Sustainable Urban & Regional Development Studies Quarterly

Volume 6, Issue 2 - Serial Number 20, Summer 2025 **Online ISSN: 2783-0764**
Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_220760.html?lang=en

Military Site Selection Based on Passive Defense Approach (Integrating RS, GIS, and the Analytic Network Process [ANP] Model) at Ardabil Township[1]

AmirHesam Pasban[1], 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: 03 February 2025 **Accepted Date:** 10 May 2025

Abstract

Background and Objective: In this study, the Analytic Network Process (ANP) model was employed within a Geographic Information System (GIS) framework to zone Ardabil County for the purpose of optimal military site selection. The primary objective was to identify and prioritize the most suitable areas for the establishment of military bases, taking into account environmental, climatic, and human-related criteria.

Methodology: This research is of an applied type and has been conducted using a descriptive-analytical method. For this purpose, fourteen important indicators including altitude, slope, slope direction, geology, vegetation, temperature, humidity, soil, distance from road, village, fault, land use, distance from waterway were classified into three main groups (minor, human and environmental). First, using the ANP model and Super Decisions software, the weight of each of them (using a questionnaire and 30 experts and news) was calculated based on pairwise comparisons and internal and external relationships among them. Then, using the GIS environment, spatial information layers related to each indicator were prepared and processed, and the final weight of each layer was integrated using the Raster Calculator tool. In the next step, the final zoning map of the garrison location was divided into five classes from completely suitable to completely unsuitable.

Results and Findings: Results indicated that approximately 30% of the study area falls within the "highly suitable" and "suitable" classes, mainly located in the central and western parts of the county. In contrast, about 30% of the area was found to be "moderately suitable," predominantly covering the northern and central regions. Additionally, 40% of the area was classified as "unsuitable" or "highly unsuitable," with most of these areas situated in the northern and southern parts of the county. The findings of this research can serve as an effective decision-making tool for defense institutions and urban management authorities in the optimal placement of military facilities.

Keywords: Analytic Network Process (ANP), Geographic Information System (GIS), Remote Sensing (RS), Site Selection, Ardabil.

[1] This article is extracted from the elite research project titled “Survey 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.

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

Cite this article: Pasban, A. and Abedini, M. (2025). Military Site Selection Based on Passive Defense Approach (Integrating RS, GIS, and the Analytic Network Process [ANP] Model) at Ardabil Township. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, *6*(2), 381-396.

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

دوره ۶، شماره ۲، شماره پیاپی ۲۰، تابستان ۱۴۰۴ شاپا:۰۷۶۴-۲۷۸۳

Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_220760.html?lang=fa

مکانیابی مراکز نظامی با رویکر پدافند غیرعامل (با تلفیق RS، GIS و مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای (ANP) در شهرستان اردبیل[1]

امیرحسام پاسبان[1]، موسی عابدینی*[2]

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: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: در این پژوهش جهت پهنه‌بندی شهرستان اردبیل با هدف مکانیابی مراکز نظامی از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته شد. هدف اصلی، شناسایی و اولویت‌بندی مناسب‌ترین نواحی جهت استقرار پادگان نظامی با در نظر گرفتن معیارهای محیطی، اقلیمی، و انسانی بود.

روش‌شناسی: این پژوهش از نوع کاربردی بوده و به روش توصیفی – تحلیلی انجام شده است. برای این منظور، چهارده شاخص تأثیرگذار شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، دما، بارش، رطوبت خاک، فاصله از جاده، روستا، گسل، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه در قالب سه گروه اصلی (اقلیمی، انسانی و محیطی) طبقه‌بندی شدند. ابتدا با استفاده از مدل ANP و نرم‌افزار Super Decisions وزن هر یک از معیارها (با استفاده از پرسشنامه و ۳۰ نفر کارشناس و خبره) بر اساس مقایسه‌های زوجی و روابط داخلی و بیرونی میان آن‌ها محاسبه گردید. سپس با بهره‌گیری از محیط GIS، لایه‌های اطلاعات مکانی مربوط به هر شاخص تهیه و پردازش شده و با استفاده از ابزارRaster Calculator وزن نهایی هریک از لایه‌ها وارد تلفیق شدند. در گام بعد نقشه نهایی پهنه‌بندی مکان‌یابی پادگان به پنج طبقه از «کاملا مناسب» تا «کاملا نامناسب» تقسیم گردید.

یافته ها و نتایج: نتایج نشان داد که حدود ۳۰ درصد از کل منطقه مورد مطالعه در طبقه کاملا مناسب و مناسب، قرار دارد که عمدتاً در بخش‌های مرکزی و غربی شهرستان واقع شده‌اند. در مقابل مناطق نسبتا مناسب در حدود ۳۰ درصد منطقه را شامل می‌شود که عمدتا بخش‌های شمالی و قسمت‌های میانی منطقه را دربر می‌گیرد. همچنین ۴۰ درصد از مساحت کل منطقه نیز در طبقه نامناسب و کاملا نامناسب قرار دارد که بخش عمده آن شمال و جنوب شهرستان را دربر می‌گیرد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری نهادهای دفاعی و مدیریت شهری جهت استقرار بهینه پادگان‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: فرایند شبکه‌ای، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور، مکان‌یابی، اردبیل.

---

[1] این 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). ۲۲.مکانیابی مراکز نظامی با رویکر پدافند غیرعامل (با تلفیق RS، GIS و مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای (ANP) در شهرستان اردبیل. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۶(۲)، ۳۸۱-۳۹۶.

مقدمه و بیان مسأله

مکان‌یابی بهینه یکی از ارکان مهم در برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین به شمار می‌رود. هدف از این فرایند، انتخاب بهترین مکان برای استقرار کاربری‌های گوناگون، با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارهای محیطی، اجتماعی، اقتصادی و امنیتی است. در این میان، مکان‌یابی مراکز نظامی به دلیل نقش راهبردی آن‌ها در امنیت ملی و منطقه‌ای، از حساسیت و اهمیت بالایی برخوردار است. انتخاب نادرست مکان می‌تواند منجر به بروز تهدیدات امنیتی، تخریب منابع طبیعی، تداخل با مناطق مسکونی و افزایش هزینه‌های لجستیکی شود (شمسایی زفرقندی، ۱۳۹۱؛ سبحانی و مملوکی، ۱۴۰۴؛ Yang et al., 2018).

در مکان‌یابی مراکز نظامی، توجه به شاخص‌هایی نظیر دوری از مراکز پرجمعیت، دسترسی مناسب به جاده‌ها و منابع آبی، قابلیت پدافندی و استتار طبیعی، پایداری زمین، و فاصله از گسل‌های فعال ضروری است. مکان‌یابی این‌گونه مراکز به‌ویژه در مناطق مرزی و حساس، باید با تحلیل دقیق و چندمعیاره انجام گیرد تا هم نیازهای عملکردی تأمین شود و هم ملاحظات امنیتی و زیست‌محیطی رعایت گردد (منیری و خطیبی، ۱۴۰۳؛ سلیمانی و همکاران، ۱۴۰۳). با گسترش فناوری‌های نوین نظیر سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)و سنجش از دور (RS)، امکان تحلیل فضایی و هم‌پوشانی لایه‌های مختلف اطلاعاتی فراهم شده و تصمیم‌گیری در زمینه مکان‌یابی، دقیق‌تر و علمی‌تر شده است. اما به‌منظور تعیین وزن و اهمیت نسبی عوامل مؤثر در مکان‌یابی، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) ضروری است. در این راستا، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به‌عنوان یکی از روش‌های قدرتمند در تصمیم‌گیری پیچیده که شامل تعامل و بازخورد بین معیارها است، کاربرد فراوانی یافته است (Vojtekov and Vojtek, 2020). بر خلاف مدل AHP که فرض استقلال معیارها را در نظر می‌گیرد، مدل ANP امکان مدل سازی روابط درونی و اثرات متقابل بین عوامل مختلف را فراهم می سازد. در این روش، معیارهای مکانیابی به صورت یک شبکه شامل خوشه‌ها و عناصر مختلف سازمان‌دهی می شوند و با استفاده از ماتریس‌های مقایسه زوجی، وزن هر عامل در ساختار شبکه‌ای مشخص می‌گردد. این ویژگی باعث می شود که ANP بتواند در تحلیل مسائلی با ساختار غیرخطی و وابستگی درونی بین شاخص‌ها عملکرد دقیق‌تری داشته باشد. در زمینه مکان‌یابی پایگاه‌های نظامی، مدل ANP با تلفیق شاخص‌هایی چون شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مرز، پوشش گیاهی، دسترسی به منابع آبی، فاصله از گسل‌ها و زیرساخت‌های ارتباطی، می‌تواند تصمیم‌گیری علمی و شفاف را فراهم آورد. همچنین تلفیق خروجی مدل ANP با محیط GIS امکان تولید نقشه‌های پهنه‌بندی مناطق مناسب، نسبتاً مناسب، کم‌مناسب و نامناسب را ممکن می‌سازد (Sennaroglu et al., 2018). شهرستان اردبیل به‌عنوان یکی از شهرستان‌های مهم و مرکزی استان اردبیل، با موقعیت جغرافیایی خاص، تراکم نسبی جمعیت، نزدیکی به مرز جمهوری آذربایجان، و قرارگیری در مسیر شاه‌راه‌های ارتباطی شمال‌غرب کشور، از منظر نظامی و راهبردی اهمیت فراوانی دارد. وجود پستی و بلندی‌های متنوع، منابع آبی و پوشش گیاهی نسبتاً مناسب، این شهرستان را به منطقه‌ای حساس برای استقرار زیر ساخت‌های نظامی و دفاعی تبدیل کرده است. از سوی دیگر، توسعه فیزیکی شهر اردبیل، رشد سریع کاربری‌های انسانی، و محدودیت‌های زمین در برخی نواحی، بر ضرورت انتخاب بهینه و علمی محل پادگان‌های نظامی تأکید دارد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف پهنه‌بندی شهرستان اردبیل با هدف مکان‌یابی پادگان‌های نظامی انجام گرفته و در آن از ترکیب مدل ANP و سامانه GIS برای تحلیل شاخص‌های مکانی و محیطی استفاده شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران، نهادهای نظامی و مدیران منطقه‌ای در راستای برنامه‌ریزی فضایی و توسعه پایدار کمک شایانی نماید.

پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعاتی زیادی در خصوص مکانیابی مراکز نظامی در داخل و خارج کشئر صورت گرفته است که به اختصار به چند مورد آن اشاره می‌شود. برای مثال، در داخل کشور در مطالعه‌ای که توسط روستایی و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد، مکان‌یابی مراکز نظامی در نواحی غربی کوهستان سهند مورد تحلیل قرار گرفت .یافته‌های این پژوهش نشان داد که بخش شمالی منطقه به‌واسطه برخورداری از شرایط جغرافیایی مطلوب‌تر، نسبت به نواحی جنوبی، سهم بیشتری از اراضی مناسب برای استقرار را شامل می‌شود .

این بخش عمدتاً شهرهای تبریز، اسکو و شبستر را در بر می‌گیرد .در حالی که مناطق بناب، ملکان، آذرشهر و عجب‌شیر تنها دارای محدوده‌های کوچکی از زمین‌های مناسب برای احداث مراکز نظامی هستند .به‌طور کلی، عوامل طبیعی و جغرافیایی در دامنه‌های شمالی کوهستان سهند، بستر مساعدتری را برای احداث پایگاه‌های نظامی فراهم کرده‌اند.

سلیمانی و همکاران (۱۴۰۲) با هدف شناسایی نقش عوامل اقلیمی مؤثر در مکان‌یابی مراکز نظامی، استان آذربایجان شرقی را با بهره‌گیری از مدل ANP مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در میان عوامل مؤثر، شاخص‌های اقلیمی با وزن ۰/۳۴ بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی مراکز نظامی در منطقه مورد بررسی داشته‌اند.

بافقی‌زاده و شریفی (۱۴۰۲) با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به بررسی مکان‌یابی بهینهٔ مراکز آموزشی در منطقه ۴ شهر اهواز پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که بیشتر مراکز آموزشی موجود در این منطقه در شرایط سازگار با وزن ۰/۶۶ قرار دارند، در حالی که بخش قابل توجهی نیز در شرایط نیمه سازگار با وزن ۰/۲۴ واقع شده‌اند. سهم مراکز آموزشی واقع در نواحی ناسازگار تنها ۰/۰۸ گزارش شده است. تحلیل ترکیبی روش AHP و GIS همچنین بیانگر آن بود که مناطق مرکزی و شمالی منطقه ۴ از بهترین پتانسیل برای ایجاد مراکز آموزشی جدید برخوردارند.

شیخی و ساترابی (۱۴۰۳) در پژوهشی با هدف مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری در شهر سنندج، از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فنّاوری سنجش از دور بهره گرفتند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مناطق مرکزی سنندج، از جمله خیابان‌های انقلاب، نمکی، امام، گلشن، چهارباغ، صلاح‌الدین ایوبی، طالقانی، استقلال، پاسداران، شهدا، بخش‌هایی از خیابان کارگر، کمربندی عباس‌آباد و نیز بلوارهای بیست‌وهشتم دی، دوازدهم فروردین، کردستان، بعثت و علامه حمدی، از نظر مکانی برای احداث پناهگاه‌های شهری، در وضعیت‌های مناسب، نسبتاً مناسب و بسیار مناسب قرار دارند.

در مطالعه‌ای دیگر، سلطانی و قادری حاجت (۱۴۰۳) با استفاده از روش‌های چندمعیاره و GIS به ارزیابی مکان‌یابی سایت‌های نظامی در شهرستان کبودرآهنگ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که پس از انجام مقایسات زوجی، محاسبه اوزان فازی و نرمال‌سازی داده‌ها، سه زیرمعیار توپوگرافی با وزن ۰/۲۳، وجود زمین کافی برای توسعه با وزن ۰/۲۱ و اتکاء به عوارض طبیعی با وزن ۰/۱۸ به‌عنوان مهم‌ترین عوامل در انتخاب مکان‌های مناسب برای احداث سایت‌های نظامی شناسایی شدند. این نتایج اهمیت توجه به ویژگی‌های طبیعی در برنامه‌ریزی‌های دفاعی را برجسته می‌سازد.

جوان و همکاران (۱۴۰۳) نیز به مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری در کلانشهر ارومیه پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که ۲۱ درصد از سطح شهر (معادل ۱۴ کیلومتر مربع) در وضعیت مطلوب، ۳۰ درصد (۲۰ کیلومتر مربع) در وضعیت نسبتاً مطلوب، ۲۶ درصد (۱۷ کیلومتر مربع) در وضعیت متوسط، ۱۷ درصد (۱۱ کیلومتر مربع) در وضعیت نسبتاً نامطلوب و تنها ۶ درصد (۴ کیلومتر مربع) در وضعیت نامطلوب از نظر استقرار پناهگاه‌های شهری قرار دارند.

در همین راستا، سلاورزی‌زاده و ولی‌پور (۱۴۰۳) مکان‌یابی پناهگاه‌های ایمن شهری در شهر اهواز را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج پژوهش آن‌ها، حدود ۲۳ در صد از منطقه مطالعه شده (معادل ۳۴۹۹ هکتار) در وضعیت مناسب بالا و بسیار بالا برای احداث پناهگاه قرار دارد. این نواحی عمدتاً در مناطق شرقی، جنوبی و جنوب غربی شهر اهواز، به‌ویژه در محدوده مناطق شهری ۳ و ۵، واقع شده‌اند. این مناطق به دلیل برخورداری از فضای باز مناسب، سازگاری با کاربری‌های اطراف و دسترسی مطلوب، از ظرفیت بالایی برای اسکان افراد آسیب‌دیده در شرایط بحرانی برخوردار هستند.

در خارج از کشور نیز Karatas و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی مسائل مرتبط با مکان‌یابی تأسیسات نظامی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که هنوز چالش‌های جدی در زمینه تدوین فرمولاسیون مناسب و ارائه راهکارهای مؤثر برای حل این مسائل وجود دارد و این چالش‌ها به‌مرور زمان در حال افزایش هستند.

Liu و همکاران (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای با هدف بررسی مدیریت پروژه احداث پادگان‌های نظامی در مناطق مرتفع، به این نتیجه رسیدند که پروژه‌های عمرانی نظامی در این مناطق با دشواری‌های قابل‌توجهی روبه‌رو هستند. از جمله این چالش‌ها می‌توان به شرایط محیطی نامساعد، محدودیت‌های زمانی برای تکمیل پروژه، مسافت‌های طولانی حمل و نقل، آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در

برابر عوامل طبیعی و همچنین شرایط خاص زمین‌شناسی و اقلیمی اشاره کرد. این عوامل، مدیریت پروژه‌های نظامی را در چنین مناطق دشوار و پیچیده می‌سازند.

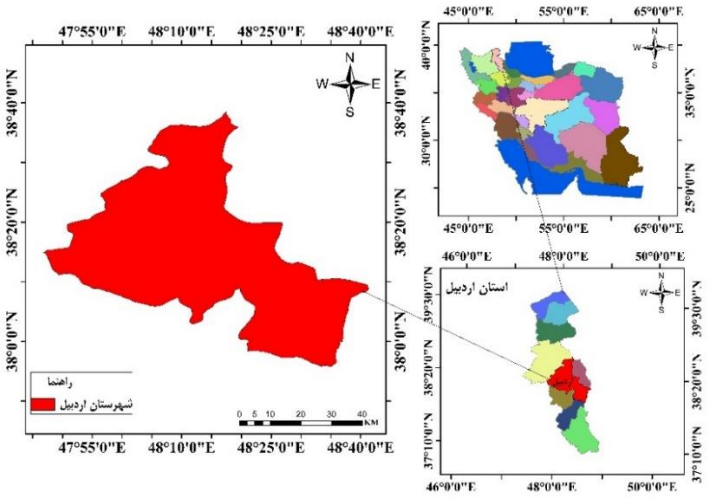
Yigitcanlar و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نقشه‌های پایه، به مکان‌یابی بهینه رادار زمینی در شبه‌جزیره چارلستون پرداختند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که ویژگی‌های توپوگرافی و عوامل جغرافیایی نظامی منطقه، نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب مکان مناسب برای نصب رادار ایفا می‌کنند. بنابراین، توجه به شرایط جغرافیایی و توپوگرافی در مکان‌یابی تأسیسات نظامی، به‌ویژه تجهیزات حساس مانند رادار، امری ضروری است.

Ural و Can (۲۰۲۲)، نیز با تمرکز بر پایگاه فرماندهی چهارم آنکارا، به بررسی ترجیحات کاربران در خصوص بازسازی سایت‌های نظامی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که مالکیت زمین و نگرش افراد نسبت به منظر بازسازی‌شده، از جمله عوامل مهم در تصمیم‌گیری درباره مکان‌یابی تأسیسات نظامی هستند. این نتایج تأکید دارند که رویکردهای مشارکتی و در نظر گرفتن نظرات کاربران، می‌تواند در فرآیند مکان‌یابی موفق‌تر عمل کند.

Brooke (۲۰۲۳)، با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به تحلیل مکان‌یابی پناهگاه‌های ا سکان ا ضطراری ایمن در شهر نیویورک پرداخت. نتایج این پژوهش نشان داد که انتخاب محل‌های مناسب برای اسکان اضطراری، به‌طور قابل‌توجهی به عواملی همچون نزدیکی به مراکز درمانی، د سترسی به و سایل نقلیه عمومی و مجاورت با معابر ا صلی وابسته ا ست. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که هدف م شترک این پژوهش‌ها، افزایش کارایی و ایمنی تأ سی سات نظامی و پناهگاهی از طریق بهره‌گیری از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند ANP سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و داده‌های محیطی بوده ا ست. این مطالعات بر اهمیت عواملی چون شرایط توپوگرافی، اقلیم، ویژگی‌های زمین شنا سی، کاربری ارا ضی، د ستر سی، و امنیت تأکید دارند. همچنین، نقش مشارکت کاربران و توجه به ویژگی‌های اجتماعی و زیربنایی در فرآیند مکان‌یابی نیز مورد توجه برخی پژوهش‌ها قرار گرفته ا ست. در مجموع، هدف نهایی این مطالعات، د ستیابی به مکان‌هایی با بی شترین سازگاری محیطی، عملیاتی و امنیتی برای احداث مراکز نظامی یا پناهگاهی در شرایط بحرانی می‌باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان اردبیل مرکز استان استان اردبیل واقع در شمال‌غربی ایران می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی بین ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه واقع شده است. و از سطح دریاهای آزاد ۱۵۰۰ متر ارتفاع دارد. این شهرستان از ۳ بخش و ۱۰ دهستان تشکیل شده است. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهرستان اردبیل در سطح استان و ایران ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع کاربردی بوده و به روش توصیفی – تحلیلی انجام شده است. در این راستا، در مرحله نخست، عوامل مؤثر در مکان‌یابی مراکز نظامی از طریق بررسی منابع علمی، مطالعات پیشین و جمع‌آوری نظرات کارشناسان (شامل ۳۰ نفر از جامعه آماری) شناسایی و طبقه‌بندی شدند. هدف از انجام این بخش، تعیین شاخص‌های نهایی و شناخت داده‌های مورد نیاز برای تحلیل‌های مکانی و تصمیم‌گیری نهایی بوده است. جهت آماده سازی داده‌ها، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در محیط GIS تهیه شدند. از جمله داده‌های مورد استفاده می‌توان به بارش، دما، رطوبت خاک، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از روستا، شیب، جهت شیب، مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با دقت مکانی ۳۰ متر حاصل از سنجنده ASTER دریافت‌شده از سازمان زمین‌شناسی آمریکا)، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، و تصویر ماهواره‌ای لندست ۹ (سال ۱۴۰۳) به‌منظور تولید نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی اشاره کرد. این داده‌ها پس از آماده سازی و رقومی سازی، وارد محیط GIS شدند. با توجه به اینکه اهمیت معیارهای مورد نظر یکسان نیست، از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) برای تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها استفاده شد. این فرایند با بهره‌گیری از نرم‌افزار Super Decisions انجام گرفت. در گام نهایی، لایه‌های وزن‌دهی‌شده در محیط GIS با یکدیگر تلفیق شدند و پهنه‌بندی فضایی منطقه مورد مطالعه از نظر میزان اهمیت برای احداث پادگان انجام شد. برای حل یک مسأله به‌وسیله روشANP، ابتدا باید شبکه‌ای شامل هدف، معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و روابط میان آن‌ها شناسایی و رسم شود. در گام بعدی، تمامی مقایسات زوجی انجام می شود. معیاری که مقایسات زوجی نسبت به آن و با توجه به آن انجام می‌شود، به عنوان «معیار کنترلی» شناخته می‌شود. در مسائل ANP دو نوع معیار کنترلی وجود دارد:

۱. معیار کنترلی که به‌عنوان هدف در سلسله‌مراتب قرار دارد، که در این حالت به آن «مقیاس ارتباطی» گفته می‌شود ۲. معیار کنترلی که به‌طور مستقیم به سلسله‌مراتب متصل نیست بلکه مقایسات را تحریک می‌کند، که در این صورت به آن «معیار تحریکی» می‌گویند.

پس از تعیین هدف، انجام مقایسات و شناسایی معیار کنترلی، این سوال مطرح می شود که با توجه به معیار کنترلی، هر عنصر چه تأثیری بر مقایسه سایر عناصر و در نهایت بر عنصر سوم خواهد داشت؟ این مقایسات زوجی سپس در یک ماتریس بزرگ به نام سوپر ماتریس وارد می‌شود. ماتریسی که در این مرحله به‌دست می‌آید، سوپر ماتریس اولیه یا سوپر ماتریس غیر وزنی نامیده می‌شود. این سوپر ماتریس با ماتریس اوزان گروه‌های نظیر به نظیر ضرب می شود تا ماتریس وزنی تشکیل شود. سپس این سوپر ماتریس با استفاده از روش زنجیره‌ای مارکوف به‌طور متوالی به توان‌های بالا برده می‌شود تا جایی که سطرهای آن به مقادیر ثابت میل کند. لازم به ذکر است که حل مسائل شبکه‌ای به میزان زیادی به توانایی مدل‌ساز بستگی دارد و تشکیل شبکه از یک الگوی خاص پیروی نمی‌کند. بنابراین، حل مسائل به روش شبکه‌ای پیچیدگی‌های ویژه‌ای دارد و نمی‌توان فرمولی کلی برای حل این نوع مسائل ارائه داد. بسیاری از مسائل شبکه‌ای هنوز به‌طور کامل حل نشده‌اند و به پژوهش‌های بیشتری نیاز دارند (مومنی، ۱۳۸۹). وزن معیارها و گزینه‌ها در سوپر ماتریسی که سطرهای آن به مقادیر ثابت میل می‌کند، به‌دست می‌آید. در این ماتریس، گزینه‌ای که بیشترین وزن پایانی را دارا باشد، بهترین گزینه شناخته می شود. ساده‌ترین شبکه‌ها از تعدادی خوشه و عناصر درون آن‌ها تشکیل می شوند. در مواردی که عناصر یک خوشه بر روی همه یا برخی از عناصر خوشه دیگر تأثیر می‌گذارند (یا از آن‌ها تأثیر می‌پذیرند)، ارتباطی بین دو خوشه ایجاد می‌شود که به آن «وابستگی بیرونی» می‌گوییم (رحیمی و عشقی، ۱۳۸۷). وابستگی دو سویه بین دو خوشه به‌عنوان «چرخهٔ بازخورد» شناخته می شود و زمانی که عناصر به یکدیگر درون خوشه خود مرتبط می شوند، وابستگی درونی ایجاد می شود (صادق‌عمل‌نیک و همکاران، ۱۳۸۹). استفاده از وابستگی‌های درونی و بیرونی در حقیقت بهترین روش برای شناسایی و معرفی مفاهیم تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری میان خوشه‌ها و عوامل، با توجه به یک عامل خاص است. در مرحله مدل‌سازی، هدف تصمیم‌گیری، شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های ممکن مشخص می شود. از طریق مقایسه زوجی، می‌توان وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها را تعیین کرد. مقایسه زوجی عناصر در هر سطح، با توجه به اهمیت نسبی آن‌ها نسبت به معیار کنترل، مشابه روش AHP انجام می‌شود. در این نوع مقایسه‌ها، یک معیار نسبی از ۱ تا ۹ برای مقایسه دو عامل به‌کار می‌رود. در مرحله بعد، وزن‌های داخلی

شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها که در مرحله مدل سازی مشخص شده بودند، محاسبه می شود. در این مرحله، وابستگی‌های درونی و بازخوردی مدنظر قرار می‌گیرند. نکته مهم در قضاوت‌ها و مقایسه‌های زوجی، کنترل سازگاری آن‌هاست. این موضوع به‌ویژه در تصمیم‌گیری‌های کلان اهمیت زیادی دارد، زیرا افراد ممکن است در قضاوت‌های خود به‌طور متناقض عمل کنند. به‌طور کلی، میزان ناسازگاری کمتر از ۰,۱ در ماتریس‌های مقایسات زوجی قابل قبول است. فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) شامل چهار مرحله اصلی است:

۱.ساخت مدل شبکه‌ای

مسأله باید به یک ساختار شبکه‌ای تبدیل شود، جایی که گره‌ها خوشه‌ها و ارتباطات بین آن‌ها وابستگی بیرونی و درونی را نشان می‌دهند.

۲. مقایسه دودویی و تعیین اولویت‌ها

عناصر هر خوشه بر اساس اهمیت نسبت به معیارهای کنترلی دو به دو مقایسه می شوند. این مقایسات بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی انجام می‌شود و اهمیت نسبی عناصر محاسبه می‌شود. که از طریق رابطه (۱) بدست می‌آید.

$$Aw = \lambda_{max} w$$ رابطه (۱)

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 (زبردست، ۱۳۸۹). بنابراین در این مرحله بردارهای اولویت داخلی مورد محاسبه قرار می‌گیرند.

۳. تشکیل سوپرماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد

برای به‌دست‌آوردن اولویت‌های کلی در سیستم‌های با تاثیرات متقابل، بردارهای اولویت داخلی W محاسبه شده در ستون‌های مربوطه وارد سوپر ماتریس می شوند. این ماتریس ارتباط بین خوشه‌ها را نشان می‌دهد. سپس برای رسیدن به نتیجه نهایی، سوپر ماتریس تکرار می‌شود تا به ماتریس حد برسد، که در آن سطرها به مقادیر ثابت می‌رسند. (رابطه ۲).

رابطه (۲)

$$W_h = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} ۱ & ۲ & ۳ \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & \mathrm{I} \end{bmatrix} \end{array}$$

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 تاثیرات متقابل باشند، فرایند سلسله‌مراتبی به فرایند شبکه‌ای تبدیل می‌شود. تاثیرات 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)

$$W_n = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} ۱ & ۲ & ۳ \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & \mathrm{I} \end{bmatrix} \end{array}$$

این نوع ماتریس را ماتریس اولیه میگویند. با جایگزینی بردار اولویت های داخلی (ضرایب اهمیت) عناصر و خوشه ها در سوپر ماتریس اولیه، سوپرماتریس ناموزون بدست می‌آید.

در مرحله بعد سوپر ماتریس موزون از طریق ضرب سوپر ماتریس ناموزون در ماتریس خوشه ای محاسبه می شود. سپس از طریق نرمالایز کردن ماتریس موزون، سوپر ماتریس ازنظر 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 سوپز ماتریس همانند هم شوند محاسبه می‌شود:

رابطه (۴)

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

۴. انتخاب گزینه برتر

اگر سوپر ماتریس تشکیل شده در مرحله سوم شامل کل شبکه باشد و گزینه‌ها در آن لحاظ شده باشند، اولویت کلی گزینه‌ها از ستون مربوط به گزینه‌ها در سوپر ماتریس حد نرمالایز شده به‌دست می‌آید. در صورتی که سوپر ماتریس تنها بخشی از شبکه که وابستگی متقابل دارند را شامل شود و گزینه‌ها در آن در نظر گرفته نشده باشند، نیاز به انجام محاسبات اضافی است تا اولویت کلی گزینه‌ها به‌دست آید. گزینه‌ای که بالاترین اولویت کلی را داشته باشد، به‌عنوان بهترین گزینه برای موضوع مورد نظر انتخاب می‌شود (دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹).

نتایج

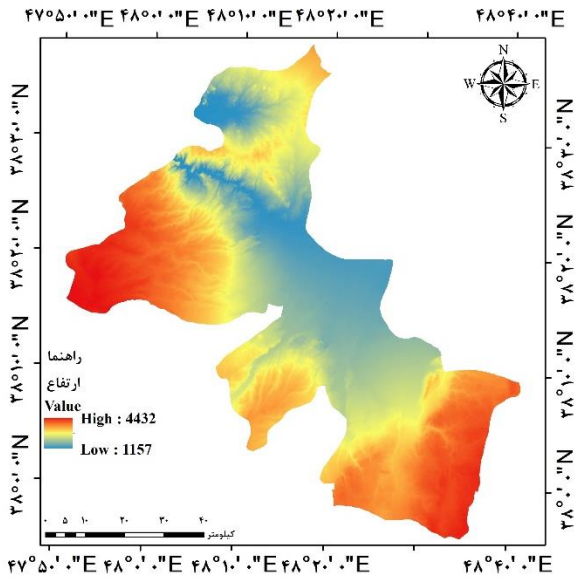
تحلیل و تفسیر عوامل محیطی، اقلیمی و انسانی مورد استفاده

نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) در بازه ارتفاعی ۱۱۵۷ تا ۴۴۳۲ متر از سطح دریا به‌دست آمد (شکل، ۲). بر اساس نتایج مناطق شمال غربی و جنوب‌شرقی شهرستان دارای ارتفاع بالا و نواحی مرکزی در ارتفاع پایین‌تری قرار دارند. از منظر پدافند غیرعامل، ارتفاعات بالا می‌توانند به‌عنوان مکان‌های مستعد دفاعی محسوب شوند، زیرا امکان اشراف محیطی، پوشش بهتر، فاصله از مراکز جمعیتی و دسترسی دشوار برای تهدیدات فراهم می‌شود. با این حال، باید به محدودیت‌های زیربنایی، تأمین لجستیک و دسترسی توجه کرد. برای مکان‌یابی پادگان‌ها، نواحی با ارتفاع بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر که شیب مناسبی نیز دارند، می‌توانند به‌عنوان مناطق دارای تعادل بین دسترسی و ایمنی انتخاب شوند. نواحی فوق‌العاده مرتفع ممکن است شرایط اقلیمی و ساخت‌وساز دشوار داشته باشند و نواحی پایین‌دست هم از نظر پدافند غیرفعال آسیب‌پذیرتر هستند.

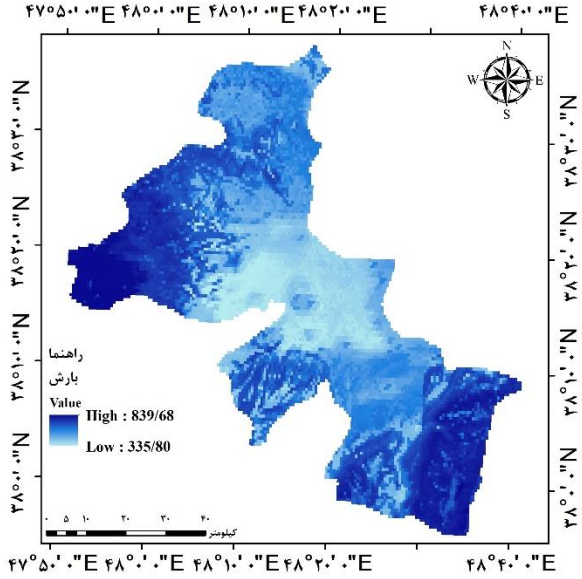
مقادیر بارندگی سالانه بین ۳۳۵/۸۰ تا ۸۳۹/۶۸ میلی‌متر در سال متغیر است (شکل، ۳). بیشترین بارش‌ها در نیمه غربی و جنوبی منطقه مشاهده می‌شود، در حالی که مناطق مرکزی دارای بارش کمتر هستند. بارش زیاد ضمن تأمین منابع آب و پوشش گیاهی، می‌تواند منجر به مشکلاتی نظیر رواناب، سیلاب‌های فصلی و کاهش پایداری خاک شود که برای استقرار تأسیسات نظامی مخاطره‌آمیز است. در مقابل، نواحی با بارش بسیار پایین نیز با چالش‌های کمبود آب و خشکی زمین روبه‌رو هستند. بنابراین، مناطق با بارش متوسط (در حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر) و توزیع یکنواخت سالانه، به‌ویژه در نواحی دارای شیب ملایم، برای استقرار مراکز نظامی مناسب‌تر خواهند بود؛ چرا که هم به منابع آبی کافی دسترسی دارند و هم از خطرات فرسایشی شدید در امان‌اند.

مقادیر متوسط دمای سالانه بین ۱/۶۱ تا ۲۸/۳۳ درجه سانتی‌گراد متغیر بوده و الگوی حرارتی منطقه از شمال به جنوب تغییر می‌کند. بخش‌های شمالی دارای مقادیر بالای دما هستند، در حالی که نواحی شمال غربی و جنوب‌شرقی و مرتفع‌تر خنک‌ترند. دمای بالا به‌ویژه در فصل تابستان می‌تواند باعث افزایش استهلاک تجهیزات نظامی، کاهش بهره‌وری نیروی انسانی، و افزایش نیاز به زیرساخت‌های سرمایشی شود. در مقابل، دمای بسیار پایین نیز می‌تواند در عملکرد ادوات و سازه‌ها اختلال ایجاد کند. بنابراین، از دیدگاه اقلیم‌سازی دفاعی، مناطق با دمای متوسط سالیانه بین ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد که از نوسانات شدید نیز در امان باشند، شرایط بهینه‌ای برای احداث پایگاه‌های نظامی دارند. چنین نواحی عموماً در بخش‌های مرکزی و ارتفاعات میانی منطقه دیده می‌شوند (شکل، ۴).

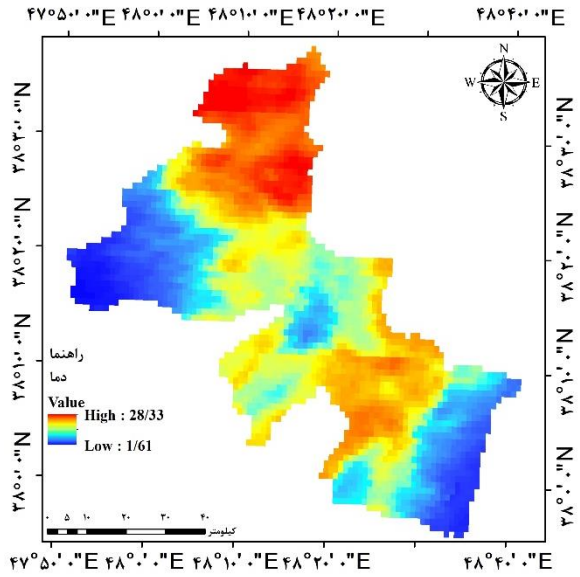
شاخص رطوبت خاک بین ۰/۲۴ تا ۰/۴۰ متغیر است. بیشترین مقادیر در مناطق جنوبی و شمال‌غربی شهرستان دیده می‌شود که احتمالاً مرتبط با بارش بالا و پوشش گیاهی انبوه است. رطوبت خاک، به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در استقرار زیرساخت‌ها، می‌تواند نشانه‌ای از پایداری مکانیکی یا مخاطرات ژئوتکنیکی زمین باشد. خاک‌های با رطوبت بالا معمولاً مستعد روانگرایی، نشست سازه‌ای و لغزش‌های سطحی هستند؛ در حالی که خاک‌های بسیار خشک نیز ممکن است در برابر بارهای سازه‌ای مقاومت کافی نداشته باشند. در مکان‌یابی مراکز نظامی، مناطق با رطوبت خاک متعادل (در حدود ۰/۲۸ تا ۰/۳۴) ترجیح دارند، زیرا هم استقرار بلندمدت سازه‌ای مطمئن‌تر است و هم تأثیرپذیری از تغییرات فصلی کمتر خواهد بود (شکل، ۵).



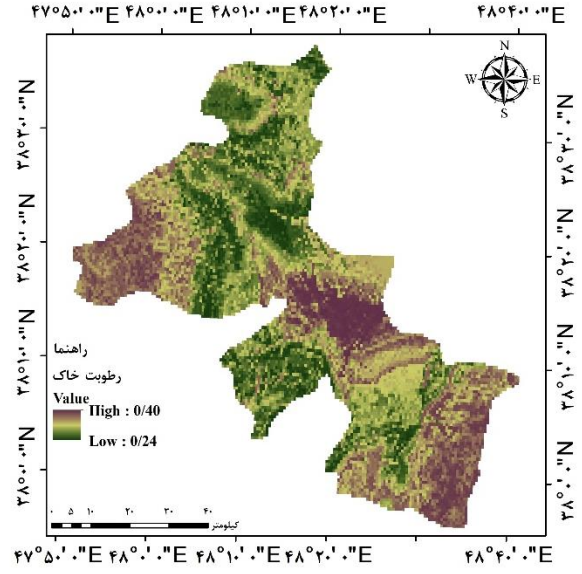
شکل ۲: نقشه ارتفاع



شکل ۳: نقشه بارش



شکل ۴: نقشه دما



شکل ۵: نقشه رطوبت خاک

شکل (۶) تنوع کاربری‌های اراضی در شهرستان اردبیل را نمایش می‌دهد که شامل اراضی کشاورزی، مرتعی، مناطق شهری، باغی و آبی است. به‌منظور مکانیابی مراکز نظامی در چارچوب اصول پدافند غیرعامل، اراضی شهری با تراکم بالای جمعیت و زیرساخت‌های حیاتی، به‌هیچ‌وجه مکان منا سبی نیستند، زیرا در صورت حمله نظامی یا بلایای طبیعی، آ سیب‌پذیری بالایی دارند. ارا ضی مرتعی و کشاورزی کم تراکم، خصوصاً در نواحی جنوبی که فشار توسعه کمتر است، دارای قابلیت بالاتری برای استقرار مراکز نظامی هستند، مشروط به رعایت اصول حفاظت زیست‌محیطی. همچنین، قرارگیری در فاصله‌ای مناسب از زیرساخت‌های حساس، تأسیسات شهری و مسیرهای ارتباطی از جمله معیارهای مهم محسوب می‌شود. نقاطی با پوشش جنگلی یا باغی نیز به علت مسائل حفاظتی و محدودیت‌های بهره‌برداری کمتر مطلوب‌اند.

شاخص پوشش گیاهی با دامنه بین ۰/۷۵ (پوشش گیاهی متراکم) تا ۰/۱۲- (پوشش بسیار ضعیف یا فاقد پوشش گیاهی) در شکل

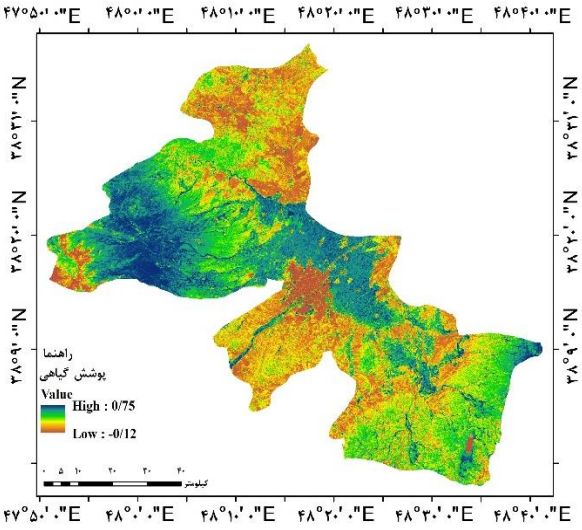
(۷) نمایش داده شده است. در ارزیابی مکان‌یابی مراکز نظامی با رویکرد پدافند غیرعامل، مناطق با پوشش گیاهی متوسط تا بالا، نظیر بخش‌های در مرکز و غرب شهر ستان، می‌توانند از منظر ا ستتار طبیعی و اختفاء، مزیت تاکتیکی ایجاد کنند. با این حال، نباید صرفاً به عامل پوشش گیاهی متکی بود؛ چرا که تراکم گیاهی بالا ممکن است در مواقع اضطراری، دسترسی و تحرک را محدود کند یا در برابر آتش‌سوزی آسیب‌پذیرتر باشد. در مقابل، مناطقی با پوشش گیاهی پایین که عمدتاً بخش‌های شرقی و شمالی شهرستان مشاهده می شوند، با خطر دیده شدن بالا مواجه‌اند ولی ممکن ا ست از نظر ساخت زیر ساخت و د ستر سی سریع‌تر منا سب با شند. بنابراین، در این تحلیل، انتخاب مناطق دارای پو شش گیاهی متو سط که در مناطق پیرامونی و کم‌تراکم شهر ستان واقع شده‌اند، از منظر پدافند غیرعامل مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

فاصله از گسل‌های اصلی منطقه بر اساس دامنه فواصل طبقه‌بندی شده (از کمتر از ۰ تا ۴۲۷۳۰ متر) در شکل (۸)، ارائه شده است. انتخاب مکان برای احداث مراکز نظامی باید به شدت از نواحی نزدیک به گسل‌ها پرهیز کند، زیرا این مناطق در هنگام وقوع زمین‌لرزه‌های احتمالی به شدت آ سیب‌پذیر هستند. بخش‌های شمالی و جنوب شهر ستان از منظر پدافند غیرعامل، کاملاً نامنا سب برای استقرار مراکز راهبردی نظامی هستند در مقابل، نواحی غربی (بیشترین فاصله از گسل) به عنوان مناطق ایمن‌تر از نظر خطرات لرزه‌ای شناخته می شوند. با توجه به نقش گسل‌ها به‌عنوان عنا صر ژئودینامیکی با پتانسیل خطر بالا، این شاخص اهمیت به سزایی دارد.

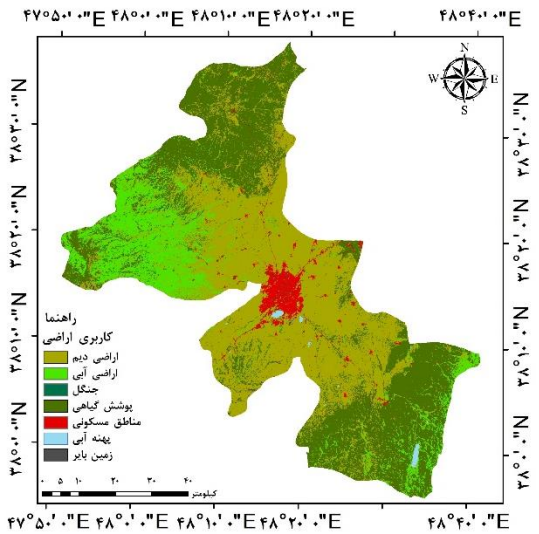
نقشه زمین شناسی منطقه، واحدهای متنوعی از ر سوبات کواترنری (Qft)، Qal، Qtc تا سازندهای ر سوبی، آتشفشانی و آذرآواری (Pims)، Mlav، Mur را نشان می‌دهد. برای مکانیابی مراکز نظامی، اولویت باید به واحدهایی با ثبات زمین‌ساختی بالا، نفوذپذیری کم، و مقاومت مناسب در برابر ارتعاشات لرزه‌ای داده شود. واحدهای کواترنری جوان مانند Qft و Qal به علت سستی، فرسایش‌پذیری بالا و پتانسیل روان‌گرایی، مکان مناسبی برای احداث مراکز حیاتی نیستند. در مقابل، سازندهای مقاوم مانند Mur و واحدهای دگرگونی یا سنگ‌های آذرآواری تثبیت شده، در جنوب شرقی و غرب منطقه، می‌توانند بستر بهتری برای احداث سازه‌های نظامی مقاوم فراهم کنند (شکل، ۹).

نقشه شیب ارائه‌شده (شکل ۱۰) برای شهرستان اردبیل، تغییرات توپوگرافی منطقه را بر حسب درجه نشان می‌دهد و در پنج طبقه از شیب کم (۰–۴ درجه) تا شیب بسیار زیاد (۲۴–۶۸ درجه) دسته‌بندی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده بخش‌های مرکزی و شمالی شهر ستان عمدتاً دارای شیب‌های ملایم که از نظر د ستر سی، احداث زیر ساخت‌ها و ایمنی برای مکانیابی مراکز نظامی منا سب‌تر ه ستند. در مقابل، نواحی جنوب شرقی و جنوب‌غربی دارای شیب‌های زیاد ه ستند که از نظر پدافند غیرعامل و سهولت استقرار تجهیزات نظامی، ریسک‌های بالاتری به‌همراه دارند، چراکه هم مخاطرات طبیعی مانند رانش و فرسایش بیشترند و هم هزینه‌های ساخت و نگهداری بالا خواهد بود.

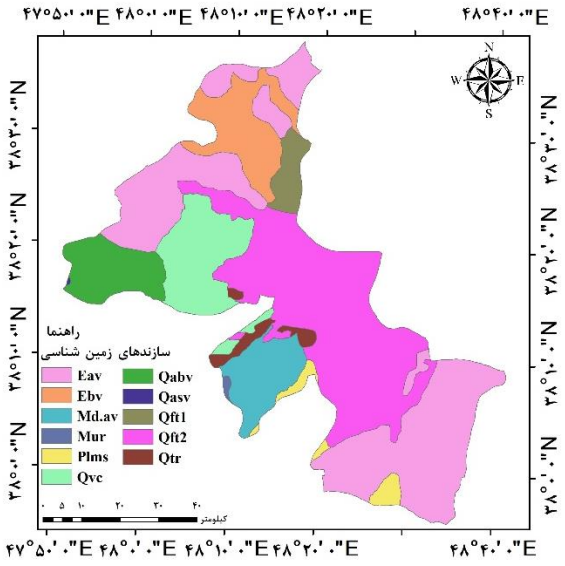
جهت شیب منطقه مورد مطالعه (شکل ۱۱) تنوع بالایی در جهات جغرافیایی سطوح شیب‌دار منطقه را نمایش می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده مناطق هموار بیشتر در بخش‌های مرکزی و شمال شرقی دیده می‌شوند که از منظر پدافند غیرعامل برای مکان‌یابی مراکز نظامی مناسب‌ترند، زیرا خطرات ناشی از جهت شیب در آن‌ها کمتر است. در نواحی کوهستانی غرب، جنوب و شرق شهرستان، پراکندگی رنگ‌های مختلف بیانگر جهات متنوع شیب است؛ با این حال، دامنه‌های دارای جهت جنوبی، جنوب‌غربی و غربی از نظر دریافت بی‌شتر تابش خور شید در طول روز، احتمال فر سایش بی‌شتر و کاهش پایداری محیطی دارند و ممکن ا ست در شرایط بحرانی کمتر ایمن باشند. بنابراین، نواحی دارای جهت شیب شمالی، شمال‌شرقی و شمال‌غربی به‌دلیل خنک‌تر بودن، پایداری بهتر خاک و قابلیت استتار بیشتر، در اولویت بالاتری برای مکان‌یابی پادگان‌های نظامی با رویکرد پدافند غیرعامل قرار دارند.



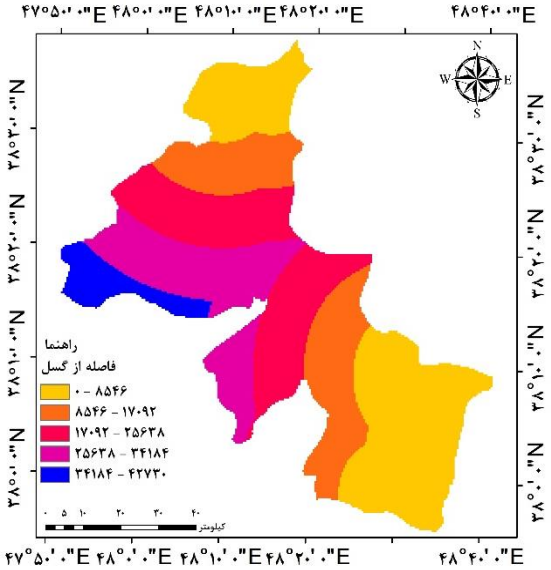
شکل ۶: نقشه پوشش گیاهی



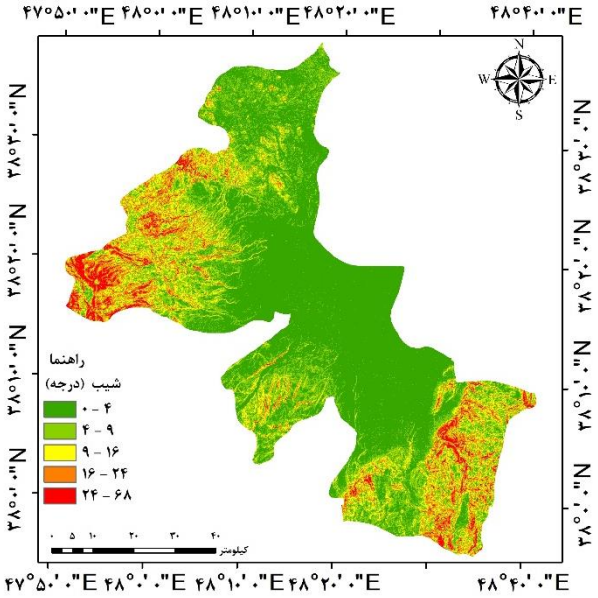
شکل ۷: نقشه کاربری اراضی



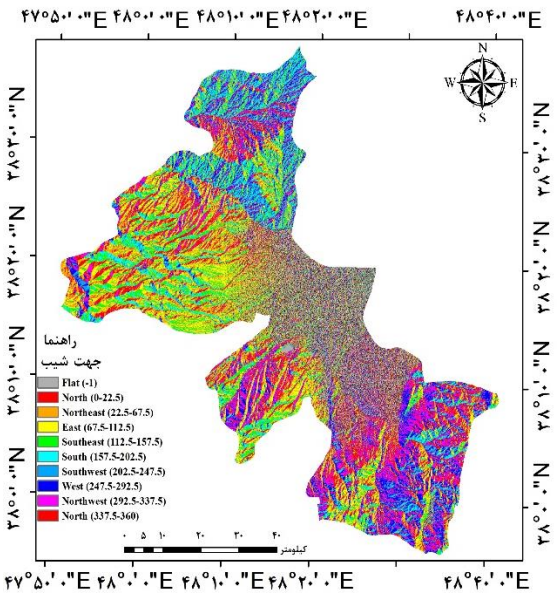
شکل ۸: نقشه سازندهای زمین‌شناسی



شکل ۹: نقشه فاصله از گسل



شکل ۱۰: نقشه شیب

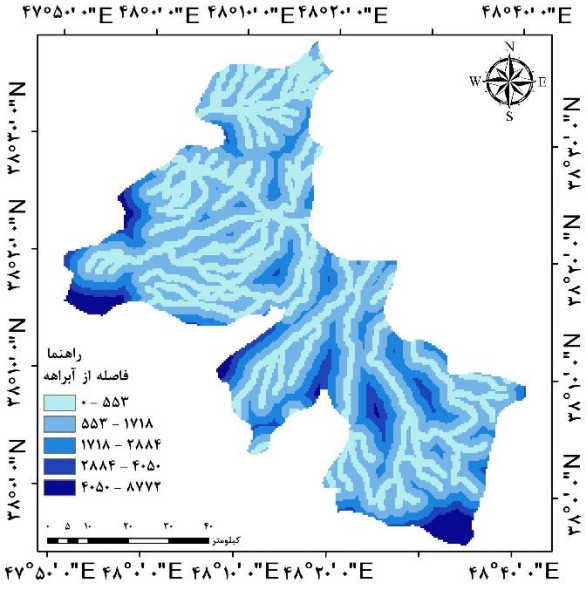


شکل ۱۱: نقشه جهت شیب

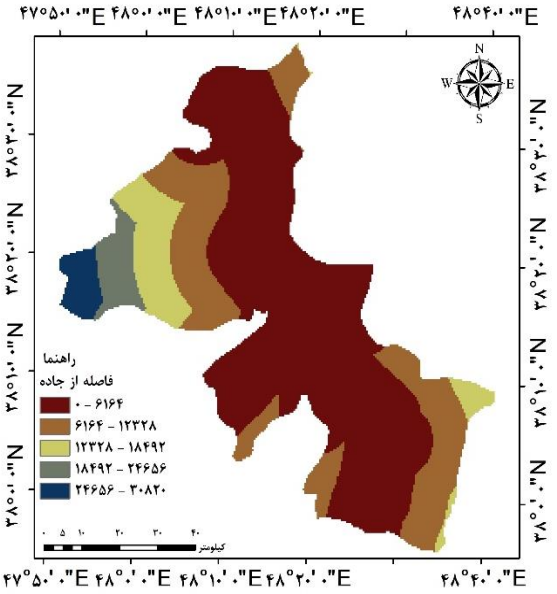
شکل (۱۲)، فا صله از شبکه جاده‌ای را در پنج طبقه از ۰ تا ۳۰۸۲۰ متر ن شان می‌دهد. در مکانیابی مراکز نظامی با رویکرد پدافند غیرعامل، عامل دسترسی به جاده‌های اصلی و فرعی اهمیت حیاتی دارد. نزدیکی بیش از حد به جاده‌ها موجب افزایش خطر شنا سایی، بمباران و نفوذ د شمن در مواقع بحران می شود؛ همچنین در صورت وقوع حمله، ممکن ا ست م سیرهای ارتباطی دچار انسداد یا کنترل دشمن قرار گیرند. از سوی دیگر، فاصله بیش از اندازه از جاده نیز باعث دشواری در پشتیبانی لجستیکی، امدادرسانی و جابه‌جایی تجهیزات نظامی می‌شود.

شکل (۱۳)، نقشه طبقات فاصله از آبراهه‌ها را از کمتر از ۵۰۰ متر تا بیش از ۴۵۰۰ متر نمایش می‌دهد. نزدیکی به آبراهه‌ها به دلیل خطرات ژئومورفولوژیک از جمله سیلاب‌های ناگهانی، فرسایش و رطوبت زیاد در خاک، در مکانیابی مراکز نظامی نامطلوب است. به‌ویژه در مناطقی با روان‌آب‌های سطحی ف صلی و خاک‌های کم ا ستحکام، ا ستقرار تجهیزات سنگین یا ساخت سازه‌های پدافندی د شوار خواهد بود. با این حال، وجود آب در مجاورت ن سبی برای نیازهای عملیاتی (آب آ شامیدنی، بهدا شت، خنک سازی تجهیزات) اهمیت دارد. بنابراین، فوا صل بین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر به‌عنوان محدوده‌ای ایمن و کاربردی تلقی می شوند. ضمن آن‌که دوری کامل از آبراهه‌ها نیز ممکن است موجب چالش‌هایی در دسترسی به منابع آبی شود.

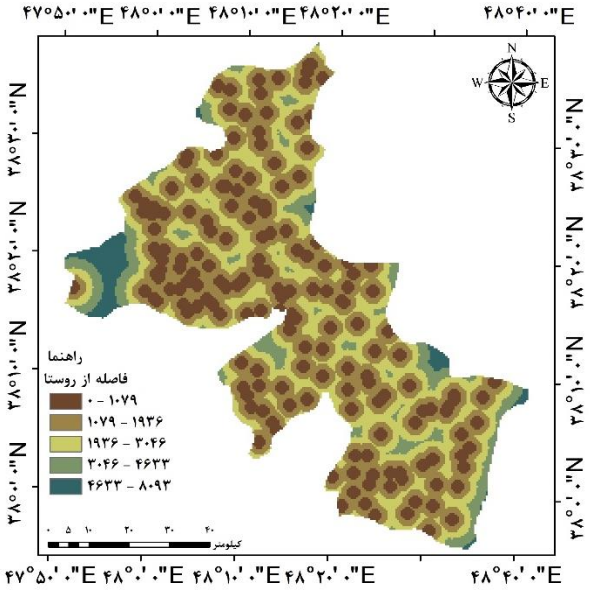
استقرار مراکز نظامی در نزدیکی روستاها با رویکرد پدافند غیرعامل، از چند منظر ناامن تلقی می‌شود: اولاً امکان آسیب‌رسانی به جمعیت غیرنظامی در صورت حمله د شمن وجود دارد؛ دوماً اطلاعات نظامی می‌تواند ناخوا سته از طریق جوامع محلی درز پیدا کند. در مقابل، فاصله بیش از اندازه از روستاها می‌تواند مسائل پشتیبانی نیروی انسانی، تأمین منابع محلی و تعامل با زیرساخت‌های منطقه‌ای را تحت‌تأثیر قرار دهد. بر این اساس، فاصله‌ای بین ۳ تا ۵ کیلومتر (طبقات میانی نقشه) یک توازن بهینه بین امنیت و دسترسی فراهم می‌کند. این فواصل عمدتاً در نواحی مرکزی و جنوب غربی شهرستان مشاهده می‌شوند (شکل، ۱۴).



شکل ۱۲: نقشه فاصله از آبراهه



شکل ۱۳: نقشه فاصله از جاده



شکل ۱۴: نقشه فاصله از روستا

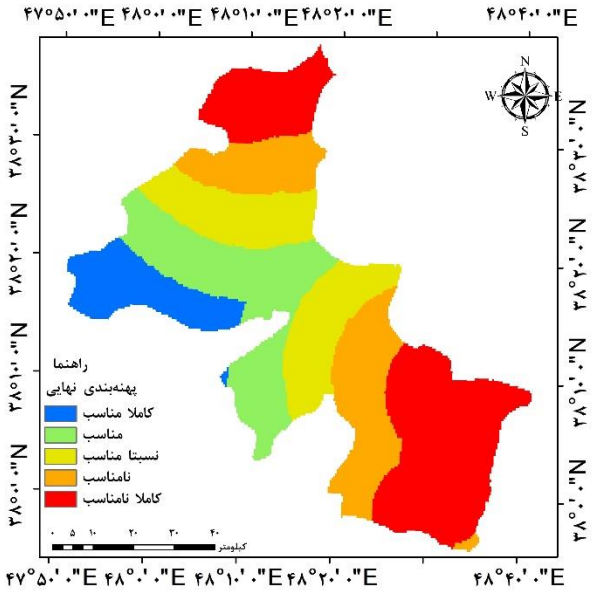
جدول ۱: اوزان گروه‌ها

ردیف	معیارهای اصلی	زیرمعیارها	وزن عمومی	وزن معیار اصلی	وزن نهایی
۱	محیطی	ارتفاع	۰/۰۸۹	۰/۴۳	۰/۰۳۸
		جهت شیب	۰/۰۷۸	۰/۴۳	۰/۰۳۳
		زمین شناسی	۰/۱۷۸	۰/۴۳	۰/۰۷۶
		شیب	۰/۰۸۳	۰/۴۳	۰/۰۳۵
		فاصله از آبرهه	۰/۰۱۰	۰/۴۳	۰/۰۰۴
		فاصله از گسل	۰/۰۲۰	۰/۴۳	۰/۰۸۶
		پوشش گیاهی	۰/۰۲۹	۰/۴۳	۰/۰۱۲

		فاصله از جاده	۰/۱۱۶	۰/۱۲	۰/۰۱۳
		فاصله از روستا	۰/۰۶۵	۰/۱۲	۰/۰۰۷
۲	انسانی	کاربری اراضی	۰/۰۸۸	۰/۱۲	۰/۰۱۰
		رطوبت خاک	۰/۰۹۶	۰/۳۴	۰/۰۳۲
۳	اقلیمی	بارش	۰/۱۲۸	۰/۳۴	۰/۰۴۳
		دما	۰/۰۱۴	۰/۳۴	۰/۰۰۴

پهنه‌بندی نهایی

در نهایت با تلفیق و همپوشانی نقشه‌های پایه در محیط ArcGIS و با استفاده از ابزار Raster Calculator نقشه نهایی پهنه‌بندی شهرستان اردبیل در پنج طبقه کاملا مناسب، مناسب، نسبتا مناسب، نامناسب و کاملا نامناسب تهیه و تولید شد (شکل ۱۵). با بررسی نقشه پهنه‌بندی نهایی می‌توان دریافت که مناطق مرکزی و غربی شهرستان به عنوان «مناطق خیلی مناسب» و «مناطق منا سب» برای ا ستقرار پادگان نظامی شنا سایی شده‌اند. این مناطق به دلیل د ستر سی بهتر به شهر و رو ستاها، وجود زیرساخت‌های مناسب و فاصله امن از گسل‌های فعال، از اولویت بالاتری برخوردار هستند. در مقابل، مناطق حاشیه‌ای شهرستان، به ویژه در بخش‌های شمالی و جنوبی، به عنوان «مناطق نامناسب» و «مناطق خیلی نامناسب» شناسایی شده‌اند. این مناطق به دلیل فاصله زیاد از مراکز جمعیتی، دسترسی محدود به جاده‌ها و احتمال وقوع زلزله، از نظر مکان‌یابی پادگان نظامی، ریسک بالاتری دارند. در نهایت، با توجه به اهمیت استراتژیک شهرستان اردبیل و لزوم حفظ امنیت منطقه، انتخاب مکانی مناسب برای پادگان نظامی، با در نظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا باید به‌گونه‌ای انجام شود که ضمن تأمین نیازهای عملیاتی، کم‌ترین هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی را به همراه داشته باشد. در جدول (۲) و شکل (۱۵) مساحت و درصد هر یک از پهنه‌ها ارائه شده است.



شکل ۱۵: پهنه‌بندی نهایی شهرستان اردبیل از نظر مکان‌یابی مراکز نظامی

جدول۲: مساحت و درصد پهنه‌ها

پهنه‌ها	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
کاملا مناسب	۲۰۴	۹/۵۵
مناسب	۴۲۴	۱۹/۸۵
نسبتا مناسب	۴۱۵	۱۹/۴۳
نامناسب	۴۲۷	۲۰
کاملا نامناسب	۶۶۵	۳۱/۱۴
مجموع	۲۱۳۵	۱۰۰

نتیجه‌گیری

پژوهش حا ضر به منظور پهنه‌بندی شهر ستان اردبیل با هدف مکانیابی مراکز نظامی با رویکر پدافند غیرعامل و با بهره‌گیری از مدل تصمیم‌گیری ANP در محیط GIS انجام شد. با توجه به ماهیت حساس و راهبردی چنین مراکزی، ضرورت دارد مکان‌یابی آن‌ها بر پایه شاخص‌های علمی، محیطی، اقلیمی انجام گیرد. بدین منظور، ۱۳ شاخص ا صلی شامل عوامل طبیعی (ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین شنا سی، پو شش گیاهی فا صله از گسل، فا صله از آبراهه) اقلیمی (رطوبت خاک، دما، بارش)، و انسانی (کاربری ارا ضی، فا صله از جاده و رو ستا) در نظر گرفته شده و با ا ستفاده از مدل ANP وزن‌دهی شدند. سپس این لایه‌ها در محیط GIS تلفیق و نقشه پهنه‌بندی نهایی در ۵ طبقه شامل کاملا مناسب (۲۰۴ کیلومترمربع)، مناسب (۴۲۴ کیلومترمربع)، نسبتا مناسب (۴۱۵ کیلومترمربع)، نامناسب (۴۲۷ کیلومترمربع) و کاملا نامناسب (۶۶۵ کیلومترمربع) تهیه گردید. یافته‌های پژوهش نشان داد که نواحی دارای ارتفاع متو سط، شیب ملایم، دوری از گ سل و منابع آبی، برخورداری از پو شش گیاهی معتدل، و دوری ن سبی از مراکز جمعیتی، بیشترین پتانسیل را برای استقرار پادگان‌های نظامی دارند. همچنین، زمین‌هایی با بافت مقاوم زمین‌شناسی و رطوبت خاک متوسط، شرایط فیزیکی مناسبی برای احداث سازه‌های نظامی فراهم می‌کنند. نتایج نهایی مدل نشان داد که بخش‌ها مرکزی و غربی شهرستان اردبیل از مطلوب‌ترین مناطق برای استقرار پادگان‌ها محسوب می‌شوند. این نتایج می‌تواند به‌عنوان راهنمایی کاربردی برای نهادهای تصمیم‌گیر در حوزه دفاعی و شهری جهت کاهش تعارضات کاربری، افزایش ایمنی، و بهبود مدیریت منابع زمینی مورد ا ستفاده قرار گیرد. پی شنهاد می شود در مطالعات آتی، تحلیل سناریوهای تغییر اقلیم، تو سعه شهری و تهدیدات نوین نظامی نیز در فرآیند مکان‌یابی لحاظ گردد تا تصمیم‌گیری‌ها پویاتر و مقاوم‌تر در برابر آینده نامطمئن باشند.

منابع و مأخذ

بافقی‌زاده، محمد، و شریفی، عبدالنبی (۱۴۰۲). مکان یابی بهینهٔ مراکز آموز شی را با ا ستفاده از روش سی ستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سلسله مراتبی (AHP). مطالعات برنامه ریزی آموزشی، ۲۴(۱۲)، ۲۷۲-۲۹۰. 10.22080/eps.2024.25821.2206

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

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

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

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).

سلاورزی‌زاده، محمد، و ولی‌پور، پیمان (۱۴۰۳). تحلیلی بر مکانیابی پناهگاه‌های امن شهری با رویکرد پدافندغیرعامل (نمونه موردی: شهر اهواز). جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۵۳(۱۴)، ۸۹-۱۲۰. 10.22111/gaij.2024.49245.3219

سلطانی، مسلم، و قادری حاجت، مصطفی (۱۴۰۳). ارزیابی مکان گزینی سایت های نظامی شهرستان کبودراهنگ با بکارگیری روش های AHP-Fuzzy و GIS. پژوهش‌های جغرافیای سیاسی، doi.org/10.22067/pg.2024.83259.1222

سلیمانی، رضا، ولیزاده کامران، خلیل، مختاری، داود، و سعیدی، علی (۱۴۰۲). نقش عناصر و عوامل اقلیمی موثر در مکان‌یابی مراکز نظامی استان آذربایجان شرقی با رویکرد پدافند غیرعامل. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۷(۸۳)، ۷۳-۸۴.

شمسایی زفرقندی، فتح الله (۱۳۹۱). مقدمه‌ای بر آمایش و مکان‌یابی، انتشارات دانشگاه جامع امام حسین (ع)، چاپ اول، تهران.

شیخی، حجت، و ساترابی، فریبا (۱۴۰۳). مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری مبتنی براصول پدافند غیر عامل (نمونهٔ موردی: شهر سنندج). جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۵۱(۱۴)، ۱۹۵-۲۱۸. 10.22111/gaij.2024.48103.3188

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.

منیری، کامل، و خطیبی، عباس (۱۴۰۳). پهنه‌بندی استان گلستان با هدف مکانیابی احداث مراکز نظامی با تاکید بر ملزومات پدافند غیرعامل. آمایش سیاسی فضا، ۶(۳)، ۱۷۸-۱۹۶. https://psp.modares.ac.ir/article-42-67732-fa.html

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

جوان، خدیجه، ولی‌زاد، لیلا، و مهدوی، سجاد (۱۳۹۸). چگونگی مکان‌گزینی مراکز نظامی- راهبردی بر اساس شاخص‌های جغرافیای طبیعی. راهبرد، ۲۸(۱)، ۱۸۵-۲۰۷. 20.1001.1.10283102.1398.28.1.7.8

ایمانی‌نسب، محسن، و باقری، عبدالرضا (۱۴۰۲). ارزیابی شاخص های مکان یابی تیپ ۱۱۶مکانیزه هجومی نزاجا با رویکرد پدافند غیرعامل. مدیریت سرمایه انسانی دفاعی، ۳(۴)، ۳۴-۷۹. https://jdhcm.iamu.ac.ir/article_712892.html

Vojtekova, J., Vojtek, M. 2020. Assessment of landslide susceptibility at a local spatial scale applying the multi-criteria analysis and GIS: a case study from Slovakia. Geomatics, natural hazards and risk, 11(1), 131-148. DOI: 10.1080/19475705.2020.1713233

Brooke, S. (2023). Location: An Analysis of Safe Haven Siting in New York City partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Arts in Department of Urban and Environmental Policy and Planning, Tufts University. https://dl.tufts.edu/concern/pdfs/br86bf68k

Karatas, mumtaz; yakici, ertan & razi, nasuh (2018), Military Facility Location Problems: A Brief Survey, n book: Operations Research for Military Organizations, 9(1), 1-27.

Liu, Chang; Xiao, Bin and Wang, Weijie (2020), Analysis on project management of military barracks in high altitude area, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.

Nicoara, Gabriela & pinzariu, sorin (2021), considerations regarding the location and the role of organizational culture in the Romanian military environment, land forces avademy review, 26(1), 55-61.

Ural, Ece & Severcan, yucel can (2022). Assessing user preferences regarding military site regeneration: The case of the Fourth Corps Command in Ankara. Cities, 129, 103- 118.

Yigitcanlar, T. Dur, F. and Dizdaroglu, D. (2015), towards prosperous sustainable cities: A

multiscalar urban sustainability assessment approach, Habitat International, 45, 36- 46.

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

Sennaroglu, B., & Celebi, G. V. (2018). A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 59, 160-173.