصله مناسب از این محدوده قرار دارد را میسر می‌کند. همچنین ارتفاعات موجود در این قسمت یک شعاع دید و چشم انداز وسیع جهت دیدبانی را میسر می‌کند.

با توجه به بررسی و تحلیل داده‌ها در محیط *GIS* مشخص شد که در استان مازندران از سمت شمال به جنوب و هم چنین از سمت غرب به شرق منطقه شرایط برای استقرار تأسیسات نظامی مساعدتر می شود.

علاوه بر آن، تحلیل داده‌ها بیانگر آن است که به طور کلی مراکز جمعیتی در استان مازندران متناسب با ملاحظات پدافند غیر عامل استقرار نیافته‌اند که این یکی ضعف‌های این منطقه برای استقرار تأسیسات نظامی است.

نتایج به دست آمده نشان می دهد که بیش از *80* درصد از مساحت استان مازندران برای استقرار تأسیسات نظامی جزء مناطق با آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد قرار دارد. این وضعیت آسیب‌پذیری بالا در بیشتر محدوده‌های استان مازندران نشان می‌دهد که مراکز جمعیتی این استان طبق معیارهایی شکل گرفته‌اند که تطابق چندانی با اصول پدافند غیر عامل ندارند.

لذا در این پژوهش با استفاده از روشهای معتبر تصمیم‌گیری چند معیاره و نیز بهره‌گیری از مفاهیم فازی طی دو مرحلهٔ کلی و جزئی بهترین سایت برای استقرار یک مرکز نظامی با رعایت اصول استتار و پدافند غیر عامل انتخاب شد. از طرف دیگر بررسی میدانی منطقهٔ مورد نظر نیز رعایت شدن اصول مورد نیاز را تأیید نمود.

در این تحقیق بسان بسیاری دیگر از تحقیقات مکانی در ایران، مشکل کمبود داده و دشواری تأمین داده بسیار جلوه‌گر بود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی با تأمین داده‌های مورد نیاز، گزینه‌های اولویت دوم و سوم در استان مازندران نیز به صورت دقیق مورد بررسی قرار گیرد تا بدین ترتیب بیش از یک گزینه برای استقرار تجهیزات نظامی در اختیار مسئولان امر قرار داده شود.

مراجع

*1. Pishgahifard, Z.; "GIS and its role in site selection hazardous urban areas for use in crisis management.(Case Studey : Tabriz)", Human Geography Research, vol. 4, No. 13, p.p. 91-104, **2011**. (In Persian)*

*2. Ebadinezhad, A.; Bahramabadi, B.; "Site selection boundary checkpoints and determining areas of penetration through fuzzy inference system.(Case Study : Nahbandan)", Journal of Military Management, vol. 16, No. 63, p.p. 63-92, **2016**. (In Persian)*

*3. Hanafi, A.; Hatami, I.; "Site selection favorable areas for the deployment of military forces in the region of Mehran". Journal of Military Management, vol. 13, No. 49, p.p. 107-128, **2013.** (In Persian)*

*4. Hanafi,A.; "Locating important military centers in the border areas of Iran and Turkey with passive defense considerations". Journal of Military Management**,** vol. 13, No. 51, p.p. 45-72, **2013**. (In Persian)*

*5. Serdar, S.; Koc-San, D.; Selim, C.; Taner San, B.; "Site selection for avocado cultivation using GIS and multi-criteria decision analyses: Case study of Antalya, Turkey". Computers and electronics in agriculture, vol. 154, p.p. 450-459, **2018**.*

*6. Chaudhary, S.; Nidhi, C.; and Rawal, N.R.; "GIS-Based Model for Optimal Collection and Transportation System for Solid Waste in Allahabad City". In: Emerging Technologies in Data Mining and Information Security, Ajith, A.; Paramartha, D.; Jyotsna Kumar, M.; Abhishek, B.; Soumi, D.; (Eds) p.p.45-65. Springer, Singapore, **2019.***

*7. Sun, Z.; Niu, L.; Li, C.; Cai, J.; "Site Selection and Optimization Based on GIS for Old People's Homes in Urban Area of Kunming City". In: International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS), IEEE, **2018**.*

*8. Pandav, P.; Kumar Chhetri, S.; Man Joshi, K.; Man Shrestha, B.; Kayastha, P.; "Application of an Analytic Hierarchy Process (AHP) in the GIS interface for suitable fire site selection: A case study from Kathmandu Metropolitan City, Nepal". Socio-Economic Planning Sciences, vol. 53, No. 2016, p.p. 60-71, **2016.***

*9. Ghandaghtor, H.; "The Study of the Methods in Predicting Natural Hazards and Threats in Coastal Waters and its Role in Passive Defense Planning in Coastal Areas". vol. 3, No. 9, p.p. 121-142, **2014**.(In Persian)*

*10. Moghimi, E.; Yamani, M.; Beiglou, J.; Moradian, M.; Fakhri, S.; "The Effect of South Zagros Geomorphology on Passive Defense in the Northern Strait of Hormoz". Journal of Military Management, vol. 12, No. 48, p.p. 77-112, **2012**. (In Persian).*

*11. Pourahmad, A.; Hosseini, A.; Banaitis, A.; Nasiri, H., Banaitienė, N.; Tzeng, G.H.; "Combination of fuzzy-AHP and DEMATEL-ANP with GIS in a new hybrid MCDM model used for the selection of the best space for leisure in a blighted urban site". Technological and Economic Development of Economy, vol. 21, No. 5, p.p. 773-796, **2015**.*

*12. Asgharian Jeddi, .A.; "Architectural requirements for sustainable passive defence". Publications of Shahid Beheshti University, **2007**. (In Persian)*

*13. Hajhoseinzadeh, H.; Aghadadi, A.; "The role of passive defense in risk management of national and strategic projects". In First international conference of project risk management, Sharif University, Tehran, Iran, **2008**. (In Persian)*

*14. Bahramabadi, B.; Yamani, M.; "Assessing the geomorphologic challenges of dry lands and its effects on site selection of martial passive and active defenec area". Journal of Military Management, vol. 11, No. 44, p.p. 47-67, **2012**. (In Persian)*

*15. Hanafi.A. "Investigating the role of geographic factors in locating crucial and critical centers considering passive defense (Case Study: The border areas of Iran and Afghanistan)". In 6th Congress of Iran geopolotic society passive defence, Mashhad University, Mashhad, Iran, **2013**.(In Persian)*

*16. Asadi, Z.; Rezaei Arefi, M.; Rezaei Arefi, M.; Nourmohammadi, A.M.; "The role of geomorphological phenomena in defensive and security issues in the southeastern border regions of the country using SWOT analytical model". Applied Geomorphology of Iran, vol. 1, No. 1, p.p. 27-43, **2013**. (In Persian)*

17. Fakhri,S.; Moghimi, E.; Yamani, M,; Jafarbeiglou, M.; Moradian, M.; "Effect of geomorphologic and climatic factors of southern zagros and north Hormuz on passive defence (with emphasis on site selection of important and crusial centers)". Quantitative Geomorphological

*Research, vol. 2, No. 2, p.p. 81-98, **2013**. (In Persian)*

*18. Pashazadeh, M.; Seyyedin, A.; Parsaymoghadam, M.; "Analysis of the optimum locations of military centers based on defense and security considerations using GIS (Case study: Ardebil province)". Journal of Military Management, vol. 17, No. 66, p.p. 23-51, **2017**. (In Persian)*

*19. Keeney, R.L.; Nair, K.V.; "Evaluating potential nuclear power plant sites in the Pacific Northwest using decision analysis". IIASA Professional Paper, Laxenburg, Austria, **1976**.*

*20. Segall, R.; "Some quantitative methods for determining capacities and locations of military emergency medical facilities". Applied Mathematical Modelling, vol. 24, No. 5-6, p.p. 365-389, **2000**.*

*21. Gilewitch, D.A.; "Military Geography: The interaction of desert geomorphology and military 0perations". Arizona State University, **2003.***

*22. Corson, M.; Japspero, C.; "An All-Hazards Approach to US Military Base Camp Site Selection". The Geographical Bulletin, vol. 48, No. 2, p.p. 75-84, **2008**.*

*23. Yesilnacar, M.I.; Cetin, H.; "An environmental geomorphologic approach to site selection for hazardous wastes". Environmental Geology, vol. 55, No. 8, p.p. 1659-1671, **2008**.*

*24. Fleming, S.; Jordan, T.; Madden, M.; Usery, E.L; Welch, R; "GIS applications for military operations in coastal zones". ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 64, No. 2, p.p. 213-222, **2009**.*

*25. Bunruamkaew, K.; Yuji, M.; "Sciences, Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: A case study of Surat Thani province, Thailand". Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 21, p.p. 269-278, **2011**.*

*26. Bahrani, S.; Ebadi, T., Ehsani, H.; Yousefi, H.; Maknoon, R.; "Modeling landfill site selection by multi-criteria decision making and fuzzy functions in GIS, case study: Shabestar, Iran". Environmental Earth Sciences, vol. 2016, p.p. 75-337, **2016**.*

*27. Saaty, T.L.; "Decision making with the Analytic Hierarchy Process". International Journal of Services Sciences, vol. 1, No. 1, p.p. 83-98, **2008**.*

*28. Donevska, K.R.; Gorsevski, P.V.; Jovanovski, M.; Peševski, I.; "Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems". Environmental Earth Sciences, vol. 67, No. 1, p.p. 12-131, **2008**.*

*29. Murray, C.C.; Gartner, H.; Gregr, E.J.; Chan, K.; Pakhomov, E.; Therriault, T.W.; "Spatial distribution of marine invasive species: environmental, demographic and vector drivers". Diversity and Distributions, vol. 20, No. 7, p.p. 824-836, **2014**.*

*30. Setianto, A.; Triandini, T.; "Comparison of kriging and inverse distance weighted (IDW) interpolation methods in lineament extraction and analysis".Journal of Applied Geology, vol. 5, No. 1, p.p. 21-29, **2013**.*

*31. Taibi, A.; Atmani, B; "Combining Fuzzy AHP with GIS and Decision Rules for Industrial Site Selection". International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, vol. 4, No. 6, p.p. 60-69, **2017**.*