

مکان‌یابی نقاط بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی^(ع) با استفاده از روش تلفیقی GIS و مدل برنامه‌ریزی خطی

احمد لطفی^۱، دکتر علی حنفی^۲، دکتر ناصر عباس‌زاده^۳

چکیده

مکان‌یابی، فعالیتی است که در آن قابلیت‌ها و توانایی‌های منطقه‌ای خاص از نظر وجود زمین مناسب و کافی و مرتبط بودن آن با کاربری‌های دیگر شهری و روستایی برای انتخاب مکانی مناسب جهت کاربری مورد نظر تجزیه و تحلیل شود. انتخاب یک موقعیت مکانی از میان موقعیت‌های موجود، به شناخت و ارزیابی دقیق مناطق، با به‌کارگیری مدل‌ها و ابزارهای مناسب نیاز دارد. در پژوهش حاضر به مکان‌یابی نقاط بهینه برای اردوگاه‌های دانشجویان دانشگاه افسری امام علی^(ع) با استفاده از روش تلفیقی GIS و مدل برنامه‌ریزی خطی پرداخته شده است. هدف از این پژوهش تولید نقشه‌ای است که با شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌ها، مناطق بهینه را برای اردوگاه‌های دانشگاه مشخص کند. نخست با تنظیم پرسش‌نامه و مصاحبه با خبرگان نظامی، نظرات متخصصان نظامی و جغرافیا درباره عوامل مؤثر در مکان‌گزینی مراکز و اردوگاه‌های نظامی جمع‌آوری شد. سپس با برداشت نقاط زمینی و استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و نیز رقومی کردن آنها، پایگاه داده در نرم‌افزار ArcGIS تهیه و همچنین وزن‌دهی داده‌ها با استفاده از مدل تصمیم‌گیری AHP انجام گرفت. در پایان با استفاده از روش AHP پردازش داده‌های مکانی و غیرمکانی در محیط نرم‌افزار ArcGIS تعداد ده نقطه برای هر اردوگاه شناسایی شد. در ادامه ارزش‌های به دست آمده برای هر مکان، به منظور حداکثرسازی مجموع میزان ضریب امنیتی گزینه‌های انتخابی، وارد تابع هدف مدل برنامه‌ریزی صفر و یک شدند و عوامل دیگر که شامل محدودیت‌های مالی و سیاست‌های دانشگاه و تصمیم‌های فرماندهی هستند اعمال گردید. در نهایت از میان ده نقطه موجود برای هرکدام از اردوگاه‌های دانشگاه (کوهستان، کویر و جنگل) یک نقطه برای احداث و برپایی اردوگاه مشخص شد.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی، اردوگاه، نقاط بهینه، سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه افسری امام علی^(ع)

۱. کارشناس ارشد تحقیق در عملیات، مدرس دانشگاه افسری امام علی^(ع)

۲. استادیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه افسری امام علی^(ع) (نویسنده مسئول)، ✉ hanafi772@gmail.com

۳. دانشیار مدیریت آموزشی، عضو هیئت علمی دانشگاه افسری امام علی^(ع)

مقدمه

مکان‌یابی به فعالیتی گفته می‌شود که در آن قابلیت‌ها و توانایی‌های منطقه‌ای خاص، از نظر وجود زمین مناسب و کافی و مرتبط بودن آن با سایر کاربری‌های شهری و روستایی، به منظور انتخاب مکانی مناسب برای کاربری مورد نظر، تجزیه و تحلیل می‌شود (بنایی کاشانی^۱، ۱۹۸۹، ۶۹۳). انجام مطالعات مکان‌یابی به تخصص‌هایی از جمله: تحقیق در عملیات و روش‌های تصمیم‌گیری، جغرافیا، اقتصاد، علوم رایانه، ریاضی، بازاریابی، طراحی شهری و ... نیاز دارد؛ البته بسته به موضوع مورد مطالعه از این تخصص‌ها استفاده می‌شود (لطفی و علیزاده، ۱۳۹۲). در این میان مکان‌گزینی پادگان‌ها و مراکز اردوگاهی نظامی به لحاظ شرایط و عوامل مؤثر در انتخاب آنها، تفاوت‌هایی با واحدهای تجاری و صنعتی دارد؛ هر چند در اصل هر دو موضوع اهداف مشابهی را دنبال می‌کنند. در مکان‌گزینی واحدهای تجاری و صنعتی، بیشتر عوامل تولید مانند بازار، سرمایه، نیروی کار و فاصله بازار مصرف تا محل تولید، به عنوان متغیرهای مناسب در نظر گرفته می‌شوند؛ اما برای شروع فرایند مکان‌گزینی مراکز و اردوگاه‌های نظامی، باید به مأموریت، نوع و استعداد یگان و ویژگی‌های جغرافیایی منطقه توجه داشت (روستایی، فخری و فتحی، ۱۳۹۲). عوامل متعددی چون شرایط آب‌وهوایی، شرایط توپوگرافی، راه‌های ارتباطی، آب، شیب زمین، مسائل امنیتی و ... در گزینش مکان مراکز نظامی و اردوگاهی مؤثرند. از آنجا که فرایند مکان‌یابی نیازمند مطالعه‌ای دقیق و همه‌جانبه است، روش‌های دستی و سنتی نمی‌توانند پاسخگوی این نیاز باشند؛ از این رو تصمیم‌گیری بر مبنای سنجش‌های چندمعیاری، جهت فائق آمدن بر مشکلاتی که نیاز به تصمیم‌گیری در برابر حجم زیادی از اطلاعات پیچیده وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (سعیدی، باقری و شمس، ۱۳۹۲). توانایی بسیار بالای سیستم اطلاعات جغرافیایی در ترکیب با مدل‌های دیگر و روش‌های ریاضی به برنامه‌ریزان امکان می‌دهد تا در امر مکان‌یابی تأسیسات و نواحی آموزشی، بهداشتی، نظامی بهترین تصمیم را بگیرند. جرج بی. دانتزیک^۲، در حدود سال ۱۹۴۷، برنامه‌ریزی خطی را زمانی که به عنوان مشاور ریاضی اداره بازرسی و نظارت نیروی هوایی ایالات متحده خدمت می‌کرد و در بسط و گسترش برنامه‌ریزی پیشرفته، آموزش و پشتیبانی همکاری داشت، ابداع کرد. در این میان بسیاری از پدیده‌های عالم واقعی در صورت مدل‌سازی با مقادیر عدد صحیح بیان

1. Banai-Kashani, R.
2. Dantzig, G. B.

می‌شوند. تعداد سدهای ساخته شده روی رودخانه، تعداد نیروی انسانی نمی‌توانند با اعداد اعشاری بیان شوند. برنامه‌ریزی عدد صحیح، مدلی ریاضی است که برای مدل‌سازی مسائلی شبیه آنچه گفته شد، به کار برده شود (مهرگان، ۱۳۸۲). به عبارت دیگر، چنانچه تنها فرموله کردن مسئله با یک مسئله برنامه‌ریزی خطی، در نظر گرفتن محدودیت عدد صحیح باشد، به آن «برنامه‌ریزی عدد صحیح» می‌گویند که نام کامل‌تر آن «برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح» است (هیلیر و لیبرمن، ۱۳۸۲). هرگاه تمامی متغیرهای موجود در مدل عدد صحیح باشند، به آن برنامه‌ریزی عدد صحیح محض گفته می‌شود و چنانچه بعضی از متغیرها عدد صحیح و برخی غیر صحیح باشند، به آن مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط گفته می‌شود (مهرگان، ۱۳۸۲). از پژوهش‌های صورت گرفته درباره مکان‌یابی با رویکرد نظامی می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد:

روستایی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌یابی مراکز نظامی در دامنه‌های غربی کوهستان سهند پرداخته و مکان‌های مناسب برای استقرار یگان‌های نظامی را تعیین کردند. سعیدی و همکاران (۱۳۹۲) به مکان‌گزینی پادگان نظامی با رویکرد پدافند غیرعامل با استفاده از تلفیق GIS و MCDA در شهرستان تربت جام پرداخته و سه نقطه را به عنوان بهترین نقاط برای جانمایی پادگان در آن شهرستان تعیین کردند. کریمی و خلیلی (۱۳۹۳) در تحقیقی ملاحظات ژئومورفولوژیکی در مکان‌یابی مراکز نظامی در جنوب استان ایلام را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که ۷۴ درصد از مراکز نظامی موجود در منطقه مورد مطالعه در پهنه سرزمینی مناسبی قرار دارند. حنفی و موسوی (۱۳۹۲) در پژوهشی به مکان‌یابی مراکز حساس نظامی در مناطق مرزی ایران و ترکیه با رویکرد دفاع غیرعامل پرداخته و مناطق مساعد برای ایجاد تأسیسات نظامی در منطقه را شناسایی کردند. حنفی و حاتمی (۱۳۹۲) در پژوهشی دیگر به مکان‌یابی مناطق مساعد برای استقرار نیروهای نظامی در منطقه مرزی مهران پرداخته و به این نتیجه رسیدند که مناطق کوهستانی واقع در شرق و مرکز مهران، شرایط مناسبی برای استقرار یگان‌های نظامی دارند. کیانگ^۱، خوجینگ^۲ و پیلونگ^۳ (۲۰۱۱) به بررسی انتخاب پناهگاه‌های اضطراری در مناطق کوهستانی ونچون پرداختند. مولوی (۱۳۷۸) به مکان‌گزینی یک لشکر نمونه در یک عملیات آفندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در منطقه زاویه واقع در شمال شهرستان ساوه پرداخت. نتایج تحقیق نشان

1. Qiang, L.
2. Xuejing, R.
3. Pilong, S.

می‌دهد که مکان‌یابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با سرعت و دقت زیادی صورت می‌گیرد و مطالعات زمینی صحت این نتایج را تأیید می‌کند. نصیری (۱۳۸۸) ضمن شناسایی عوامل مؤثر در مکان‌یابی مراکز حساس نظامی با تأکید بر عامل پدافند غیرعامل، مدلی جهت مکان‌یابی این مراکز در سطح تهران بزرگ ارائه داده است. فخری (۱۳۹۱) در رساله دکتری خود به بررسی ژئومورفولوژی زاگرس جنوب شرقی (شمال تنگه هرمز) و تأثیر آن بر دفاع غیرعامل از مراکز حیاتی و حساس (با تأکید بر مکان‌یابی) پرداخته است.

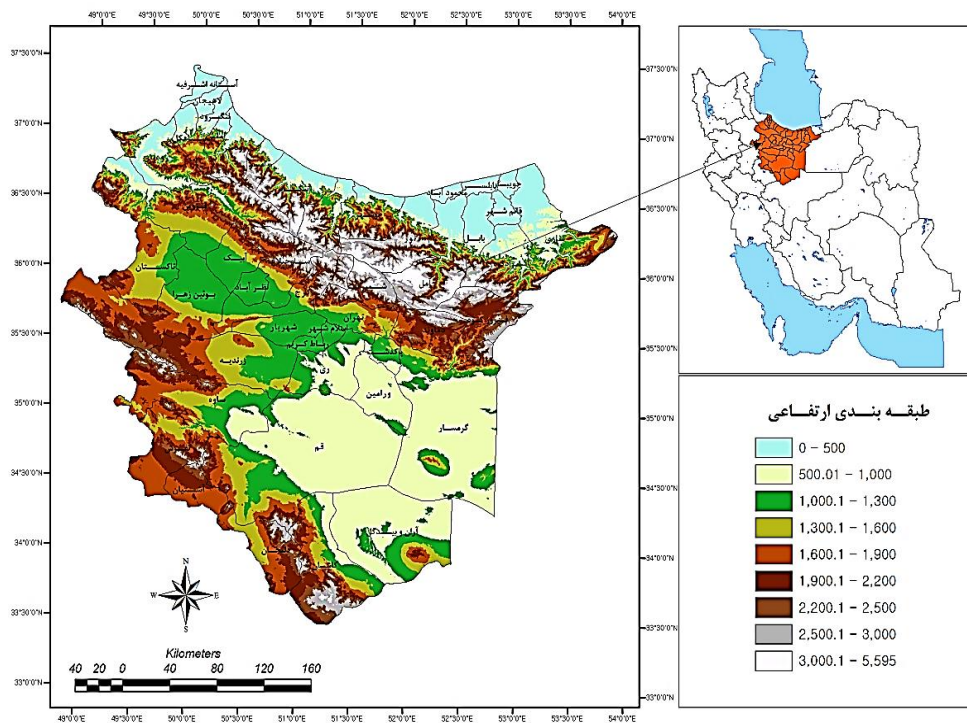
با توجه به پیشینه بالا، تقریباً تمام تحقیقات در زمینه مکان‌یابی یا در حوزه تخصصی تحقیق در عملیات بوده و یا در حوزه تخصصی GIS؛ در صورت تلفیق از روش برنامه‌ریزی خطی استفاده نشده است. بنابراین، یکی از زمینه‌های ابداع و نوآوری در این تحقیق، تلفیق روش‌های مورد استفاده در حوزه جغرافیا و برنامه‌ریزی خطی است. باید توجه داشت که استفاده هم‌زمان از این دو روش، قابلیت انعطاف در تصمیم را برای تصمیم‌گیرنده فراهم کرده و او را قادر می‌سازد تا بتواند از قابلیت‌های برنامه‌ریزی خطی استفاده کند. لذا تحقیق حاضر یکی از اولین تحقیقات کاربردی در این زمینه است. تعیین مکان مناسب برای مراکز نظامی و اردوگاهی یکی از مسائل مهم در برنامه‌ریزی‌های نظامی است؛ بنابراین استفاده از ابزار توانمندی چون سیستم اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره در یک چهارچوب کاری مستحکم و مدون در مکان‌یابی مراکز اردوگاهی دانشگاه افسری امام علی^(ع) ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین در این پژوهش نیز مهم‌ترین هدف، نشان دادن کاربرد و اهمیت مطالعات جغرافیایی در مکان‌یابی مراکز اردوگاهی، شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌ها و انطباق و عدم انطباق مکان‌گزینی انجام گرفته در مراکز اردوگاهی فعلی با معیارها و ویژگی‌های جغرافیایی با استفاده از روش سلسله‌مراتبی در نرم‌افزارهای Arc GIS و Expert Choice در محدوده شعاع ۲۰۰ کیلومتری دانشگاه است، تا در نهایت مناسب‌ترین محل‌ها برای مکان‌گزینی اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی^(ع) در منطقه مورد مطالعه تعیین شود.

موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، مناطق هم‌جوار شهر تهران است که در شعاع تقریبی حدود ۲۰۰ کیلومتری از دانشگاه قرار دارند. این مناطق تمام یا بخشی از استان‌های تهران، البرز، قزوین، مازندران، گیلان، قم، مرکزی و سمنان را شامل می‌شود. منطقه مورد مطالعه میان مدارهای ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و بین نصف‌النهارهای ۴۹

مکان‌یابی نقاط بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی^(ع) / ۲۷

تا ۵۴ درجه طول شرقی واقع شده است. وضعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده تنوع ارتفاعی و اقلیمی است؛ به گونه‌ای که ارتفاع از سطح دریا بین ۲۸- (در سواحل دریای خزر) تا ۵۶۷۰ متر (قله دماوند) متغیر است. همچنین می‌توان مناطق جنگلی با پوشش گیاهی متراکم، مناطق سرد و کوهستانی و مناطق بیابانی و کویری را در این منطقه به آسانی از هم تفکیک کرد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی، شرایط توپوگرافی و ویژگی‌های جغرافیایی مناطق اطراف دانشگاه را در شعاع حدود ۲۰۰ کیلومتری دانشگاه افسری امام علی^(ع) نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

برای انتخاب مکان‌های مناسب برای اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی^(ع) از عوامل مختلف با ماهیت چندگانه استفاده شده است؛ لذا امکان استفاده از یک مدل به تنهایی جهت انتخاب مکان‌های مناسب وجود ندارد. این عوامل عبارت‌اند از: ۱- عوامل جغرافیایی، ۲- عوامل امنیتی و ۳- سیاست‌های تصمیم‌گیرنده. در میان این عوامل، سیاست‌های فرماندهان دانشگاه، ماهیت

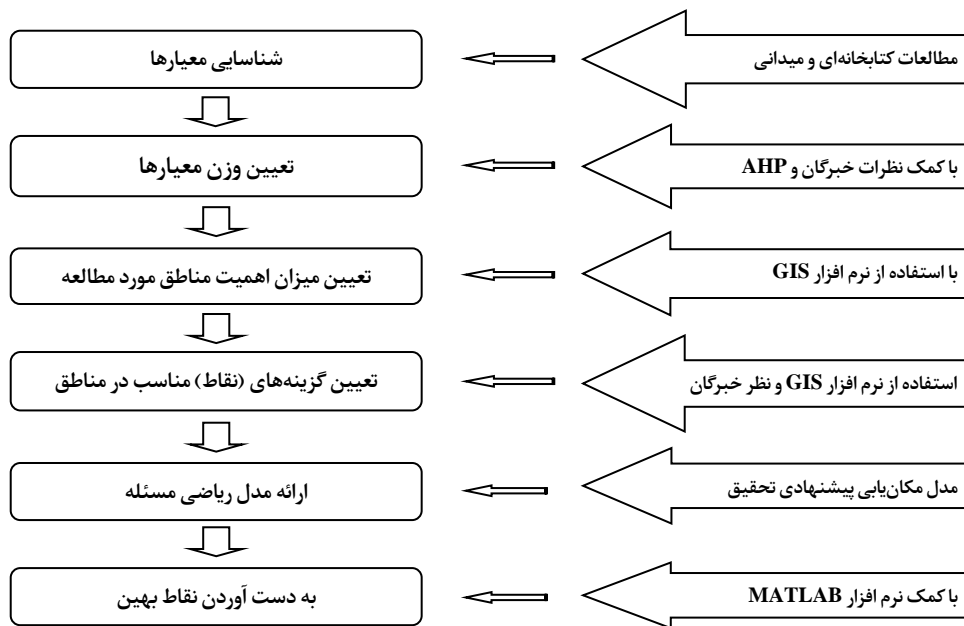
محدودیت (محدودیت‌های مالی، محدودیت منابع انسانی و آموزشی و ...) دارند. به منظور به دست آوردن عوامل مهم و تأثیرگذار در مکان‌یابی اردوگاه‌ها، طی مصاحبه‌ای که با خبرگان انجام شد، عوامل و محدودیت‌های مهم و تأثیرگذار در انتخاب اردوگاه‌ها شناسایی شد. دسته اول از عوامل تأثیرگذار در اردوگاه‌ها، در واقع مجموعه‌ای از عواملی است که از لحاظ جغرافیایی مهم هستند که بر مبنای نظر خبرگان و مصاحبه با فرماندهان دانشگاه به تعداد ۱۴ مورد می‌باشند. این معیارها عبارت‌اند از: ۱- دسترسی به جاده‌ها، ۲- دسترسی به برق، ۳- دسترسی به آب، ۴- دسترسی به مراکز درمانی و خرید، ۵- دسترسی به منابع سوخت، ۶- شیب زمین، ۷- فاصله از مناطق مسکونی، ۸- فاصله از رودخانه، ۹- فاصله از گسل، ۱۰- فاصله از مراکز صنعتی، ۱۱- کاربری اراضی، ۱۲- توپوگرافی، ۱۳- میزان بارش (مقدار و شدت)، ۱۴- دمای هوا (سردی و گرمی).

به منظور به دست آوردن داده‌های جغرافیایی از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد. سپس این نقشه‌ها در نرم‌افزار Arc GIS زمین مرجع و رقومی گردید و لایه‌های اطلاعاتی مانند پراکندگی ارتفاعی، شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از خطوط مواصلاتی، فاصله از مراکز سکونتگاهی و ... در منطقه مورد مطالعه استخراج گردید. اطلاعات اقلیمی شامل متغیرهای دما و بارش نیز از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. سپس به منظور به دست آمدن میزان اهمیت هر یک از عوامل از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم‌افزار Expert Choice استفاده گردید. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) چهارچوبی منطقی است که درک و تحلیل تصمیم‌گیری‌های پیچیده را با تجزیه آن به ساختار سلسله‌مراتبی آسان می‌کند و در سال ۱۹۷۰ توسط توماس ال ساعتی ابداع گردید. اساس روش AHP بر مقایسه زوجی یا دو به دو بی‌گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری است. با توجه به اینکه کلیه مقایسه‌ها در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد، ابتدا وزن معیارها نسبت به هدف تعیین می‌شوند، سپس وزن گزینه‌ها نیز نسبت به معیارها استخراج می‌گردند. بعد از به دست آوردن ارزش نسبی عوامل مؤثر در مکان‌گزینی با استفاده از مدل AHP، این ارزش‌ها در محیط GIS به لایه‌های اطلاعاتی داده شد. سپس لایه‌ها در هم ضرب گردیده و در نهایت پیکسل‌هایی که بیش‌ترین ارزش عددی را داشته‌اند بر روی نقشه مشخص می‌گردند. برای به دست آوردن نقشه نهایی مکان‌های مناسب برای اردوگاه‌های دانشگاه از رابطه زیر استفاده شد:

$$index\ overlay = \frac{(X1 \times W1) + (X2 \times W2) + (X3 \times W3) + \dots + (Xn \times Wn)}{\sum W}$$

مکان‌یابی نقاط بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی^(ع) / ۲۹

پس از به دست آوردن نقاط مناسب از نظر عوامل جغرافیایی، با در نظر گرفتن اولویت‌های مدیریت، عوامل امنیتی به عنوان عوامل دسته دوم، از مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار در انتخاب مکان بهینه از میان نقاط انتخاب شده قبلی می‌باشند. بنابراین در این بخش نیز با استفاده از روش AHP، برای هر کدام از نقاط انتخاب شده در مرحله قبل، یک ضریب امنیتی به دست می‌آید. این عوامل به همراه وزن نهایی حاصل از روش AHP، در جدول ۲ آمده است. در گام اول تحقیق و پس از بررسی مطالعات و تحقیقات پیشین و بازنگری توسط خبرگان نظامی، متغیرها و گویه‌های مندرج به شرح ذیل به عنوان شاخص‌های تأثیرگذار در میزان امنیت اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی^(ع) شناسایی و تحلیل شدند: ۱- فاصله مناسب از شهرهای برخوردار؛ ۲- میزان ایمنی مسیرهای منتهی به اردوگاه از نظر سوانح جاده‌ای؛ ۳- امکان استقرار ترابری هوایی در صورت نیاز؛ ۴- میزان فاصله از مراکز آلاینده (صنعتی - شهری - انبار زباله و ...); ۵- فاصله از مسیر گذرگاه‌های هوایی.



شکل ۲: مراحل مختلف تحقیق

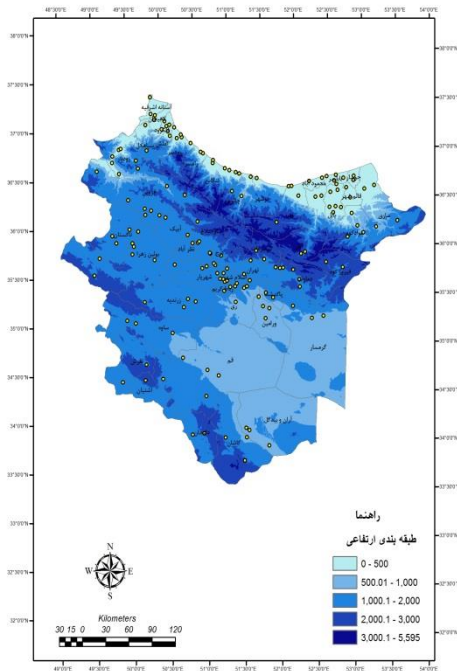
عوامل دسته سوم، محدودیت‌های حاصل از سیاست‌های دانشگاه می‌باشند. این بحث شامل میزان بودجه‌ای است که دانشگاه در نظر دارد تا در اردوگاه صرف نماید. علاوه بر آن، بخش دیگری به سیاست‌ها و تصمیم‌های فرماندهی ارتباط دارد. این عوامل که در غالب محدودیت ظهور می‌کنند و ماهیت آنها با عوامل دسته اول و دوم متفاوت‌اند، در بخش عوامل تأثیرگذار بر عملیات نظامی در قالب محدودیت‌های مدل تشریح شده‌اند. مراحل مختلف تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

نتایج و یافته‌ها

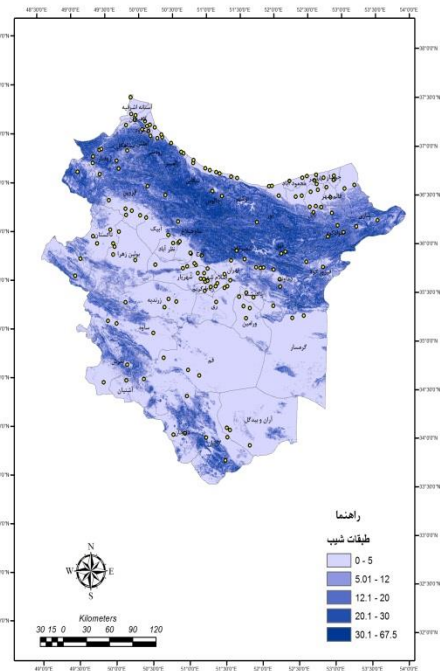
در پژوهش حاضر از ۱۴ متغیر جغرافیایی برای تعیین مکان‌های بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی^(ع) استفاده شد. این متغیرها بر اساس نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقلیمی به دست آمده‌اند.

توپوگرافی و شیب زمین

شیب، شکل زمین را از طریق خصوصیات مورفولوژیکی تحت تأثیر قرار می‌دهد. دو متغیر شیب و جهت آن، از عوامل تأثیرگذار بر جابه‌جایی و تحرکات رزمی نیروها و تجهیزات آنهاست. شیب‌ها معمولاً با توجه به جهت حرکت و به صورت ارقام درصد منفی و مثبت بیان می‌گردند که مشخص‌کننده میزان فراز و نشیب‌های قائم بر روی محورهای افقی فرضی هستند. به طور کلی شیب‌های بیشتر از ۷ درصد برای بیشتر فعالیت‌ها محدودکننده بوده و حرکات و جابه‌جایی نیروها و تجهیزات را کند می‌کند (بهرام‌آبادی، ۱۳۸۸، ص ۷۶). طبقه‌بندی شیب منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. به طور کلی در دامنه‌های البرز شیب زمین زیاد و در مناطق دشتی واقع در جنوب منطقه مطالعه و همچنین سواحل دریای خزر شیب زمین کم است.



شکل ۴: وضعیت توپوگرافی منطقه مورد مطالعه



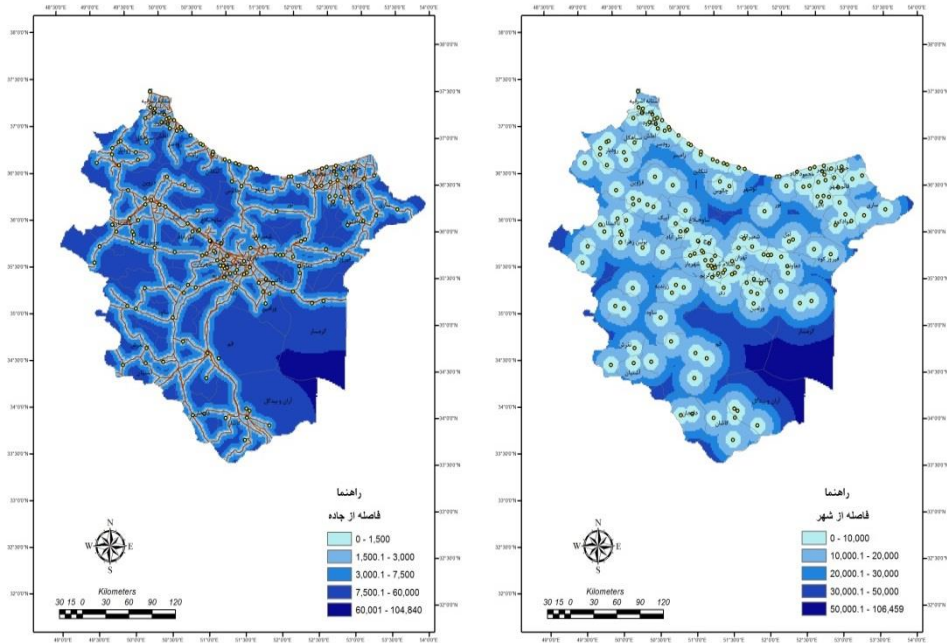
شکل ۳: طبقه‌بندی شیب منطقه مورد مطالعه

از جمله عوامل تأثیرگذار دیگر در مکان‌گزینی یگان‌های نظامی، ارتفاع است. در مکان‌گزینی اردوگاه رزم در کوهستان، ارتفاع زیاد زمین مورد توجه قرار می‌گیرد؛ در صورتی که برای آموزش‌های رزم در کویر، مناطق با ارتفاع کم، ارزش بیشتری دارند. طبقه‌بندی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه که بین ۲۸- تا ۵۶۰۰ متر متغیر است، در شکل ۴ نشان داده شده است.

دسترسی به جاده و شهر

جابه‌جایی نیروها و تجهیزات به راه‌های زمینی مناسب نیاز مبرم دارد. به طور کلی برای سهولت و کاهش زمان حمل و نقل و هزینه، بهتر است مکان اردوگاه تا حد ممکن به جاده‌های اصلی و راه‌های ارتباطی نزدیک باشد. بنابراین، یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی مراکز نظامی دسترسی به محورها و جاده‌های مواصلاتی است. میزان دسترسی به محورها و جاده‌های مواصلاتی در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است. از دیگر عوامل مهم تأثیرگذار در مکان‌یابی اردوگاه‌های دانشگاه، دسترسی به شهرها و مناطق مسکونی به منظور

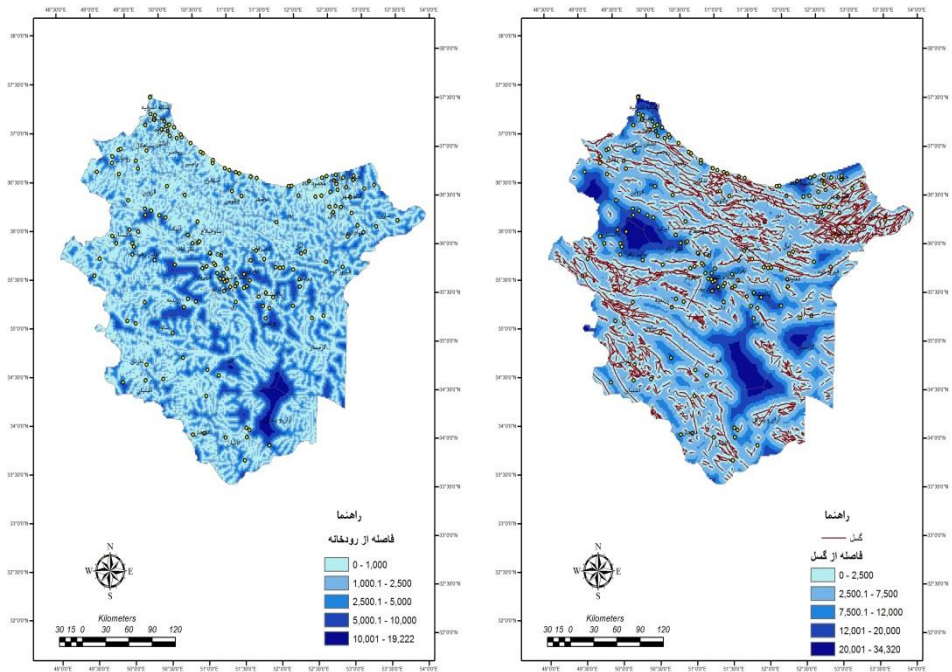
تأمین نیازمندی‌های دانشجویان است. در شکل ۶ نواحی مختلف منطقه از لحاظ میزان دسترسی به شهرها و سکونتگاه‌ها طبقه‌بندی شده است.



شکل ۵: فاصله از محورهای مواصلاتی در منطقه مورد مطالعه شکل ۶: فاصله از شهر در منطقه مورد مطالعه

فاصله از رودخانه و گسل

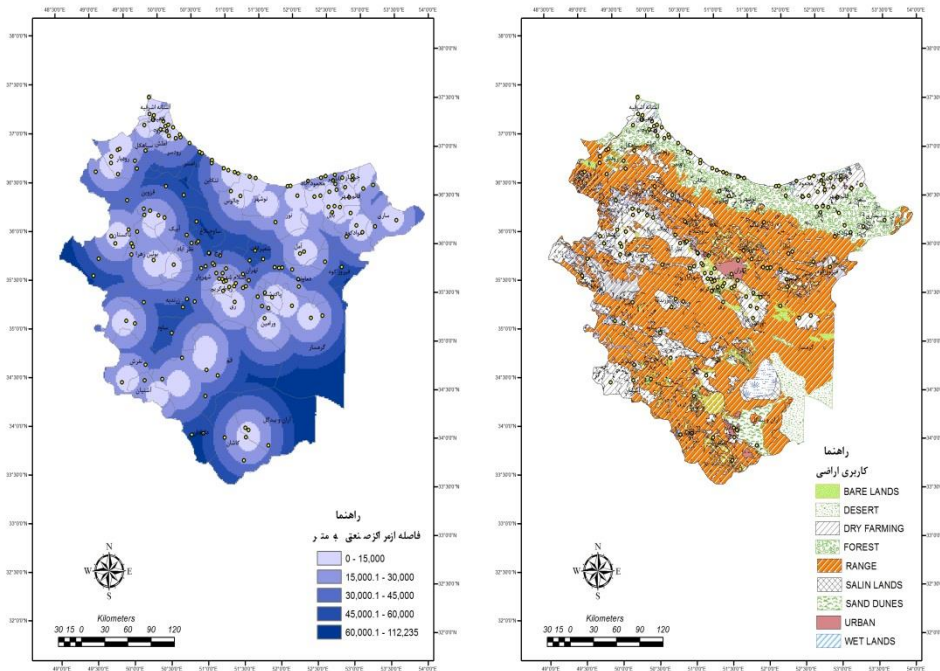
یکی از ضروری‌ترین عوامل در انتخاب مکان اردوگاه، دسترسی به آب برای آشامیدن و نظافت نیروهاست. نزدیک بودن مکان اردوگاه به رودخانه‌ها به منظور تأمین نیاز آبی، دارای اهمیت است اما مکان اردوگاه نباید در پایین دست سدهای مخزنی به حجم آب‌گیری بالا باشد. سیل خیز بودن محل اردوگاه و دوره بازگشت سیل‌های احتمالی، از جمله مواردی است که لزوماً باید مورد توجه قرار گیرد. شکل ۷ فاصله از رودخانه را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار در مکان‌یابی فاصله از نقاط زلزله‌خیز است. به طور کلی قرار گرفتن هر سازه انسانی روی خط گسل یا در فاصله نزدیک آن خطرناک است؛ این خطر برای مراکز و اردوگاه‌های نظامی نیز حائز اهمیت است، زیرا دارای انبار مهمات و سوخت هستند. در شکل ۸ خطوط گسل و فاصله از آنها نشان داده شده است.



شکل ۷: فاصله از رودخانه در منطقه مورد مطالعه شکل ۸: فاصله از گسل در منطقه مورد مطالعه

کاربری زمین

در مکان‌یابی محل یک پادگان یا اردوگاه، استفاده و کاربری فعلی زمین نیز از شاخص‌های مهم است. منطقه انتخاب شده باید با یک دید آینده‌نگر انتخاب شود و گسترش آینده آن نیز مد نظر قرار گیرد. بنابراین، انتخاب مکان‌هایی همچون تالاب‌ها، مناطق مسکونی و مناطق ساحلی مناسب نیست و نمی‌توان در چنین مکان‌هایی پادگان یا اردوگاه بنا کرد. بنابراین همواره باید دانست که زمین انتخاب شده مصارف مهم‌تری نداشته باشد. همچنین در برنامه‌ریزی، باید به کاربری‌های آینده مناطق توجه کرد. کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹: کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه شکل ۱۰: فاصله از مراکز صنعتی در منطقه مورد مطالعه

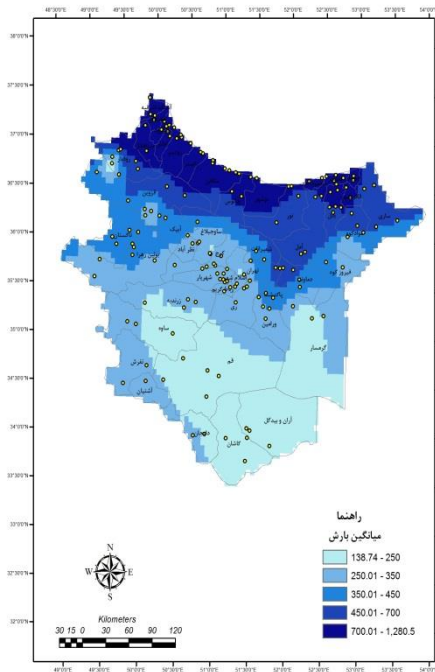
عوامل اقلیمی (دما و بارش)

شدت و نوع بارش بر فعالیت‌های نظامی اثر فراوانی دارد. در نواحی با بارش‌های شدید، باید جاده‌های خوب و پل‌های محکم ساخت. طوفان‌های شدید با رگبارهای شدید، مانع حرکت یگان‌های نظامی می‌گردد؛ در نواحی کوهستانی تمامی نقل و انتقالات نظامی را روی زمین مختل می‌کند؛ علائم شناسایی را مخفی می‌کند و از همه مهم‌تر مانع از عملیات پاک‌سازی و ایمن‌سازی مسیر می‌شود. مقدار بارش سالانه در منطقه مورد مطالعه بین ۱۳۸ تا ۱۲۸۵ میلی‌متر است که کمترین آن در دامنه‌های جنوبی البرز و بیشترین آن در سواحل دریای خزر اتفاق می‌افتد (شکل ۱۱).

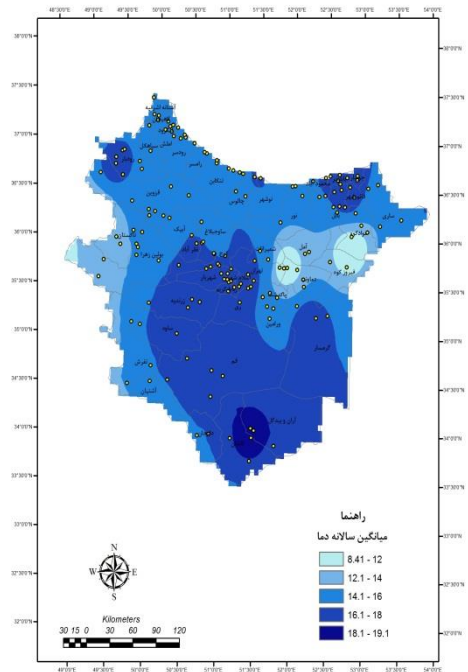
یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار بر فعالیت نیروهای نظامی دمای هوا است. دما در نوع تجهیزات و تدارکات نظامی فعالیت ماشین‌آلات و نیروهای نظامی اثر می‌گذارد. در مناطق خیلی سرد باید به نیروهای نظامی لباس گرم و غذای انرژی‌زا داد؛ برای حفاظت ماشین‌آلات از سرما پایگاه‌های سرپوشیده درست کرد و نیز جاده‌های رفت و آمد را از نظر یخ‌زدگی و لغزندگی کنترل

مکان‌یابی نقاط بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی (ع) / ۳۵

کرد. فرماندهان و نیروهای نظامی، میانگین دمای حداقل و حداکثر روزانه و همچنین دماهای بسیار کم و یا بسیار زیاد را مورد توجه ویژه قرار می‌دهند (کالینز، ۱۳۸۳، ۱۴۴). اگر دمای هوا به بالای ۴۰ درجه و زیر صفر درجه برود عملیات نظامی را با مشکل مواجه خواهد کرد. میانگین دمای سالانه در منطقه مورد مطالعه بین ۸ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد متغیر است (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: طبقه‌بندی میانگین دمای منطقه



شکل ۱۱: طبقه‌بندی میانگین بارش منطقه

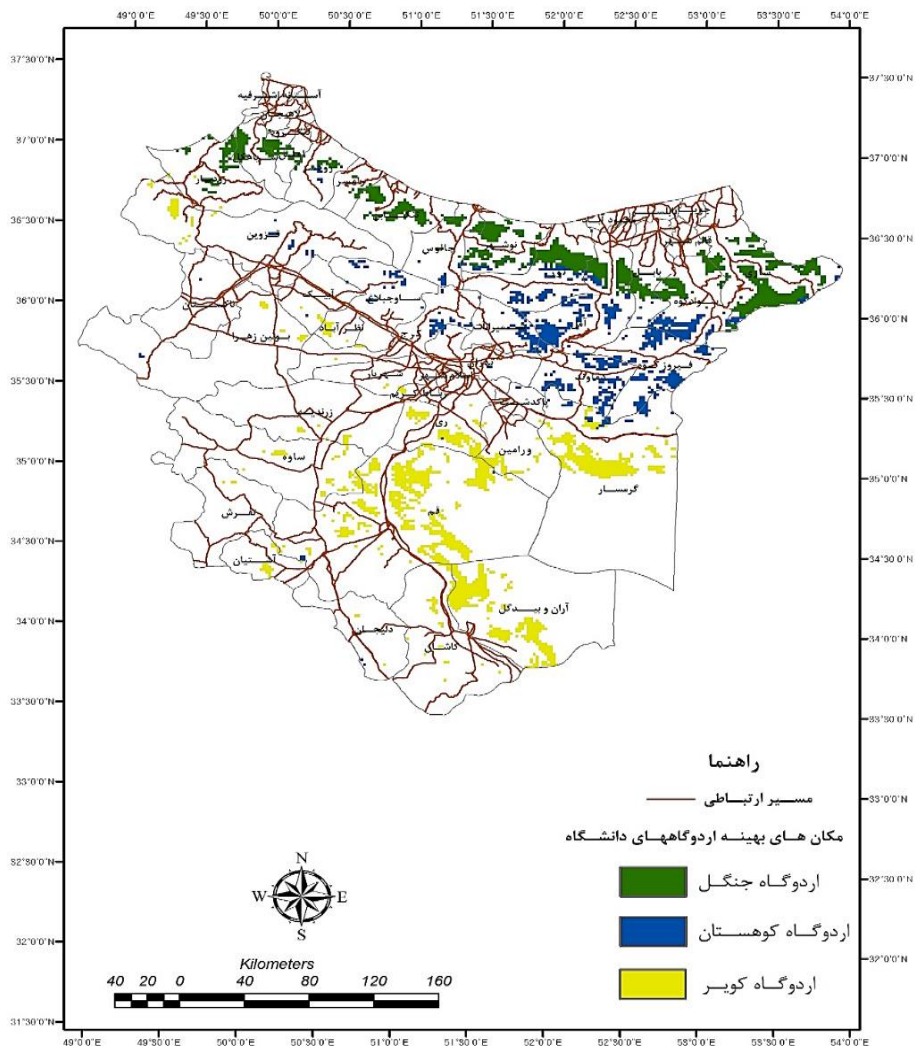
پهنه‌بندی و شناسایی مناطق مناسب برای اردوگاه‌های دانشگاه

در انتخاب مناطق استقرار نیروهای نظامی و اردوگاهی عواملی همچون دسترسی بهتر به مسیرهای مواصلاتی جهت تردد و رفت و آمد آسان‌تر، دسترسی به سکونتگاه‌ها برای تهیه مواد غذایی و نیازمندی‌های روزانه مد نظر است. مکان‌یابی مناسب یکی از روش‌های اساسی کاهش هزینه و افزایش امنیت اردوگاهی است؛ در این راستا باید عوامل متعدد و متنوعی مورد سنجش قرار گیرند. بخشی از عوامل فوق‌کمی و بخشی دیگر به صورت کیفی می‌باشند. این عوامل باید از طریق روش‌های مناسب علمی به صورت یکدست در سنجش داده‌های فضایی استفاده شوند.

با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان اطلاعات کیفی را از طریق روش‌های تحلیلی مناسب از قبیل AHP به اطلاعات کمی تبدیل نموده و سپس به همراه سایر اطلاعات مکانی سنجید. پس از بررسی و سنجش عوامل مؤثر در اردوگاه‌های دانشگاه برای هم‌مقیاس کردن لایه‌ها جهت همپوشانی به هر یک از نقشه‌های توپوگرافی، شیب، فاصله از محورهای مواصلاتی، فاصله از شهر، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، کاربری اراضی، دما، بارش و ... وزن عددی از طریق روش تحلیلی AHP اختصاص یافت (جدول ۱). گفتنی است که با توجه به متفاوت بودن اهداف آموزشی در اردوگاه‌های کوهستان، کویر و جنگل وزن عددی اختصاص داده شده به عوامل کمی با هم متفاوت است. با بهره‌گیری از روش همپوشانی، کلیه لایه‌های مؤثر در مکان‌یابی اردوگاه‌های دانشگاه در محیط GIS تلفیق شدند و در نهایت مناطق مناسب برای ایجاد اردوگاه‌های کویر، کوهستان و جنگل شناسایی و پهنه‌بندی گردید (شکل ۱۳). با توجه به نقشه ارائه شده در شکل ۱۳، مناطق مساعد برای اردوگاه کویر (رنگ زرد)، اردوگاه جنگل (رنگ سبز) و اردوگاه کوهستان (رنگ آبی) مشخص شد.

جدول ۱: وزن عددی اختصاص داده شده به متغیرهای جغرافیایی با استفاده از نرم افزار Expert Choice

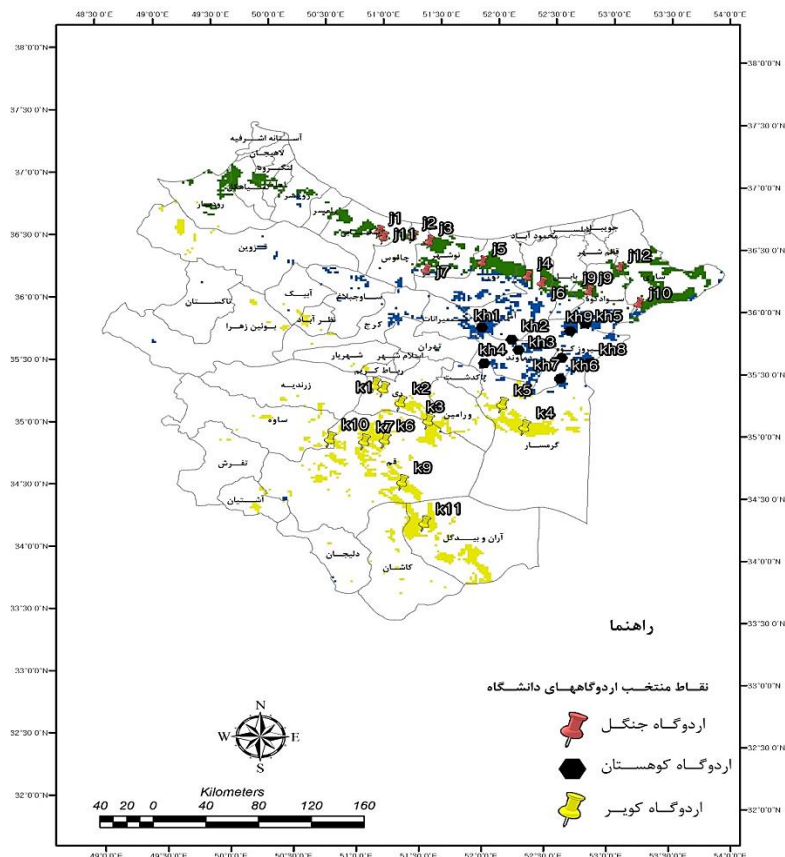
وزن نهایی	معیار	دسترسی به جاده	دسترسی به برق	دسترسی به آب	دسترسی به مراکز درمانی و خرید	دسترسی به منابع سوخت	فاصله از بستر سیلابی	فاصله از مناطق مسکونی	فاصله از رودخانه	فاصله از گسل	فاصله از مراکز صنعتی	کاربری اراضی	توپوگرافی	بارش	دمای هوا
اردوگاه کویر		۰٫۱۸۳	۰٫۱۱۵	۰٫۰۵۷	۰٫۰۳۹	۰٫۰۲۰	۰٫۰۲۶	۰٫۰۲۱	۰٫۰۱۵	۰٫۰۶۷	۰٫۰۲۰	۰٫۳۰۱	۰٫۰۱۹	۰٫۰۱۷	۰٫۰۴۸
اردوگاه جنگل		۰٫۱۸۳	۰٫۱۱۵	۰٫۰۳۷	۰٫۰۲۹	۰٫۰۲۰	۰٫۰۲۶	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۵	۰٫۰۶۷	۰٫۰۲۰	۰٫۳۰۱	۰٫۰۱۱	۰٫۰۳۷	۰٫۰۲۸
اردوگاه کوهستان		۰٫۱۸۳	۰٫۱۱۵	۰٫۰۴۷	۰٫۰۲۹	۰٫۰۲۰	۰٫۰۲۶	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۵	۰٫۰۶۷	۰٫۰۲۰	۰٫۳۰۱	۰٫۰۲۹	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۷



شکل ۱۳: بهینه‌بندی مناطق بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه

انتخاب گزینه‌ها

جهت انتخاب مکان بهینه برای هرکدام از اردوگاه‌های کوهستان، کویر و جنگل، تعداد ۱۰ نقطه از بین مناطق به دست آمده از تجزیه و تحلیل‌های قبلی انتخاب شده است. این نقاط در روی نقشه شکل ۱۴ به صورت زیر مشخص شده‌اند:



شکل ۱۴: گزینه‌های انتخاب شده روی مناطق منتخب

تعیین وزن نسبی گزینه‌ها

در این مرحله می‌باید وزن نسبی گزینه‌ها (شکل ۱۴) را با توجه به شاخص‌ها و همچنین وزن به دست آمده برای هر شاخص محاسبه کنیم. بدین منظور، ابتدا امتیاز گزینه‌ها در هر شاخص توسط کارشناسان و خبرگان متخصص و با تجربه احصاء و در نهایت با اعمال وزن شاخص‌ها (میانگین حسابی) امتیاز نهایی هر گزینه محاسبه می‌شود. شاخص ناسازگاری نیز برای وزن‌های محاسبه شده به دست آمد که برابر 0.06 بوده؛ از آنجایی که از آنجایی که از 0.1 کمتر است، بیانگر وجود سازگاری میان نظرات تصمیم‌گیرندگان است.

مدل برنامه‌ریزی صفر و یک برای عوامل دسته دوم

پس از شناسایی شاخص‌های مؤثر در مرحله قبل، در این بخش با کمک پرسش‌نامه و بهره‌گیری از روش AHP میزان اهمیت معیارها (وزن معیارها) برای عوامل دسته دوم را تعیین کردیم که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. شایان ذکر است که میزان ناسازگاری برای این عوامل برابر با ۰/۰۴ می‌باشد که بیانگر وجود سازگاری است.

جدول ۲: عوامل امنیتی به همراه وزن نهایی

وزن نهایی	زیر معیار
۰/۲۱۳	فاصله مناسب از شهرهای برخوردار
۰/۳۹۵	میزان ایمنی مسیرهای منتهی به اردوگاه از نظر سوانح جاده‌ای
۰/۱۲۸	امکان استقرار ترابری هوایی در صورت نیاز
۰/۱۴۳	میزان فاصله از مراکز آلاینده (صنعتی - شهری - انبار زباله و ...)
۰/۱۲۰	فاصله از مسیر گذرگاه‌های هوایی

در ادامه ارزش‌های به دست آمده از مدل AHP به منظور حداکثرسازی مجموع میزان ضریب امنیتی گزینه‌های انتخابی، وارد تابع هدف مدل برنامه‌ریزی صفر و یک شده است و عوامل دیگری که شامل محدودیت‌های مالی و سیاست‌های دانشگاه و تصمیمات فرماندهی هستند، محدودیت‌های مدل را تشکیل می‌دهند. بیان این نکته ضروری است که دانشگاه افسری، ۳ نوع اردوگاه دارد، که در نهایت هدف انتخاب چند اردوگاه است که علاوه بر ارضای محدودیت‌های مدل، حداکثر ارزش و اهمیت از جنبه عوامل دسته اول را داشته باشند؛ به عبارت دیگر، تابع هدف مدل صفر و یک بیشینه شود. با توجه به تعاریف زیر مدل‌سازی انجام شده است:

اندیس‌های مدل

i : نشان‌دهنده نوع اردوگاه است. ($i = 1, 2, 3$)

n_i : تعداد نقاط برای هر کدام از انواع اردوگاه‌ها

j : نشان‌دهنده تعداد اردوگاه‌ها از هر نوع است. ($j = 1, 2, \dots, n_i$)

پارامترهای مدل U : حداکثر تعداد مجاز مکان اردوگاه‌ها I : کل سرمایه در دسترس D : مقدار معین فاصله بین دو مکان $d(x_i, x_j)$: فاصله بین دو مکان انتخاب شده**متغیرهای مدل** x_{ij} : اختصاص مکان ij (۱ یا ۰) w_{ij} : میزان ارزش ضریب امنیتی به دست آمده برای هر کدام از مکان‌های انتخاب شده p_{ij} : هزینه لازم برای استقرار اردوگاه‌ها**تابع هدف مدل**

تابع هدف از نوع بیشینه‌سازی است. ضریب امنیتی به دست آمده از مدل AHP بعد از بهنجار شدن به عنوان ضریب متغیرها در تابع هدف قرار می‌گیرد.

$$\max z = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} w_{ij} x_{ij}$$

محدودیت‌های مدل (عوامل دسته دوم)

۱- دانشگاه میزان بودجه محدودی جهت صرف کردن برای هزینه‌های اردوگاه در اختیار دارد؛ یعنی به میزان p_{ij} در جهت استفاده در اردوگاه‌ها هزینه کند؛ بنابراین محدودیت سرمایه به شکل زیر است:

$$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} p_{ij} x_{ij} \leq I$$

۲- دانشگاه با توجه به میزان نیروهایی که دارد و توان و زمان آموزش آنها در نهایت از ۳ مکان می‌تواند به عنوان مکان اردوگاه‌ها استفاده کند:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \leq U$$

۳- دانشگاه لزومی در داشتن دو مکان برای یک نوع اردوگاه نمی بیند؛ یعنی دانشگاه نیازمند ۱ مکان از تعداد ۳۳ (برای هر نوع اردوگاه یک مکان) مکان برای هر کدام از انواع اردوگاه هاست.

$$\sum_{j=1}^{n_1} x_{1j} = 1, \quad \sum_{j=1}^{n_2} x_{2j} = 1, \quad \sum_{j=1}^{n_3} x_{3j} = 1$$

۴- دانشگاه در نظر دارد تا فاصله هر کدام از مکان های انتخاب شده برای اردوگاه کویر و اردوگاه جنگل از یک مقدار معین تجاوز نکند.

$$d(x_{1j}, x_{2j}) \leq D,$$

تعیین مکان بهین اردوگاهها

پس از تعیین وزن نسبی گزینه ها، وزن ها و محدودیت ها را در مدل قرار می دهیم و مدل را حل می کنیم. برای حل مدل از نرم افزار MATLAB نسخه (R2009a) 7.8.0.347 استفاده گردید. پس از حل مدل جواب بهین به صورت زیر است. در واقع جواب های حاصل از حل مدل برنامه ریزی خطی همان مکان بهین اردوگاهها هستند که در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: مکان بهین برای اردوگاه های دانشگاه

نوع اردوگاه	نقاط بهین	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میزان ارزش امنیتی
کویر	$k1$	۵۱ درجه و ۶ دقیقه و ۲۱ ثانیه	۳۵ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲ ثانیه	$f = 0.75$
جنگل	$j7$	۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۵ ثانیه	۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه و ۴۱ ثانیه	
کوهستان	$kh1$	۵۱ درجه و ۵۴ دقیقه و ۴۶ ثانیه	۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه و ۴۲ ثانیه	

در ادامه پس از حل مدل برنامه ریزی صفر و یک، نقطه ای برای هر اردوگاه مشخص شد. میزان تابع هدف برای این مدل ۰٫۷۵ به دست آمد؛ به عبارت بهتر هر کدام از انواع اردوگاهها ارزشی معادل ۰٫۷۵٪ از کل ارزش امنیتی را دارند. در مجموع نتایج به دست آمده از حل مدل در جدول ۴ خلاصه شده است. همان طور که از نتایج مشخص است، دانشگاه با هزینه کرد مقدار ۸۰

مکان‌یابی نقاط بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی (ع) / ۴۳

واحد می‌تواند سه مکان مناسب را برای اردوگاه‌ها انتخاب کند. از لحاظ فاصله نیز مجموع فاصله فعلی اردوگاه‌ها از دانشگاه در حدود ۳۷۰ کیلومتر است؛ در صورتی که فاصله اردوگاه‌های پیشنهادی که از حل این مدل به دست آمده است در حدود ۲۸۲ کیلومتر می‌باشد.

جدول ۴: نتایج حاصل برای جواب بهین از حل مدل تحقیق

مجموع فواصل از مبدأ	اردوگاه کوهستان	اردوگاه جنگل	اردوگاه کویر	جواب مدل برنامه‌ریزی
۸۰ واحد				
میزان منابع مالی				
۲۸۲	۸۲	۵۵	۱۴۵	فاصله اردوگاه‌های پیشنهادی (km)
۳۷۰	۸۸	۸۰	۲۰۲	فاصله فعلی اردوگاه‌ها (km)

همچنین ترتیب اولویت مکان‌های انتخاب شده با استفاده از حل مدل این تحقیق در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به این جدول، ارزش امنیتی هر کدام از اولویت‌ها بیان شده است. ارزش امنیتی مکان فعلی اردوگاه‌ها برابر با ۰/۶۰٪ است؛ بنابراین ارزش امنیتی اولویت‌های ۱، ۲ و ۳ از ارزش امنیتی فعلی بیشتر است و پیشنهاد می‌شود اردوگاه‌ها در این مکان‌ها ایجاد شوند.

جدول ۵: اولویت نتایج به دست آمده برای مکان‌های بهین

اولویت مکان منتخب	(کوهستان، جنگل، کویر)	ارزش امنیتی مکان
۱	(k1,j7,kh1)	۰/۷۵
۲	(k8,j2,kh4)	۰/۶۳
۳	(k2,j3,kh2)	۰/۶۲
۴	(k7,j6,kh3)	۰/۵۵
۵	(k3,j4,kh10)	۰/۳۸
۶	(k6,j1,kh6)	۰/۲۶
۷	(k10,j11,kh9)	۰/۲۱
۸	(k9,j8,kh7)	۰/۲۰
۹	(k11,j5,kh5)	۰/۱۷
۱۰	(k4,j9,kh8)	۰/۱۴
۱۱	(k5,j10,kh8)	۰/۱۳
۱۲	(k5,j12,kh8)	۰/۱۰

بحث و نتیجه گیری

مکان یابی درصد بالایی از مطالعات و طراحی ها را پوشش می دهد؛ زیرا جوانب مختلفی در آن دیده می شود. امروزه در کشور هزینه های زیادی برای به کار بردن تمهیدات پدافند غیرعامل در پروژه های در حال بهره برداری صرف می شود. اگر در ابتدا مکان گزینی مناسبی انجام گیرد و شیوه های حفاظتی، امنیتی و ایمنی به خوبی به کار گرفته شود، شاهد حفظ تجهیزات و نیروهای کارآمد با هزینه کم خواهیم بود؛ این امر در مورد اردوگاه های دانشگاه نیز حائز اهمیت است. در این پژوهش با به کارگیری مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم افزار GIS به شناسایی نقاط بهینه برای اردوگاه های دانشگاه افسری امام علی^(ع) پرداخته شد. به منظور انتخاب مکان بهین برای هر کدام از اردوگاه های کوهستان، کویر و جنگل، تعداد ۱۰ نقطه از منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. در ادامه پس از حل مدل برنامه ریزی صفر و یک، نقطه ای برای هر اردوگاه مشخص گردید. نتایج حاصل نشان داد که در صورت احداث اردوگاه ها در مکان های پیشنهادی در این تحقیق، فاصله اردوگاه ها از ۳۷۰ کیلومتر به ۲۸۲ کیلومتر کاهش می یابد؛ همچنین ارزش امنیتی مکان های پیشنهادی از ارزش امنیتی مکان های فعلی بیشتر خواهد بود.

فهرست منابع

- بهرام آبادی، بهروز؛ حنفی، علی؛ داوودی، اعظم (۱۳۹۱). شناسایی قابلیت ها و محدودیت های ژئومورفولوژیکی منطقه قشم و تأثیر آن در دفاع سرزمینی نیروهای نظامی. دومین همایش جغرافیا، توسعه، دفاع و امنیت، دانشگاه امام حسین^(ع).
- بهرام آبادی، بهروز (۱۳۸۸). تأثیر ژئومورفولوژی مناطق بیابانی بر عملیات نظامی در دشت مسنله قم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران.
- حنفی، علی؛ حاتمی، ایرج (۱۳۹۲). مکان یابی مناطق مساعد برای استقرار نیروهای نظامی در منطقه مرزی مهران با استفاده از GIS. فصلنامه مدیریت نظامی، ۴۹، ۱۰۷-۱۲۸.
- حنفی، علی؛ موسوی، میرنجم (۱۳۹۲). مکان یابی مراکز حساس و مهم نظامی در مناطق مرزی ایران و ترکیه با توجه به شاخص های هیدروژئومورفوکلیمایی با رویکرد پدافند غیرعامل. فصلنامه مدیریت نظامی، ۵۱، ۴۵-۷۲.

مکان‌یابی نقاط بهینه برای اردوگاه‌های دانشگاه افسری امام علی^(ع) / ۴۵

روستایی، شهرام؛ فخری، سیروس؛ فتحی، محمدحسین (۱۳۹۲). تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌گزینی مراکز نظامی (مطالعه موردی: دامنه‌های غربی کوهستان سهند). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۵(۳): ۲۰۹-۲۲۸.

سعیدی، علی؛ باقری، حسین؛ شمس، میثم (۱۳۹۲). مکان‌گزینی پادگان نظامی با رویکرد پدافند غیرعامل با استفاده از تلفیق GIS و MCDA (مطالعه موردی: شهرستان تربت جام). مجله سیاست دفاعی، ۲۲(۸۴)، ۱۹۳-۲۱۶.

سنجری، سارا (۱۳۸۷). راهنمای کاربردی ARC GIS. انتشارات عابد، چاپ سوم.

کالینز، جان، ام (۱۳۸۴). جغرافیای نظامی (جغرافیای طبیعی). ترجمه: آهنی، محمدرضا و محسنی، بهرام. تهران: انتشارات دانشگاه امام حسین^(ع).

فخری، سیروس (۱۳۹۱). ژئومورفولوژی زاگرس جنوب شرقی (شمال تنگه هرمز) و تأثیر آن بر دفاع غیر عامل از مراکز حیاتی، حساس و مهم (با تأکید بر مکان‌یابی). پایان‌نامه دکتری در رشته جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران.

مولوی، ارژنگ (۱۳۷۸). مکان‌گزینی یک لشکر نمونه در یک عملیات آفندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه زاویه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته سنجش از دور، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

کریمی کردآبادی، مرتضی؛ خلیلی، یاسر (۱۳۹۳). تحلیل ملاحظات ژئومورفولوژیکی در مکان‌یابی مراکز نظامی (مطالعه موردی: جنوب استان ایلام). آمایش سرزمین، ۱۱۳(۱): ۱۲۸-۱۱۳.

لطفی، احمد؛ علیزاده، بهروز (۱۳۹۲). الگوریتم‌های بهین برای مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات روی شبکه‌ها با مشتریان به شکل زیرگراف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی تبریز.

نصیری، محمدرضا (۱۳۸۸). ارائه مدل مکان‌یابی مراکز حساس و حیاتی با توجه به اصول پدافند غیرعامل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع، گرایش سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه علم و صنعت، دانشکده صنایع.

صفوی، یحیی (۱۳۷۸). اصول و مبانی جغرافیای نظامی. تهران: انتشارات دانشگاه امام حسین^(ع).

مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۲). مدل‌سازی ریاضی. تهران: انتشارات سمت.

مؤمنی، منصور (۱۳۸۹). مباحث نوین در تحقیق در عملیات. نشر الیاس.

هیلیر و لیبرمن (۱۳۸۲). تحقیق در عملیات / برنامه‌ریزی خطی، ترجمه آصف وزیری و مدرس یزدی. نشر جوان.

Banai-Kashani, R. (1989). A new method for site suitability analysis: an analytical hierarchy process. *Environmental Management*, 13(6), 693-785.

Callins, J. M. (1998). *Military Geography For Professionals And the Public*. Washington, D C: National Defense University Press.

Gilwitch, D. A. (2003). *Military geography (the interaction of Desert Geomorphology And Military Operations)*. Arizona State University.

Qiang, L., Xuejing, R., & Pilong, S. (2011). Selection of emergency shelter sites for seismic disasters in mountainous regions: Lesson from the 2008 Wenchuan Ms 8.0 Earthquake, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 40(4), 926-934.