



Optimal Site Selection of Military Bases in Meshginshahr township Using Geographic Information System (GIS) Capabilities and the Analytic Network Process (ANP) Model¹

AmirHesam Pasban¹, Mousa Abedini^{*2}

1. Ph.D Student, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received Date: 25 February 2025 Accepted Date: 29 April 2025

Abstract

Background and Objective: Multi-criteria decision-making methods combined with Geographic Information Systems (GIS) enable the simultaneous evaluation of various environmental, infrastructural, and security criteria, assisting in the optimal selection of locations for the establishment of military bases. Accordingly, the aim of this study is to locate military bases in Meshginshahr County using the Analytic Network Process (ANP) model and GIS.

Methodology: To achieve the research objective, a survey method was first employed by designing a questionnaire to collect expert opinions on the factors influencing the siting of military bases in the study area. In the next step, necessary data layers were digitized based on existing maps, and a database was created in the ArcGIS environment. Data weighting was carried out using the ANP method. Finally, the zoning map of the study area was prepared by integrating and overlaying the selected layers.

Findings and Results: The results indicated that 15.67% of the county's area falls within the "highly suitable" class and 17.97% within the "suitable" class, mainly located in the central and eastern parts of the county. In contrast, 25.55% is categorized as "unsuitable" and 21.48% as "highly unsuitable," primarily found in the mountainous and steep western and southern regions. This study demonstrated that integrating multi-criteria decision-making models with GIS spatial analysis can significantly assist in optimizing the site selection of military bases while minimizing environmental and security conflicts.

Keywords: Military bases, ANP, slope, Geographic Information Systems (GIS), Meshginshahr.

¹ This article is extracted from the elite research project titled "Investigation and optimal location of military barracks using remote sensing data in a GIS environment (Case study: Ardabil province)" conducted at the University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Employer: University of Mohaghegh Ardabili Project, Supervisor: Mousa Abedini, Elite Soldier: AmirHesam Pasban.

* **Corresponding Author Email:** Abedini@uma.ac.ir

eeee hh areeeee Pasban, A. and Abedini, M. (2025). Optimal Site Selection of Military Bases in Meshginshahr township Using Geographic Information System (GIS) Capabilities and the Analytic Network Process (ANP) Model. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(3), 291-309.



مکان‌گزینی بهینه پادگان‌های شهرستان مشگین‌شهر با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و

مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای (ANP)^۱

امیرحسام پاسبان^۱، موسی عابدینی^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹

چکیده

زمینه و هدف: روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ترکیب با سیستم اطلاعات جغرافیایی امکان ارزیابی هم‌زمان معیارهای مختلف محیطی، زیرساختی و امنیتی را فراهم می‌کنند و به انتخاب بهینه‌ترین مکان برای احداث پادگان‌های نظامی کمک می‌نمایند. از این‌رو هدف از این پژوهش، مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی در شهرستان مشگین‌شهر با بهره‌گیری از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

روش‌شناسی: جهت دستیابی به هدف پژوهش در گام اول با تهیه و تنظیم پرسشنامه به روش پیمایشی، نظرات کارشناسان درباره فاکتورهای موثر در مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد. در مرحله بعد با رقومی کردن لایه‌های مورد نیاز از روی نقشه‌های موجود، پایگاه داده‌ها در محیط ArcGIS تهیه شد. همچنین وزن‌دهی داده‌ها با استفاده از روش ANP انجام گرفت. در نهایت، نقشه پهنه‌بندی منطقه با تلفیق و همپوشانی لایه‌های مورد استفاده تهیه شد.

یافته‌ها و نتایج: نتایج نشان داد که ۱۵/۶۷ درصد از مساحت شهرستان در کلاس خیلی مناسب و ۱۷/۹۷ درصد در کلاس مناسب قرار دارد که این مناطق عمدتاً در بخش‌های مرکزی و شرقی شهرستان واقع شده‌اند. در مقابل، ۲۵/۵۵ درصد در کلاس نامناسب و ۲۱/۴۸ درصد در کلاس خیلی نامناسب قرار دارد که این نواحی عمدتاً در مناطق کوهستانی و پرتپیب غربی و جنوبی شهرستان قرار دارند. پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در کنار تحلیل‌های مکانی GIS می‌تواند به تصمیم‌گیری بهینه در مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی کمک کرده و تعارضات زیست‌محیطی و امنیتی را به حداقل برساند.

واژه‌های کلیدی: پادگان‌های نظامی، ANP، شیب، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مشگین‌شهر.

^۱ مقاله مستخرج از طرح پژوهشی نخبگان تحت عنوان "بررسی و مکان‌یابی بهینه پادگان‌های نظامی با استفاده از داده‌های سنجش از دور در محیط GIS (مطالعه موردی: استان اردبیل)" در دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران انجام شده است. کارفرما: دانشگاه محقق اردبیلی، ناظر طرح: موسی عابدینی، سرباز نخبه آقای امیرحسام پاسبان

* نویسنده مسئول : Abedini@uma.ac.ir

ارجاع به این مقاله: پاسبان، امیرحسام و عابدینی، موسی . (۱۴۰۴). مکان‌گزینی بهینه پادگان‌های شهرستان مشگین‌شهر با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای (ANP). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای. ۶(۳)، ۲۹۱-۳۰۹.

مقدمه و بیان مسأله

مکان‌گزینی فرآیندی است که در آن، با در نظر گرفتن شرایط و نیازهای خاص یک فعالیت، بهترین مکان با توجه به منابع و امکانات موجود انتخاب می‌شود (سبحانی و مملوکی، ۱۴۰۴؛ رضایی و مرادی، ۱۴۰۰؛ یانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). به عبارت دیگر هدف از مکان‌گزینی، یافتن یک یا چند موقعیت مکانی با ویژگی‌های توصیفی مورد نظر، از طریق تحلیل ترکیبی داده‌های فضایی و اطلاعات توصیفی است (پائولیتی^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). این فرآیند معمولاً از طریق انتخاب گزینه‌های بهینه و پردازش‌های آماری و ریاضی انجام می‌گیرد (سنوباری^۳ و همکاران، ۲۰۱۸). انتخاب مکان مناسب برای تأسیسات منطقه‌ای، مستلزم ارزیابی دقیق پتانسیل‌های مکانی و ویژگی‌های توصیفی است، به طوری که کاربری انتخاب شده با شرایط محیطی سازگاری کامل داشته باشد (پاشازاده و همکاران، ۱۳۹۶). دسترسی به منابع نظامی، خطوط تدارکات، و قابلیت‌های لجستیکی، از جمله عوامل مهم در مکان‌گزینی نظامی هستند در واحدهای تجاری و صنعتی، دسترسی به نیروی کار، مواد اولیه، و شبکه‌های حمل‌ونقل، از اولویت‌های اصلی هستند (روستایی و همکاران، ۱۳۹۲). نزدیکی به بازار مصرف، یکی از مهم‌ترین عوامل در مکان‌گزینی واحدهای تجاری است این امر به کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و افزایش سرعت دسترسی مشتریان به محصولات و خدمات کمک می‌کند (باسیل و سیرکالی^۴، ۲۰۱۸). نوع تهدیدات احتمالی، مانند تهدیدات زمینی، هوایی، دریایی یا سایبری، در انتخاب مکان مرکز نظامی تأثیرگذار است (پاسبان و عابدینی، ۱۴۰۴؛ نوری کلکناری، ۱۳۹۸). از این رو، موقعیت جغرافیایی پایگاه‌های نظامی، می‌تواند تأثیرات گسترده‌ای بر امنیت ملی و منطقه‌ای داشته باشد ویژگی‌های ژئوپلیتیکی منطقه، مانند نزدیکی به مرزها، دسترسی به منابع طبیعی، و موقعیت استراتژیک، نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب محل پایگاه‌های نظامی ایفا می‌کنند (فتحی، ۱۳۸۹).

مراکز و استقرارگاه‌های نظامی، همواره از اهداف اصلی دشمن در حملات نظامی هستند بنابراین، ساماندهی فضایی مناسب نیروهای مسلح، می‌تواند به کاهش آسیب‌پذیری کشور در برابر حملات دشمن کمک کند (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ مومنی، ۱۳۸۱). رویکرد آمایشی، با در نظر گرفتن عوامل مختلفی مانند موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های طبیعی منطقه، و تهدیدات احتمالی، به ساماندهی فضایی نیروهای مسلح می‌پردازد این رویکرد، به گونه‌ای سازمان فضایی نیروهای مسلح را طراحی می‌کند که حداکثر امنیت و حداقل آسیب‌پذیری را برای کشور فراهم کند (جنسن^۵، ۲۰۱۸). تحلیل جهات بهینه قرارگاه‌های نظامی با تأکید بر تهدیدات نظامی، امنیتی مستلزم شناخت انواع تهدیدات منبع و منشأ تهدیدات و سرانجام ارائه راهکارهایی در خصوص مکان‌گزینی بر مبنای ملاحظات نظامی و دفاعی است (فتحی، ۱۳۸۹).

پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعات گوناگونی در خصوص مکان‌گزینی در داخل و خارج کشور انجام شده است. که در زیر به چند مورد آن اشاره شده است:

کیخایی و همکاران (۱۳۹۴) پتانسیل‌یابی سایت‌های دیدبانی یگان‌های رزمی در منطقه نصرآباد اصفهان مورد مطالعه

1- Yang

2- Paoletti

3- Senobari

4- Basile & Ciccarelli

5- Jensen

قرار دادند. آن‌ها با استفاده از GIS و منطق فازی پس از وزن‌دهی لایه‌ها اقدام به همپوشانی و پهنه‌بندی منطقه در پنج گروه بسیار مناسب، مناسب، متوسط، ضعیف و بسیار ضعیف کردند. نتایج پژوهش با توجه به بازدیدهای میدانی انجام‌شده نشان می‌دهد که محدوده‌های نیمه مرتفع و مناطقی که از نظر ژئومورفولوژی نظامی حائز اهمیت هستند به خوبی استخراج گردیدند.

خبازی و همکاران (۱۳۹۷)، در رابطه با ارزیابی معیارهای مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی در منطقه صفر پنج کرمان پژوهشی انجام دادند. نتایج نشان داد که از دیدگاه کارشناسان نظامی، شاخص دسترسی با امتیاز ۱۵/۷۹ بیش‌ترین اهمیت را در مکان‌گزینی پادگان‌ها دارد، در حالی که شاخص امنیت با امتیاز ۱۴/۲۱ کم‌ترین اهمیت را به خود اختصاص داده است.

جعفرزاده و ولیزاده (۱۳۹۷)، در پژوهشی با استفاده از روش سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به بررسی مکان‌گزینی پادگان نظامی در شهر اردبیل با توجه به اصول پدافند غیرعامل پرداختند. در این پژوهش، سه مکان به‌عنوان گزینه‌های مناسب برای استقرار پادگان اردبیل پیشنهاد شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که ساختار توپوگرافی منطقه پیشنهادی، به دلیل ویژگی‌های خاص خود، می‌تواند به‌عنوان یک عامل کلیدی در کاهش خسارات ناشی از حوادث احتمالی مانند جنگ و بحران عمل کند. به عبارت دیگر، انتخاب مکان‌هایی با توپوگرافی مناسب، می‌تواند به افزایش امنیت و کاهش آسیب‌پذیری پادگان در شرایط بحرانی کمک کند.

اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۸)، با هدف تحلیل عوامل ژئومورفولوژیکی در مکان‌گزینی مراکز نظامی دفاعی با استفاده از ANP^۱ و GIS در پادگان‌های شهرستان مرزی استان آذربایجان غربی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که هیچ‌یک از پادگان‌های مورد بررسی در وضعیت کاملاً مناسبی قرار ندارند. در این میان، پادگان امام سجاد تقریباً در وضعیت مناسبی قرار داشت، در حالی که پادگان لشکر ۶۴ پیاده ارومیه در وضعیت کاملاً نامناسبی واقع شده بود. همچنین، حدود یک سوم از زمین‌های منطقه مورد مطالعه، برای استقرار پادگان نامناسب تشخیص داده شد، در حالی که تنها حدود ۱۰ درصد از زمین‌ها برای این منظور مناسب بودند.

رضایی و مرادی (۱۴۰۰)، در پژوهشی به شناسایی ابعاد و مولفه‌های مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی پرداختند و نتیجه گرفتند که عوامل مؤثر در این فرآیند شامل آمایش سرزمینی، جغرافیای منطقه، اصول پدافند غیرعامل، زیرساخت‌های اساسی، شاخص‌های نظامی و نوع یگان‌ها است؛ به عبارت دیگر، مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی نیازمند توجه به مجموعه‌ای از عوامل جغرافیایی، امنیتی و عملیاتی است.

نیکبخت و همکاران (۱۴۰۱)، جهت مکان‌گزینی پاسگاه‌های مرزی در مناطق مرزی شمال شرقی کشور با استفاده از مدل تلفیقی FAHP در لطف آباد، نوخندان و باجگیران پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مکان‌های مناسب استقرار شمال نوخندان و غرب باجگیران هستند و به طور کلی هرچه از غرب به شرق و از شمال به جنوب پیش می‌رویم، امکان یافتن مکان‌های مناسب برای استقرار پاسگاه‌های مرزی کم‌تر می‌شود.

سپهوند و همکاران (۱۴۰۲)، جهت بررسی شاخص‌های مؤثر در مکان‌گزینی استقرارگاه‌های نظامی در استان کرمانشاه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که از بین معیارهای طبیعی شش معیار گسل، زلزله‌خیزی منطقه، شرایط جغرافیایی منطقه، توپوگرافی، اراضی ناپایدار، مشکلات خزش و ریزش، شیب زمین و جنس زمین نقش مهمی در مکان‌گزینی استقرارگاه‌های نظامی داشتند.

^۱ - Analytical Network Process

مندوزا^۱ و همکاران (۲۰۰۲)، با ترکیب روش‌های تحلیل چند معیاری و GIS شرایط زمین را برای مکان‌گزینی مناطق آموزشی ارزیابی کردند که برای منعکس کردن تأثیرات آموزشی از سه معیار: وضعیت فرسایش، درصد پوشش گیاهی و شرایط برد سلاح استفاده کردند.

وایت^۲ و همکاران (۲۰۱۴)، به بررسی مدل محاسباتی آسیب‌پذیری دارایی برای حفاظت راهبردی از زیرساخت‌های حیاتی پرداختند و مدلی را برای ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها همراه با مقیاسی از ریسک راهبردی و احتمال شکست دارایی‌ها در مقابل حمله‌های انتحاری با استفاده از نظریه بازی ارائه دادند.

لیو^۳ و همکاران (۲۰۲۰)، در تحلیل مدیریت پروژه پادگان‌های نظامی در ارتفاعات بیان می‌کنند که ساخت و ساز پروژه‌های مهندسی در مناطق مرتفع ضعیف، دوره ساخت کوتاه، فاصله حمل و نقل طولانی، محیط طبیعی بد، و ساختمان‌ها آسیب جدی دیده‌اند. استفاده از فناوری پیشرفته ساخت و ساز بالغ به شدت محدود شده است. تضاد بین مهندسی ساخت و ساز و حفاظت از محیط زیست بسیار برجسته است.

نیکوآرا و پینزاریو^۴ (۲۰۲۱)، در پژوهشی به بررسی ملاحظات در خصوص مکان و نقش فرهنگ سازمانی در محیط نظامی رومانی پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که در محیط نظامی فرهنگ سازمانی در نهاد نظامی در رابطه با شیوه‌های مدیریت منابع انسانی نقش مهمی در مکان‌گزینی داشته است.

یاگانلار^۵ و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی دیگر به تجزیه و تحلیل سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت یافتن مکان بهینه برای رادار زمینی شبه جزیره چارلستون با GIS و نقشه‌های تاریخی جغرافیایی پرداخت و نتایج حاکی از این بود که توپوگرافی زمین و مولفه‌های جغرافیایی نظامی منطقه در مکان‌گزینی بهینه تأثیر به‌سزایی دارد.

اورال و کان^۶ (۲۰۲۲)، در پژوهشی به ارزیابی ترجیحات کاربر در مورد بازسازی سایت و مکان‌های نظامی در فرماندهی پایگاه چهارم در آنکارا پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که برای مکان‌های نظامی مالکیت زمین، نحوه نگرش نسبت به بازسازی مناظر نظامی در مکان‌گزینی نظامی اثرگذار هستند. نتایج حاصل از پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های سنجش از دور و GIS می‌تواند ابزاری مفید برای مکان‌گزینی بهینه پادگان‌های نظامی باشد. این فناوری امکان تجزیه و تحلیل فضایی دقیق و جامع را فراهم می‌کند که می‌تواند در انتخاب مکان‌های بهینه برای تأسیسات نظامی با در نظر گرفتن فاکتورهایی مؤثر باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان مشکین‌شهر با مساحتی بالغ بر ۳۷۰۰ کیلومتر مربع در ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه‌ی طول جغرافیایی و ۳۸ درجه ۲۳ دقیقه‌ی عرض جغرافیایی در دامنه شمالی کوه سبلان و در ۲۰ کیلومتری قله مشهور آن قرار گرفته است. در سمت شرق، دره عمیق خیاوچای قرار دارد که رودخانه‌ی خیاوچای در آن جریان دارد. دو دره شعاعی دیگر در مسیر طبیعی، جریان آب‌های سطحی را تشکیل می‌دهد که در امتداد آن‌ها محلات مسکونی توسعه یافته‌اند و در معرض سیل و جریان شدید آب‌های سطحی می‌باشند. وجود دره‌های متعدد که مهم‌ترین آن‌ها مسیر رودخانه‌ی خیاوچای می‌باشد چهره‌ای خاص به شهر بخشیده است. بخشی از مشگین‌شهر بر روی مخروط افکنه واقع شده و لندفرم شیب‌دار مخروط افکنه از

^۱ - Mendoza

^۲ - White

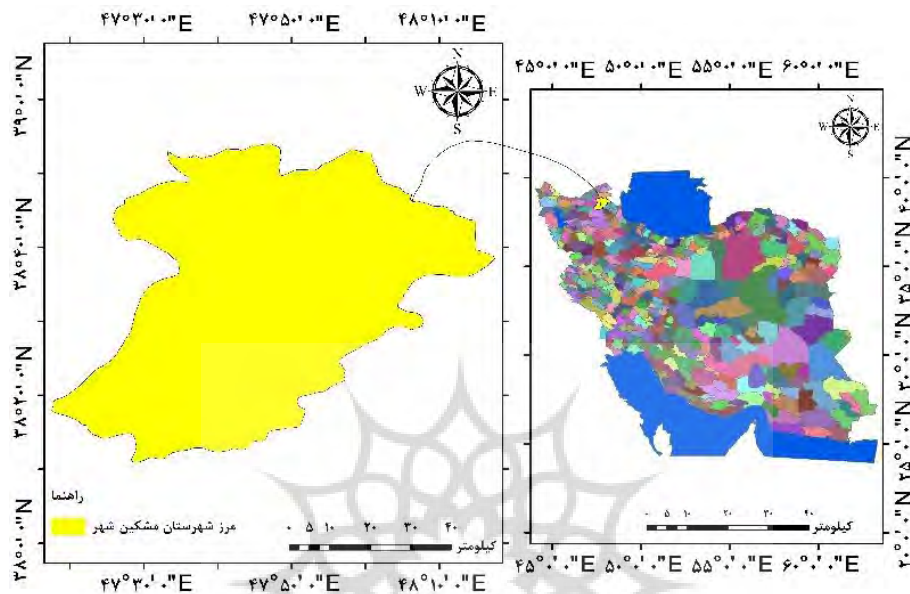
^۳ - Liu

^۴ - Nicoara and Pinzariu

^۵ - Yigitcanlar

^۶ - Ural and can

سویی به سمت کوهستان سبلان و از جهتی دیگر به ساحل شرقی رودخانه‌ی خیاوچای منتهی شده است. رودخانه خیاوچای که از عناصر مهم ژئومورفولوژیک به شمار می‌رود در سمت شرقی شهر، از جنوب به شمال در دره‌ای عمیق جریان دارد که به صورت مانعی طبیعی جهت گسترش و توسعه‌ی کالبدی شهر عمل می‌کند. در جهات شرقی و غربی به سبب پستی و بلندی و بریدگی‌ها حالت و ویژگی‌های متفاوت در چهره‌ی شهر دیده می‌شود (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۲).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در این پژوهش جهت مکان‌گزینی پادگان‌های شهرستان مشگین‌شهر از داده‌های زیر استفاده شده است: مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با توان تفکیک ۳۰ متر محصول سنجنده استر (اخذ شده از سازمان زمین‌شناسی آمریکا) که لایه‌های شیب، جهت شیب، و آبراهه منطقه مورد مطالعه با استفاده از آن ترسیم شد. نقشه رقومی زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استان اردبیل، تصویر ماهواره‌ای لندست ۹ (اخذ شده از سایت زمین‌شناسی آمریکا) جهت تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۳، نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و نیز سایر پارامترها که در محیط ArcGIS تهیه و تولید شدند. با توجه به اهداف پژوهش ابتدا معیارهای موثر در مکان‌گزینی مراکز نظامی از طریق مطالعه پژوهش‌های پیشین، روش‌های کتابخانه‌ای و مصاحبه از کارشناسان (تعداد جامعه آماری ۲۰ نفر) شناسایی شد. سپس متناسب با نوع معیار داده‌های مورد نظر از طریق عملیات رقومی‌سازی و پیمایش با فرمت مناسب وارد محیط GIS شده‌اند. با توجه به این‌که میزان اهمیت معیارها مساوی نیست بنابراین از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای برای استخراج وزن معیارها و از طریق نرم‌افزار سوپر دسیژن (Super decision) استفاده شد. در گام آخر جهت مکان‌گزینی فضایی پادگان‌های نظامی در شهرستان مشگین‌شهر لایه‌های وزنده‌ی شده به وسیله روش‌های موجود همپوشانی می‌شوند. سپس مناطق مختلف منطقه مورد مطالعه از لحاظ مناسب بودن احداث پادگان پهنه‌بندی شدند.

فرایند تحلیل شبکه‌ای هر موضوع و مساله‌ای را به مثابه شبکه‌ای از معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها (همه این‌ها عناصر نامیده می‌شوند) که با یکدیگر در خوشه^۱ هایی جمع شده‌اند در نظر می‌گیرد. تمامی عناصر در یک شبکه می‌توانند به هر شکل دارای ارتباط باشند. به عبارت دیگر در یک شبکه، بازخورد و ارتباط متقابل بین و میان خوشه‌ها امکان‌پذیر است بنابراین ANP را می‌توان متشکل از دو قسمت دانست: سلسله مراتب کنترلی^۲ و ارتباط شبکه‌ای. سلسله مراتب کنترلی ارتباط بین هدف، معیار و زیر معیار را شامل می‌شود و بر ارتباط درونی سیستم تأثیرگذار است و ارتباط شبکه‌ای وابستگی میان عناصر و خوشه‌ها را شامل می‌شود. این قابلیت ANP امکان در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر را فراهم کرده و در نتیجه نگرش دقیقی به مسایل جغرافیا، برنامه ریزی شهری و برنامه ریزی منطقه‌ای ارائه می‌کند. تأثیر عناصر بر عناصر دیگر در یک شبکه توسط یک سوپر ماتریس در نظر گرفته می‌شود.

برای حل یک مساله با این روش ابتدا باید شبکه‌ای از هدف، معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و روابط بین آن‌ها شناسایی و رسم شود. در گام بعدی همه مقایسات زوجی انجام شود. معیاری که مقایسات زوجی نسبت به آن و با توجه به آن انجام می‌شود، به معیار کنترلی معروف است. دو نوع معیار کنترلی در مسایل ANP وجود دارد: یا معیار کنترلی به‌عنوان هدف در سلسله مراتب وجود دارد که به آن مقیاس ارتباطی گویند و یا به گونه‌ای مستقیم به سلسله مراتب متصل نیست بلکه مقایسات را تحریک می‌کند که در این صورت به آن معیار تحریکی گویند. پس از مشخص کردن هدف، مقایسات، و معیار کنترلی سوالی که پرسیده می‌شود این است که با توجه به معیار کنترلی، یک عنصر چه مقدار در مقایسه با عنصر دیگر در عنصر سوم تأثیر می‌گذارد؟ این مقایسات زوجی را در یک ماتریس بزرگ به نام سوپر ماتریس وارد می‌شود. ماتریسی که در این گام بدست می‌آید سوپر ماتریس اولیه یا سوپر ماتریس غیر وزنی نامیده می‌شود. این سوپر ماتریس در ماتریس اوزان گروه‌ها نظیر به نظیر ضرب می‌شود و تشکیل ماتریس وزنی را می‌دهد. این سوپر ماتریس بر پایه روش زنجیره‌ای مارکوف آن قدر به توان می‌رسد که سطرهاى آن به اعداد ثابتی میل می‌کند. لازم به ذکر است که حل مسائل شبکه‌ای به مقدار زیادی به هنر مدل‌ساز بستگی داشته و تشکیل شبکه از الگوی ویژه‌ای پیروی نمی‌کند. بنابراین حل مساله به روش شبکه‌ای پیچیدگی خاص خود را دارد و نمی‌توان فرمول کلی برای حل مساله شبکه‌ای ارائه کرد. بسیاری از مسائل شبکه‌ای هنوز حل نشده است و نیاز به پژوهش‌های بیش‌تری دارد (مومنی، ۱۳۸۹).

وزن معیارها و وزن گزینه‌ها، در سوپر ماتریسی که سطرها به مقدار ثابتی میل کنند، به دست خواهند آمد. در این ماتریس گزینه‌ای که بیش‌ترین وزن پایانی را داشته باشد، بهترین گزینه است. ساده‌ترین شبکه، از تعدادی خوشه به همراه عناصر درون آن‌ها ساخته می‌شود. در مواردی که عناصر یک خوشه روی همه یا برخی عناصر خوشه دیگر اثر می‌گذارند (یا از آن‌ها اثر می‌پذیرند)، ارتباطی بین دو خوشه ایجاد می‌شود که وابستگی بیرونی نامیده می‌شود (رحیمی و عشقی، ۱۳۸۷). وابستگی دو سویه بین دو خوشه به‌عنوان چرخه بازخورد بیان می‌شود و هنگامی که عناصر به عناصر درون خوشه خودشان مرتبط می‌شوند، وابستگی درونی وجود دارد (صادق عمل‌نیک و همکاران، ۱۳۸۹).

کاربرد وابستگی‌های درونی و بیرونی در حقیقت بهترین روشی است که می‌توان در شناسایی و معرفی مفاهیم تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری در میان خوشه‌ها و عوامل با توجه به یک عامل خاص، مورد استفاده قرار داد. در مرحله مدل‌سازی، هدف تصمیم‌گیری، شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه ممکن مشخص می‌شود. از طریق مقایسه زوجی می‌توان وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها را مشخص کرد. مقایسه‌ی زوجی عناصر در هر سطح با توجه به اهمیت نسبی آن نسبت به معیار کنترلی، شبیه روش AHP انجام می‌شود. در چنین مقایسه‌هایی، یک معیار نسبی از ۱ تا ۹ جهت مقایسه دو عامل

^۱ CLUSTER^۲ Control hierarchy

به‌کار می‌رود. در مرحله بعد وزن‌های داخلی شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها که در مرحله مدل‌سازی مشخص شده بودند، محاسبه می‌شود. در این مرحله وابستگی‌های درونی و بازخوردی مدنظر می‌باشند. نکته مهم در قضاوت‌ها و مقایسه‌های زوجی، کنترل سازگاری^۱ آن‌هاست. این مهم به‌ویژه در تصمیم‌گیری‌های کلان، اهمیت فراوانی دارد، زیرا افراد ممکن است در قضاوت‌های خود به‌صورت ضد و نقیض عمل کنند. در حالت کلی میزان ناسازگاری کمتر از $0/1$ در ماتریس‌های مقایسات زوجی قابل قبول می‌باشد. نسبت سازگاری (CR) هر ماتریس محاسبه می‌گردد که در آن CI شاخص سازگاری ماتریس مقایسه زوجی بوده و با استفاده از بزرگترین مقدار بردار ویژه (λ_{max}) و بعد آن (n)، برآورد می‌گردد. نرخ ناسازگاری^۲ توسط نرم‌افزار برای هر ماتریس مقایسه زوجی محاسبه و ارائه می‌شود که اگر از $0/1$ فراتر رود آن قضاوت ناسازگار است و در نحوه قضاوت باید تجدیدنظر شود (سعیدی و نجفی، ۱۳۸۹).

همان‌طور که ذکر شد، هر یک از خوشه‌های مدل در مدل‌سازی ANP، دارای سه وضعیت سوپرماتریس غیروزی^۳ (ماتریس حاوی اولویت‌ها که از مقایسه دودویی به‌دست آمده است)، وزنی^۴ (عناصر ماتریس در وزن خوشه ضرب می‌شود) و حدی^۵ (از به‌توان رساندن ماتریس وزن‌دار تا زمانی که همه عناصر برابر شوند و به پاسخ برسد، به دست می‌آید) هستند. لازم به ذکر است که درایه‌های صفر موجود در ماتریس، این مطلب را می‌رساند که عامل متناظر موجود در ستون این سوپرماتریس روی دیگر عوامل تأثیرگذار نبوده است؛ زیرا دارای رابطه تعاملی با یکدیگر نیستند. در نهایت، وزن کلی هر کدام از جایگزین‌ها با ضرب نمودن وزن‌های به‌دست آمده از هر کدام از مراحل پیشین مشخص شده و با توجه به آن تصمیم نهایی اتخاذ می‌شود.

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) را در چهارچوب مراحل زیر می‌توان خلاصه کرد:

الف) ساخت مدل و تبدیل مساله / موضوع به یک ساختار شبکه‌ای

موضوع / مساله باید به‌طور آشکار و روشن به یک سیستم منطقی، مثل یک شبکه ترسیم شود. این ساختار شبکه‌ای را می‌توان از طریق طوفان مغزها و یا هر روش دیگری همچون گروه اسمی و یا روش دلفی بدست آورد. در این مرحله موضوع یا مساله مورد نظر به یک ساختار شبکه‌ای که در آن گره‌ها به‌عنوان خوشه‌ها مطرح هستند، تبدیل می‌شوند. عناصر درون یک خوشه ممکن است با یک یا تمامی عناصر خوشه‌های دیگر ارتباط داشته باشد. این ارتباط (وابستگی بیرونی) با فلش (پیکان) نشان داده می‌شوند. همچنین ممکن است عناصر درونی یک خوشه بین خودشان دارای ارتباط متقابل باشند (وابستگی درونی) که اینگونه ارتباط‌ها به وسیله یک کمان متصل به آن خوشه نشان داده می‌شود.

ب) تشکیل ماتریس مقایسه دودویی و تعیین بردارهای اولویت

مشابه مقایسه دودویی که در روش AHP انجام می‌شود، عناصر تصمیم در هر یک از خوشه‌ها، بر اساس میزان اهمیت آن‌ها در ارتباط با معیارهای کنترلی دو به دو مقایسه می‌شوند. تصمیم‌گیران در مورد مقایسه‌های دودویی عناصر و یا خود خوشه‌ها دو به دو باید مقایسه کنند. علاوه بر این، وابستگی‌های متقابل بین عناصر یک خوشه نیز باید دو به دو مورد مقایسه قرار گیرند. تاثیر هر عنصر بر عنصر دیگر از طریق بردار ویژه قابل ارائه است. اهمیت نسبی عناصر بر اساس مقیاس

¹- Consistency

²- Inconsistency

³- Unweighted supermatrix

⁴- Weighted supermatrix

⁵- Limit supermatrix

۹ کمیتی ساعتی (همان مقیاس AHP) سنجیده می‌شود. در این قسمت بردار اهمیت داخلی محاسبه می‌شود که نشان دهنده اهمیت نسبی عناصر یا خوشه‌هاست. که از طریق رابطه (۱) بدست می‌آید.

رابطه (۱)

$$Aw = \lambda_{max}w$$

که در آن:

A: ماتریس مقایسه دودویی معیارها

W: بردار ویژه (ضریب اهمیت)

λ_{max} : بزرگترین مقدار ویژه عددی است

برای محاسبه بردار ویژه W ساعتی چندین روش ارائه داده است. در صورتی که محاسبات قرار است بدون استفاده از نرم افزار خاصی انجام شوند بهتر است از روش تقریب میانگین هندسی استفاده شود (زبر دست، ۱۳۸۹). بنابراین در این مرحله بردارهای اولویت داخلی مورد محاسبه قرار می‌گیرند.

ج) تشکیل سوپرماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد

برای دستیابی به اولویت‌های کلی، در یک سیستم با تأثیرات متقابل، بردارهای اولویت داخلی (یعنی W های محاسبه شده) در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شود. در نتیجه یک سوپر ماتریس (ماتریس تقسیم شده) که هر بخش از این ماتریس ارتباط بین دو خوشه در یک سیستم را نشان می‌دهد، بدست می‌آید (رابطه ۲).

رابطه (۲)

$$W_h = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & w_{21} & 0 \\ 0 & 0 & w_{32} & I \end{bmatrix}$$

در این سوپر ماتریس، w_{21} برداری است که اثرات هدف بر روی معیارها و w_{32} اثرات معیارها بر روی گزینه‌ها را نشان می‌دهند و I ماتریس واحد است. اگر معیارها دارای تأثیرات متقابل باشند، فرایند سلسله‌مراتبی به فرایند شبکه‌ای تبدیل می‌شود. تأثیرات متقابل معیارها بر یکدیگر از طریق وارد کردن ماتریس w_{22} در سوپر ماتریس W_h به شرح زیر امکان پذیر می‌شود (رابطه ۳).

رابطه (۳)

$$W_h = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & w_{21} & w_{22} & 0 \\ 0 & 0 & w_{32} & I \end{bmatrix}$$

این نوع ماتریس را ماتریس اولیه می‌گویند. با جایگزینی بردار اولویت‌های داخلی (ضرایب اهمیت) عناصر و خوشه‌ها در سوپر ماتریس اولیه، سوپر ماتریس ناموزون به دست می‌آید.

در مرحله بعد سوپر ماتریس موزون از طریق ضرب سوپر ماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای محاسبه می‌شود. سپس از طریق نرمالایز کردن ماتریس موزون، سوپر ماتریس از نظر ستونی به حالت تصادفی تبدیل می‌شود.

در مرحله سوم و نهایی سوپر ماتریس حد با به توان رساندن تمامی عناصر سوپر ماتریس موزون تا زمانی که واگرایی حاصل شود (از طریق تکرار) یا به عبارت دیگر تا زمانی که تمامی عناصر سوپر ماتریس همانند هم شوند محاسبه می‌شود:

رابطه (۴)

$$\lim_{k \rightarrow \infty} W^k$$

د) انتخاب گزینه برتر

اگر سوپر ماتریس تشکیل شده در مرحله سوم، کل شبکه را در نظر گرفته باشد یعنی گزینه‌ها نیز در سوپر ماتریس لحاظ شده باشند، اولویت کلی گزینه‌ها از ستون مربوط به گزینه‌ها در سوپر ماتریس حد نرمالایز شده قابل حصول است. اگر سوپر ماتریس فقط بخشی از شبکه که وابستگی متقابل دارند را شامل شود و گزینه‌ها در سوپر ماتریس در نظر گرفته نشوند، محاسبات بعدی لازم است صورت بگیرد تا اولویت کلی گزینه‌ها بدست آید. گزینه‌ای که بیش‌ترین اولویت کلی را داشته باشد به‌عنوان برترین گزینه برای موضوع مورد نظر انتخاب می‌شود (دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹).

یافته‌ها

لایه‌های مورد استفاده

شیب و جهت شیب: شیب زمین به‌عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده در شکل‌گیری و پایداری ناهمواری‌های سطح زمین، تأثیرات گسترده‌ای بر فعالیت‌های انسانی دارد. در فرآیند مکان‌گزینی تأسیسات نظامی از جمله پادگان‌ها، به ویژه در شهرستان مشگین‌شهر استان اردبیل، توجه به شیب اراضی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استقرار پادگان‌ها در مناطق با شیب نامناسب می‌تواند هزینه‌های ساخت و ساز، استقرار تجهیزات و تأسیسات را به طور چشمگیری افزایش داده و همچنین خطر وقوع رانش زمین در پی بارندگی‌ها و زلزله‌ها را به همراه داشته باشد. از این رو، در انتخاب مکان مناسب برای پادگان نظامی در مشگین‌شهر، علاوه بر سایر عوامل ژئومورفولوژیکی و محیطی، بررسی دقیق شیب اراضی و اطمینان از قرارگیری در محدوده‌های استاندارد بین‌المللی (حداکثر ۱۱ درجه) به منظور کاهش خطرات و هزینه‌های امری ضروری است. در شکل (۲) نقشه شیب شهرستان مشگین‌شهر ارائه شده است که در دامنه بین ۰ تا ۶۰/۸۴ درجه به‌دست آمده است. نتایج نشانگر این است که قسمت‌های جنوبی و شمال غرب منطقه مورد مطالعه دارای شیب تند و در مقابل بخش‌های شمال شرق و مرکزی منطقه دارای سطحی هموار و شیب ملایم را به خود اختصاص داده است. جهت شیب نیز در انتخاب مکان مناسب برای پادگان نظامی در شهرستان مشگین‌شهر از اهمیت بالایی برخوردار است. این عامل به دلیل تأثیر مستقیم بر میزان دریافت انرژی خورشیدی در مناطق مختلف (نسا و آفتاب‌گیر) و همچنین بر نوع و میزان نزولات جوی حائز اهمیت است. در نظر گرفتن جهت شیب در فرآیند مکان‌گزینی پادگان‌ها می‌تواند در بهینه‌سازی مصرف انرژی و همچنین پیش‌بینی و مدیریت پدیده‌های طبیعی همچون لغزش، سیل و فرسایش مؤثر باشد. بنابراین، در ارزیابی اراضی مناسب برای استقرار پادگان نظامی در این منطقه، توجه به جهت شیب به منظور کاهش آسیب‌پذیری و افزایش بهره‌وری از منابع ضروری است شکل (۳).

ارتفاع: ارتفاع به‌عنوان یک عامل اقلیمی مؤثر بر دما، بارش و تبخیر، به طور مستقیم بر امکان استقرار سکونتگاه‌ها تأثیر می‌گذارد. در حالی که انسان قادر به سازگاری با طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی است، ارتفاعات بالا به دلیل کمبود اکسیژن، محدودیت‌هایی را برای زندگی ایجاد می‌کنند. در مناطق کوهستانی، ارتفاع یکی از عوامل کلیدی در تعیین مناسب بودن منطقه برای سکونت به شمار می‌رود و معمولاً حداکثر ارتفاع مناسب برای توسعه مناطق مسکونی حدود ۱۶۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود. از این رو در بحث مکان‌گزینی پادگان نظامی در شهرستان مشگین‌شهر، علاوه بر

تأثیرات اقلیمی ارتفاع، باید به ملاحظات امنیتی نیز توجه ویژه‌ای داشت. از یک سو، ارتفاعات بالا ممکن است در برابر حملات هوایی آسیب‌پذیرتر باشند، و از سوی دیگر، مناطق با ارتفاع کمتر ممکن است در برابر حملات زمینی در معرض خطر بیشتری قرار گیرند. بنابراین، در انتخاب محل مناسب برای پادگان نظامی در این منطقه، تصمیم‌گیری باید با در نظر گرفتن شرایط محلی و ارزیابی دقیق مزایا و معایب ارتفاع در هر دو جنبه امنیتی و محیطی صورت پذیرد. در شکل (۴) نقشه طبقات ارتفاعی شهرستان مشگین‌شهر در ۵ کلاس ارائه شده است که در دامنه بین ۵۹۹ تا ۴۷۸۸ متر قرار دارند.

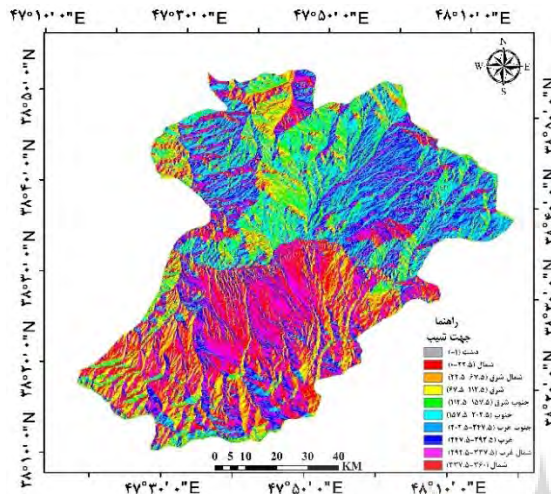
سازندهای زمین شناسی: مکان‌گزینی بهینه پادگان‌های نظامی نیازمند بررسی دقیق شرایط زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و پایداری محیطی منطقه است. در شهرستان مشگین‌شهر، تنوع سازندهای زمین‌شناسی تأثیر مستقیمی بر انتخاب محل مناسب دارد. بر اساس نقشه زمین‌شناسی ارائه‌شده شکل (۵)، بخش‌هایی که تحت پوشش سنگ‌های آذرین از نوع گرانیت و توده‌های آذرین نفوذی قرار دارند، به دلیل مقاومت بالا در برابر فرسایش و پایداری ساختاری، گزینه‌های مناسبی برای احداث پادگان محسوب می‌شوند. در مقابل، مناطقی که دارای رسوبات مخروط‌افکنه‌ای، مارن‌های نرم، و سنگ‌های رسی هستند، به دلیل ناپایداری مکانیکی، حساسیت به فرسایش و پتانسیل بالای زمین‌لغزش، برای احداث سازه‌های نظامی نامناسب خواهند بود.

فاصله از آبراهه: یکی از معیارهای کلیدی در مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی، فاصله از آبراهه‌ها است. نقشه ارائه‌شده در شکل (۶) توزیع فاصله از آبراهه‌ها را در شهرستان مشگین‌شهر نمایش می‌دهد. مناطقی که در فاصله کم (کم‌تر از ۱۳۷۶ متر) از آبراهه‌ها قرار دارند، به دلیل ریسک بالای سیلاب، فرسایش و رطوبت بالا برای احداث پادگان نامناسب هستند. در مقابل، نواحی با فاصله بیش‌تر از ۴۱۲۸ متر، به‌ویژه مناطقی که در کلاس‌های ۵۵۰۴ تا ۶۸۸۰ متر قرار دارند، از نظر کاهش مخاطرات هیدرولوژیکی شرایط بهتری دارند. همچنین، نزدیکی بیش‌از حد به آبراهه‌ها ممکن است موجب مشکلاتی نظیر دسترسی دشوار در فصول پرآب، افزایش هزینه‌های زیرساختی برای زهکشی، و تهدیدات زیست‌محیطی شود. از سوی دیگر، فاصله بسیار زیاد نیز می‌تواند تأمین منابع آب را دشوار سازد. بنابراین، محدوده‌های میانی (۲۷۵۲ تا ۴۱۲۸ متر) می‌توانند گزینه‌های بهینه‌تری باشند.

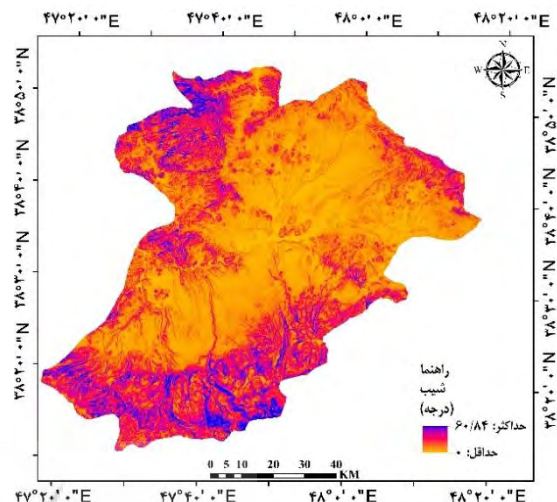
فاصله از گسل: یکی از مهم‌ترین معیارها در مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی، فاصله از گسل‌های فعال است، زیرا ساخت سازه‌های نظامی در نزدیکی گسل‌ها ریسک بالایی از نظر لرزه‌خیزی و ناپایداری زمین خواهد داشت. نقشه ارائه‌شده در شکل (۷) نشان‌دهنده توزیع فاصله از گسل‌های شهرستان مشگین‌شهر است. بر اساس این نقشه، نواحی با رنگ آبی که در فاصله کم‌تر از ۷۲۱۶ متر از گسل‌ها قرار دارند، بیش‌ترین خطر را از نظر زلزله و شکست‌های زمین‌شناسی دارند و برای احداث پادگان نامناسب هستند. در مقابل، نواحی با رنگ قرمز که بیش از ۲۸۸۶۶ متر از گسل‌ها فاصله دارند، دارای کم‌ترین ریسک لرزه‌ای هستند و به‌عنوان مناطق ایمن‌تر شناخته می‌شوند. از آنجایی که پادگان‌های نظامی نیاز به پایداری بالا و کم‌ترین میزان آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه دارند، نواحی با فاصله بیش از ۱۴۴۳۳ متر (یعنی کلاس‌های سبز و زرد) می‌توانند گزینه‌های بهتری باشند. در این مناطق، احتمال وقوع زمین‌لرزه‌های شدید کم‌تر است و ساخت‌وساز با هزینه‌های کم‌تری برای مقاوم‌سازی همراه خواهد بود.

پوشش گیاهی: با توجه به شکل (۸) مناطق با پوشش گیاهی متراکم (رنگ سبز تیره) نشان‌دهنده اکوسیستم‌های حساس و مستعد تخریب زیست‌محیطی هستند، درحالی‌که مناطق با پوشش گیاهی کم (زرد و سبز روشن) گزینه‌های مناسب‌تری برای توسعه زیرساخت‌های نظامی محسوب می‌شوند. نواحی مرکزی و جنوب‌غربی که دارای شاخص NDVI

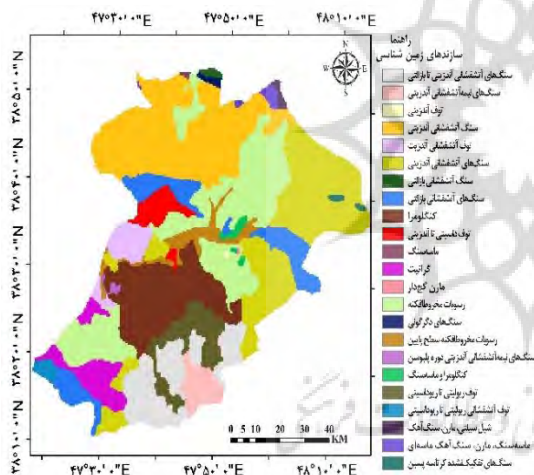
پایین‌تری هستند، نه‌تنها اثرات زیست‌محیطی کم‌تری خواهند داشت، بلکه امکان دسترسی به شبکه‌های حمل و نقل و امنیت استراتژیک را نیز فراهم می‌کنند.



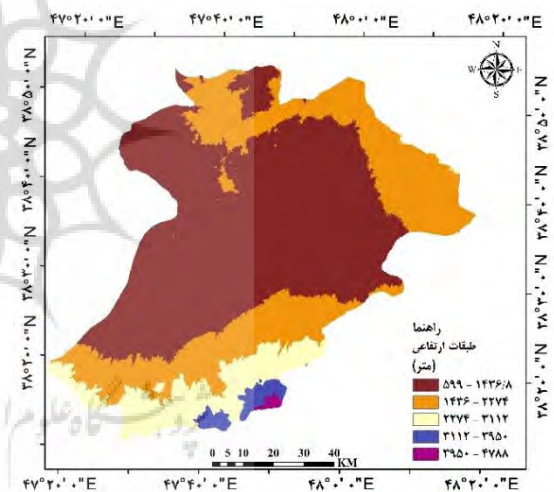
شکل ۳: نقشه جهت شیب



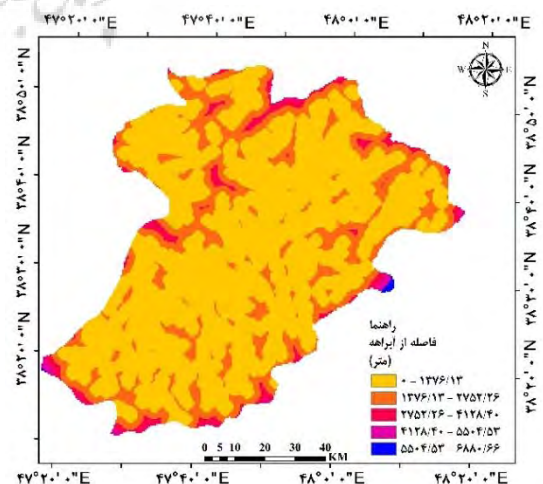
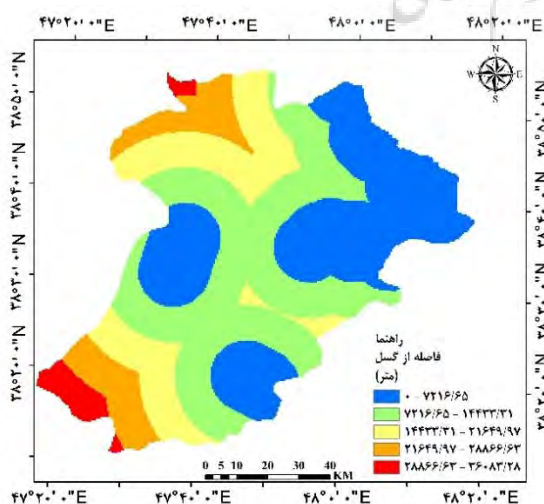
شکل ۲: نقشه جهت شیب



شکل ۵: نقشه زمین‌شناسی

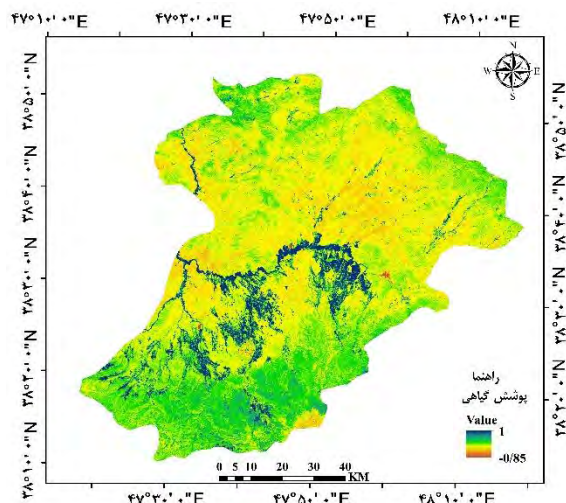


شکل ۴: نقشه طبقات ارتفاعی



شکل ۶: نقشه فاصله از آبراهه

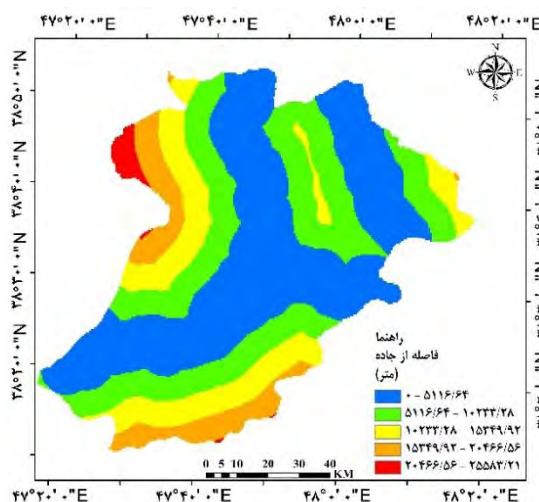
شکل ۷: نقشه فاصله از گسل



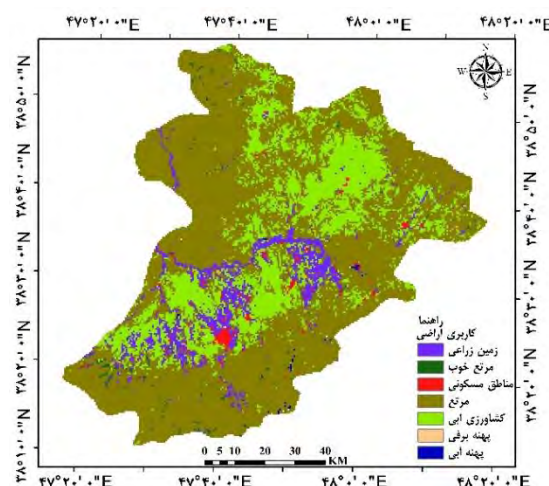
شکل ۸: نقشه پوشش گیاهی

کاربری اراضی: با توجه به نقشه کاربری اراضی شهرستان مشگین‌شهر (شکل ۹)، مکان‌گزینی پادگان نظامی باید در مناطقی انجام شود که کم‌ترین تعارض را با کاربری‌های حساس مانند زمین‌های کشاورزی، مراتع خوب و مناطق مسکونی داشته باشد. بر اساس نقشه، نواحی دارای زمین‌های کشاورزی (سبز کم‌رنگ) و مراتع خوب (سبز تیره) از نظر اکولوژیکی ارزش بالایی دارند و استقرار پادگان در این مناطق می‌تواند باعث تخریب منابع طبیعی و کاهش بهره‌وری زمین‌های زراعی شود. از سوی دیگر، مناطق بایر و کم‌پوشش (رنگ قهوه‌ای) که در نواحی مرکزی و برخی بخش‌های غربی و جنوبی دیده می‌شوند، گزینه‌های مناسب‌تری برای احداث پادگان هستند.

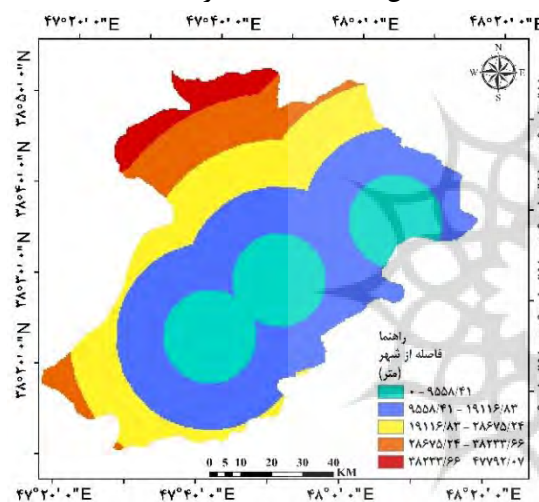
فاصله از جاده، روستا و شهر: مکان‌گزینی پادگان نظامی باید به گونه‌ای باشد که هم از نظر استراتژیک امنیت بالایی داشته باشد و هم دسترسی مناسب به شبکه حمل‌ونقل فراهم کند. با توجه به شکل (۱۰)، مناطق آبی‌رنگ که نشان‌دهنده نزدیکی به جاده (کم‌تر از ۵۱۱۶ متر) هستند، برای احداث پادگان مناسب‌ترند، زیرا هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل را کاهش می‌دهند و امکان دسترسی سریع نیروهای نظامی را فراهم می‌کنند. در مقابل، نواحی قرمز و نارنجی که فاصله بیشتری از جاده دارند، گزینه‌های نامناسبی محسوب می‌شوند، زیرا ایجاد زیرساخت‌های حمل‌ونقل در این مناطق هزینه‌بر خواهد بود. بنابراین، نواحی مرکزی و شرقی شهرستان که دارای فاصله متعادل از جاده (محدوده آبی و سبز) هستند، به‌عنوان گزینه‌های بهینه برای احداث پادگان نظامی پیشنهاد می‌شوند. همچنین فاصله از روستاها (شکل ۱۱) و شهرها (شکل ۱۲) و نیز عامل مهمی است که بر امنیت، تعاملات اجتماعی و توسعه زیرساخت‌ها تأثیر می‌گذارد. احداث پادگان در نزدیکی مناطق مسکونی می‌تواند باعث ایجاد مزاحمت‌های صوتی و زیست‌محیطی برای ساکنان شود، درحالی‌که فاصله زیاد از شهرها و روستاها ممکن است دسترسی به نیروی انسانی، خدمات پشتیبانی و زیرساخت‌های ضروری را دشوار کند. بنابراین، بهترین موقعیت برای پادگان، نواحی حاشیه‌ای شهرها و دور از مراکز پرجمعیت است که ضمن حفظ فاصله مناسب، امکان دسترسی به شبکه حمل‌ونقل و تأمین منابع ضروری را نیز فراهم کند.



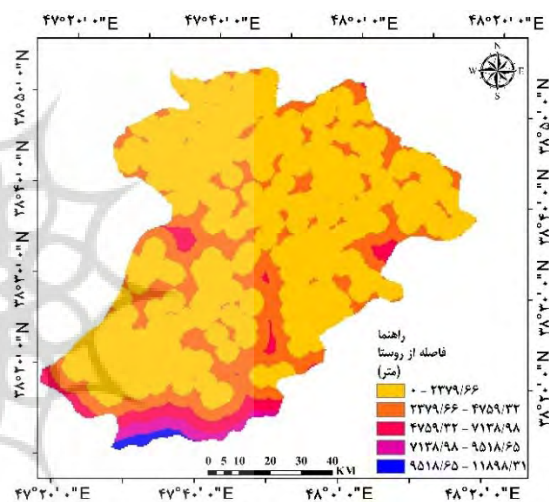
شکل ۱۰: نقشه فاصله از جاده



شکل ۹: نقشه کاربری اراضی



شکل ۱۲: نقشه فاصله از شهر

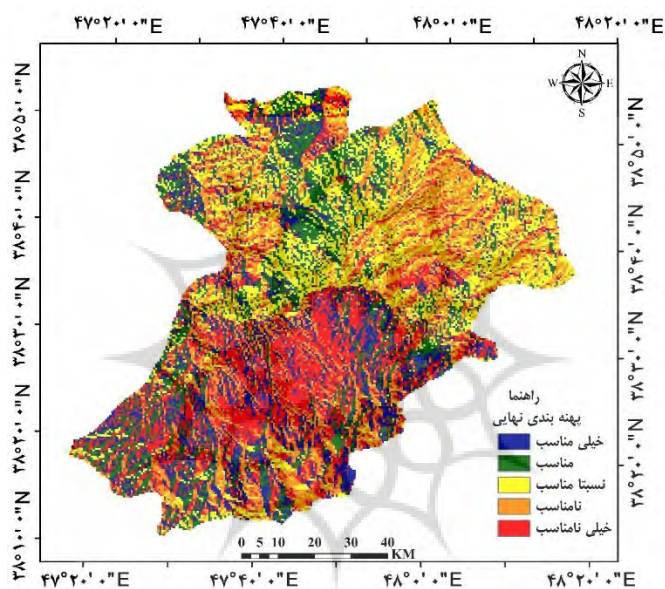


شکل ۱۱: نقشه فاصله از روستا

پهنه‌بندی نهایی

نقشه پهنه‌بندی نهایی شهرستان مشگین‌شهر بر اساس معیارهای مختلفی از جمله شیب، جهت شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، زمین‌شناسی، فاصله از گسل، آبراهه و فاصله از جاده و مناطق مسکونی پس از وزندهی نهایی با مدل ANP (جدول ۱) از طریق همپوشانی لایه‌های مورد استفاده در محیط ArcGIS در ۵ کلاس خیلی مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، نامناسب و خیلی نامناسب تهیه شد (شکل ۱۳). در این نقشه، مناطق آبی‌رنگ به‌عنوان خیلی مناسب (۵۸۰ کیلومتر مربع) برای استقرار پادگان نظامی مشخص شده‌اند، زیرا احتمالاً در این نواحی تعارضات محیط‌زیستی کم‌تر، شیب زمین مناسب‌تر و دسترسی به زیرساخت‌های حمل‌ونقل و امنیتی بهینه‌تر است. نواحی سبز نیز مناسب (۶۶۵ کیلومتر مربع) در نظر گرفته شده‌اند، اما ممکن است برخی محدودیت‌های جزئی مانند نزدیکی به مناطق کشاورزی یا منابع آبی داشته باشند. این مناطق بهترین گزینه‌ها برای احداث پادگان محسوب می‌شوند، زیرا تعادل مناسبی بین امنیت، دسترسی و کم‌ترین تأثیر منفی بر محیط‌زیست دارند. در مقابل، مناطق زرد، نارنجی و قرمز که به ترتیب نسبتاً مناسب (۷۱۵ کیلومتر مربع)، نامناسب (۹۴۵ کیلومتر مربع) و خیلی نامناسب (۷۹۵ کیلومتر مربع) دسته‌بندی شده‌اند، به دلیل

عواملی مانند شیب زیاد، پوشش گیاهی متراکم، وجود مناطق مسکونی یا فاصله زیاد از جاده‌ها و منابع تأمین‌کننده خدمات، برای استقرار پادگان پیشنهاد نمی‌شوند. مناطق قرمز و نارنجی که عمدتاً در نواحی کوهستانی و پرشیب غربی و جنوبی شهرستان قرار دارند، نه تنها از نظر لجستیکی پرهزینه هستند، بلکه ممکن است مشکلاتی از نظر ایمنی، ساخت‌وساز و تأمین منابع نیز ایجاد کنند. بنابراین، بر اساس این نقشه، مکان‌گزینی بهینه پادگان باید در نواحی آبی و سبز که عمدتاً در بخش‌های مرکزی و شرقی شهرستان واقع شده‌اند، انجام شود تا ضمن بهره‌گیری از زیرساخت‌های مناسب، کم‌ترین اثر منفی بر محیط‌زیست و جوامع محلی را داشته باشد. در شکل (۱۳) و جداول (۱) و (۲) به ترتیب نقشه پهنه‌بندی پادگان‌های نظامی شهرستان مشگین‌شهر و وزن نهایی معیارها، مساحت و درصد کلاس‌های پهنه‌بندی ارائه شده است.



شکل ۱۳: نقشه نهایی پهنه‌بندی شهرستان مشگین‌شهر

جدول ۱: وزن نهایی معیارها

شاخص‌ها	وزن عمومی	وزن خوشه	وزن نهایی
ارتفاع	0.064	0.42856	0.028
جهت شیب	0.093	0.428	0.040
زمین‌شناسی	0.186	0.428	0.080
شیب	0.182	0.428	0.078
فاصله از آبره	0.014	0.428	0.006
فاصله از جاده	0.126	0.071	0.009
فاصله از روستا	0.126	0.071	0.009
فاصله از شهر	0.126	0.071	0.009
فاصله از گسل	0.047	0.428	0.020
پوشش گیاهی	0.015	0.428	0.006
کاربری اراضی	0.015	0.071	0.001

جدول ۲: مساحت و درصد کلاس‌های پهنه‌بندی

پهنه‌ها	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
خیلی مناسب	۵۸۰	۱۵/۶۷
مناسب	۶۶۵	۱۷/۹۷
نسبتاً مناسب	۷۱۵	۱۹/۳۲
نامناسب	۹۴۵	۲۵/۵۵
خیلی نامناسب	۷۹۵	۲۱/۴۸
مجموع	۳۷۰۰	۱۰۰

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، با استفاده از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و نرم‌افزارهای تخصصی همچون ArcGIS و Super Decision، وزن‌دهی معیارها و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف انجام شد. این روش امکان تحلیل دقیق اثرگذاری هر یک از معیارها را فراهم کرده و در نهایت منجر به تهیه نقشه پهنه‌بندی نهایی شهرستان مشگین‌شهر برای مکان‌گزینی پادگان شد. نتایج نشان داد که بخش‌های مرکزی و شرقی شهرستان، به دلیل دارا بودن شیب ملایم، زمین‌شناسی پایدار، فاصله مناسب از مناطق مسکونی و دسترسی مطلوب به جاده‌ها، گزینه‌های بهتری برای احداث پادگان‌های نظامی محسوب می‌شوند. از مهم‌ترین معیارهایی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند، شیب زمین بود که تأثیر مستقیمی بر هزینه‌های احداث، استقرار تجهیزات و ایمنی سازه‌های نظامی دارد.

نتایج نشان داد که قسمت‌های جنوبی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه دارای شیب تند هستند و در مقابل، نواحی شمال شرقی و مرکزی شهرستان دارای سطح هموار و شیب ملایم هستند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که برای کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز و افزایش پایداری تأسیسات نظامی، باید مناطقی با شیب کم‌تر از ۱۱ درجه انتخاب شوند. همچنین، جهت شیب نیز به دلیل تأثیر بر دریافت انرژی خورشیدی و شرایط جوی، یکی دیگر از عوامل مؤثر در مکان‌گزینی بود.

بررسی این عامل نشان داد که مناطقی که به سمت جنوب و جنوب شرقی قرار دارند، در فصول سرد سال شرایط اقلیمی بهتری دارند و از نظر بهره‌وری انرژی مناسب‌تر هستند. ارتفاع منطقه نیز به‌عنوان یکی از عوامل مهم در مکان‌گزینی مورد توجه قرار گرفت. ارتفاع تأثیر مستقیمی بر دما، بارش و امکان دسترسی دارد و می‌تواند امنیت پادگان‌های نظامی را تحت تأثیر قرار دهد. بررسی نقشه ارتفاعی شهرستان مشگین‌شهر نشان داد که ارتفاعات منطقه در دامنه ۵۹۹ تا ۴۷۸۸ متر متغیر است. نواحی مرتفع‌تر، به دلیل سختی دسترسی و تأثیرات منفی بر تجهیزات و نیروی انسانی، گزینه‌های نامناسب‌تری برای احداث پادگان محسوب می‌شوند. در مقابل، مناطق با ارتفاع متعادل که نه در معرض تهدیدات اقلیمی شدید هستند و نه آسیب‌پذیری امنیتی بالایی دارند، برای استقرار تأسیسات نظامی مناسب‌ترند. همچنین، مناطق مرتفع ممکن است از نظر استراتژیکی برای دیده‌بانی مناسب باشند، اما این مزیت باید در کنار سایر عوامل امنیتی سنجیده شود. از دیگر عوامل مهم در مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی، زمین‌شناسی منطقه بود.

بررسی‌های صورت‌گرفته نشان داد که مناطقی که دارای سنگ‌های آذرین از نوع گرانیت و توده‌های آذرین نفوذی هستند، به دلیل پایداری مکانیکی بالا و مقاومت در برابر فرسایش، گزینه‌های مناسبی برای احداث پادگان محسوب می‌شوند. در مقابل، مناطقی که دارای رسوبات مخروط‌افکنه‌ای، مارن‌های نرم و سنگ‌های رسی هستند، به دلیل ناپایداری زمین و خطر زمین‌لغزش، برای احداث سازه‌های نظامی مناسب نیستند. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت بررسی دقیق

شرایط زمین‌شناسی قبل از تصمیم‌گیری برای استقرار تأسیسات نظامی است. عامل فاصله از آبراهه نیز نقش مهمی در مکان‌گزینی پادگان‌ها ایفا کرد. تحلیل‌های انجام‌شده نشان داد که مناطقی که در فاصله کم (کم‌تر از ۱۳۷۶ متر) از آبراهه‌ها قرار دارند، به دلیل خطر سیلاب، فرسایش و افزایش رطوبت، برای احداث پادگان مناسب نیستند. از سوی دیگر، فاصله زیاد از منابع آبی نیز می‌تواند مشکلاتی در تأمین آب برای نیروهای مستقر در پادگان ایجاد کند.

نتایج پژوهش نشان داد که محدوده‌های میانی، یعنی فواصل بین ۲۷۵۲ تا ۴۱۲۸ متر از آبراهه‌ها، تعادل بهتری بین تأمین منابع آب و کاهش خطرات طبیعی دارند و به‌عنوان گزینه‌های مناسب‌تری پیشنهاد می‌شوند. یکی دیگر از معیارهای اساسی، فاصله از گسل‌های فعال منطقه بود. بررسی‌های انجام‌شده نشان داد که نواحی با فاصله کم‌تر از ۷۲۱۶ متر از گسل‌ها، بیش‌ترین خطر را از نظر لرزه‌خیزی دارند و برای احداث پادگان مناسب نیستند. در مقابل، مناطقی که بیش از ۲۸۸۶۶ متر از گسل‌ها فاصله دارند، دارای کم‌ترین ریسک لرزه‌ای بوده و از نظر ایمنی گزینه‌های بهتری هستند. بنابراین، مکان‌گزینی پادگان در نواحی با فاصله بیش از ۱۴۴۳۳ متر از گسل‌ها، می‌تواند از نظر کاهش خطرات زلزله و افزایش پایداری سازه‌ها، تصمیمی بهینه باشد. بررسی پوشش گیاهی نشان داد که مناطقی با پوشش گیاهی متراکم، به دلیل حساسیت زیست‌محیطی و امکان تخریب منابع طبیعی، گزینه‌های مناسبی برای احداث پادگان نیستند. در مقابل، نواحی با پوشش گیاهی کم‌تر که عمدتاً در بخش‌های مرکزی و جنوب غربی شهرستان واقع شده‌اند، از نظر کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش امنیت گزینه‌های بهتری محسوب می‌شوند.

کاربری اراضی نیز به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در مکان‌گزینی پادگان‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که استقرار پادگان‌ها در مناطق کشاورزی و مراتع خوب، می‌تواند باعث کاهش بهره‌وری زمین‌های زراعی و آسیب به منابع طبیعی شود. بنابراین، نواحی دارای زمین‌های بایر و کم‌پوشش، که در بخش‌های مرکزی و برخی بخش‌های غربی و جنوبی شهرستان واقع شده‌اند، به‌عنوان گزینه‌های مناسب‌تری برای احداث پادگان معرفی شدند. همچنین، فاصله از جاده‌ها و شبکه حمل‌ونقل، یکی دیگر از معیارهای مهم برای مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی بود. بررسی‌ها نشان داد که نواحی با فاصله کم‌تر از ۵۱۱۶ متر از جاده‌ها، به دلیل دسترسی مناسب به شبکه حمل‌ونقل و کاهش هزینه‌های لجستیکی، برای احداث پادگان مناسب‌تر هستند. در مقابل، مناطق با فاصله زیاد از جاده‌ها، به دلیل هزینه‌بر بودن ایجاد زیرساخت‌های حمل‌ونقل، گزینه‌های نامناسب‌تری محسوب می‌شوند.

در نهایت، نقشه پهنه‌بندی نهایی شهرستان مشگین‌شهر بر اساس معیارهای مختلف تهیه شد. این نقشه نشان داد که ۵۸۰ کیلومترمربع از منطقه در کلاس «خیلی مناسب» و ۶۶۵ کیلومترمربع در کلاس «مناسب» قرار دارد، که مجموعاً حدود ۳۷ درصد از کل مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهد. این نواحی، به دلیل دارا بودن شرایط مناسب از نظر شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و فاصله از گسل و جاده، به‌عنوان گزینه‌های بهینه برای احداث پادگان نظامی پیشنهاد شدند. از سوی دیگر، مناطقی که در کلاس‌های «تسبباً مناسب»، «نامناسب» و «خیلی نامناسب» قرار گرفتند، به دلیل وجود مشکلاتی نظیر شیب زیاد، نزدیکی به مناطق مسکونی، دوری از منابع آب یا قرارگیری در مناطق ناپایدار زمین‌شناسی، برای استقرار پادگان پیشنهاد نمی‌شوند. به طور کلی، یافته‌های این پژوهش می‌تواند به تصمیم‌گیران نظامی و برنامه‌ریزان شهری کمک کند تا بهترین مکان‌ها را برای احداث پادگان‌های نظامی انتخاب کنند، به‌گونه‌ای که علاوه بر تأمین امنیت و کاهش هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری، اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی را می‌توان به حداقل برسد.

منابع و مأخذ

- اصغری سراسکانرود، صیاد، موسوی، میرنجف، و مهدوی، سجاد. (۱۳۹۸). تحلیل عوامل ژئومورفولوژیکی در مکان‌گزینی مراکز نظامی - دفاعی با استفاده از ANP و GIS منطقه مورد مطالعه: پادگان‌های شهرستان‌های مرزی استان آذربایجان غربی. آمایش جغرافیایی فضا، ۹(۳۳)، ۷۷-۹۶. [10.30488/gps.2019.91871](https://doi.org/10.30488/gps.2019.91871)
- پاشازاده، منوچهر، سیدین، افشار، و پارسای‌مقدم، مهدی. (۱۳۹۷). تحلیل نقاط بهینه استقرارگاه‌های نظامی بر مبنای ملاحظات دفاعی و امنیتی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: استان اردبیل). مدیریت نظامی، ۱۷(۲)، ۲۳-۵۱. https://jmm.iranjournals.ir/article_29077.html
- جعفرزاده، جعفر، و ولیزاده کامران، خلیل. (۱۳۹۷). مکان‌گزینی پادگان نظامی در شهر اردبیل با رویکرد پدافند غیرعامل (با استفاده از تلفیق سنجش از دور، GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره). پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۹(۳۲)، ۴۱-۵۲. [20.1001.1.22285229.1397.9.32.4.1](https://doi.org/10.1001.1.22285229.1397.9.32.4.1)
- خبازی، مصطفی، صباحی گراغانی، یاسر، و ناظری، بهاره. (۱۳۹۷). ارزیابی معیارهای مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی بر اساس راهبردهای پدافند غیرعامل در برابر تهدیدات احتمالی آینده (مطالعه موردی: پادگان صفر پنج کرمان). آینده‌پژوهی دفاعی، ۳(۹)، ۱۱۱-۱۳۵. https://www.dfsr.ir/article_34269.html
- رحیمی، سمیه، و عشقی، کوروش. (۱۳۸۷). تعیین ترکیب بهینه منابع انرژی ایران، با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای. مطالعات اقتصاد انرژی، ۵(۱۸)، ۱۲۳-۱۶۰. <https://ensani.ir/fa/article/70473>
- سبحانی، بهروز، و مملوکی، مرتضی (۱۴۰۴). مکان‌یابی بهینه مناطق کشاورزی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهرستان اردبیل). مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۶(۳)، ۳-۱۲. https://www.srds.ir/article_217273.html
- پاسبان، امیرحسام، و عابدینی، موسی (۱۴۰۴). بررسی عوامل موثر ژئومورفولوژیکی در مکان‌یابی بهینه پادگان‌های نظامی با استفاده از داده‌های سنجش از دور در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان خلخال، استان اردبیل). مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، https://www.srds.ir/article_218410.html
- رضایی، حسن، و مرادی، مریم. (۱۴۰۰). شناسایی ابعاد و مولفه‌های مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی، مدیریت نظامی. ۲۱(۴)، ۶۳-۸۲. 10.22034/iamu.2022.540110.2654
- روستایی، شهرام، فتحی، محمدحسین، فخری، سیروس، و محمدی‌فر، عادل. (۱۳۹۲). تحلیل ژئومورفولوژیکی مکان‌گزینی مراکز نظامی (مطالعه موردی: دامنه‌های غربی کوهستان سهند). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۵(۳)، ۲۰۹-۲۲۸. [10.22059/jhgr.2013.35253](https://doi.org/10.22059/jhgr.2013.35253)
- زبردست، اسفندیار. (۱۳۸۹). کاربرد فرآیند تحلیل شبکه در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. نشریه هنرهای زیبا، ۲(۴۱)، ۹۰-۷۹. [20.1001.1.22286020.1389.2.41.7.4](https://doi.org/10.1001.1.22286020.1389.2.41.7.4)
- سپهوند، آسیه، سپهوند، علی، و امیری، علیرضا. (۱۴۰۲). محاسبه میزان اهمیت شاخص‌های موثر در مکان‌گزینی استقرارگاه‌های نظامی با تاکید بر دوره دفاع مقدس مطالعه موردی: استان کرمانشاه. اطلاعات جغرافیایی، ۳۲(۱۲۶)، ۱۳۱-۱۵۲. [10.22131/sepehr.2023.557367.2891](https://doi.org/10.22131/sepehr.2023.557367.2891)
- سعیدی، علی، باقری، حسین، و شمس، میثم. (۱۳۹۲). مکان‌گزینی پادگان نظامی با رویکرد پدافند غیر عامل (مورد مطالعه: شهرستان تربت جام با استفاده از تلفیق GIS و MCDA). سیاست دفاعی، ۲۲(۸۴)، ۱۹۳-۲۱۶. <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1083050>
- صادق عمل‌نیک، محسن، انصاری‌نژاد، ایوب، انصاری‌نژاد، صمد، و میری، سینا. (۱۳۸۹). یافتن روابط علی و معلولی و رتبه‌بندی عوامل بحرانی موفقیت و شکست پروژه‌های پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی به کمک ترکیب روش‌های ANP و DEMATEL فازی گروهی. مهندسی صنایع، ۴۴(۲)، ۱۹۵-۲۱۲.

- مومنی، م. (۱۳۸۱). جایگاه دفاع نظامی و غیر نظامی در آمایش سرزمین، مجموعه مقالات آمایش و دفاع سرزمینی. تهران، دانشگاه امام حسین (ع). <https://www.magiran.com/paper/1451204>
- عابدینی، موسی، شاهمحمدی، نسرين، و پاسبان، امیرحسام (۱۴۰۲). بررسی خطر وقوع سیلاب شهرستان مشکین شهر با استفاده از مدل‌های WMS و HEC-RAS. جغرافیا و روابط انسانی، ۶(۳)، ۳۷۳-۴۰۱. [10.22034/gahr.2023.412718.1929](https://doi.org/10.22034/gahr.2023.412718.1929)
- نوری کلکناری، جابر. (۱۳۹۸). معیارهای مکان‌گزینی پادگان‌های نظامی با در نظر گرفتن جنبه‌های پدافند غیرعامل. پدافند غیرعامل، ۱۰(۱): ۱۳-۴۴. <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1495330>
- نیکبخت، محبوبه، دزندی، زینب، و اسماعیل‌زاده، هادی. (۱۴۰۱). مکان‌گزینی پاسگاه‌های مرزی در مناطق شمال شرقی کشور با استفاده از مدل تلفیقی FAHP (مطالعه موردی: لطف‌آباد، نوخندان، باجگیران). پژوهش‌نامه خراسان بزرگ، ۱۳(۴۹)، ۶۹-۸۶. [10.22034/jgk.2022.308612.0](https://doi.org/10.22034/jgk.2022.308612.0)
- Basile, R. & Ciccarelli, C. (2018). The location of the Italian manufacturing industry. 18(3), 627-661. doi.org/10.1093/jeg/lbx033
- Paoletti, M. E. Haut, J. M. Fernandez-Beltran, R. Plaza, J. Plaza, A. J. & Pla, F. (2018). Deep pyramidal residual networks for spectral spatial hyperspectral image classification. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 57(2), 740-754. doi:10.1016/j.isprsjprs.2017.11.021, 2017.
- Senobari, R. K. Sadeh, J. & Borsi, H. (2018). Frequency response analysis (FRA) of transformers as a tool for fault detection and location: A review. Electric Power Systems Research, 155, 172-183. doi.org/10.1016/j.epsr.2017.10.014
- Yang, R. Xu, Q. Au, M. H. Yu, Z. Wang, H. & Zhou, L. (2018). Position based cryptography with location privacy: A step for fog computing. Future Generation Computer Systems, 78, 799-806. DOI: [10.1016/j.future.2017.05.035](https://doi.org/10.1016/j.future.2017.05.035)
- Jensen, B. M. (2018), The role of ideas in defense planning: revisiting the revolution in military affairs, Defence studies, 18(3), 302-317. DOI: [10.1080/14702436.2018.1497928](https://doi.org/10.1080/14702436.2018.1497928)
- Liu, Ch., Xiao, B., & Wang, W. (2020), Analysis on project management of military barracks in high altitude area, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 780(5), 052013. DOI:10.1088/1757-899X/780/5/052013
- Mendoza, G., Alan, B., Anderson, G., & Gertner, Z. (2002), Integration Multi criteria Analysis and GIS for land condition Assessment: part II allocation for Military training area, Journal of Geographic Information and decision Analysis, 6(1), 17-30. <https://www.researchgate.net/publication/2570034>
- Nicoara, G., & pinzariu, S. (2021). considerations regarding the location and the role of organizational culture in the Romanian military environment, land forces academy review, 26(1), 55-61. DOI:10.2478/raft-2021-0009
- Ural, E., Severcan, C. (2022). Assessing user preferences regarding military site regeneration: The case of the Fourth Corps Command in Ankara. Cities, 129, 103-118. DOI:10.1016/j.cities.2022.103807
- White, R., Boulton, T., & Chow, E. (2014). A computational asset vulnerability model for the strategic protection of the critical infrastructure, International Journal of Critical Infrastructure Protection, 7(3), 167-177. DOI:10.1016/j.ijcip.2014.06.002
- Yigitcanlar, T. Dur, F., & Dizdaroglu, D. (2015), towards prosperous sustainable cities: A multiscalar urban sustainability assessment approach, Habitat International, 45, 36- 46. DOI:10.1016/j.habitatint.2014.06.03336- 46.