



Assessment of Climatic and Geomorphological Factors in Military Base Site Selection Using Remote Sensing and GIS (Case Study of the Moghan Plain, Ardabil Province)¹

Mousa Abedini^{*1}, AmirHesam Pasban²

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

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

Received Date: 04 January 2025 Accepted Date: 17 April 2025

Abstract

Background and Objective: Location selection is one of the strategic elements in the development of a country's defense infrastructure, requiring precise analysis of environmental, climatic, and human factors using modern spatial approaches. Therefore, the objective of this research is to investigate the role of climatic and geomorphological factors affecting the site selection of military garrisons in Moghan Plain, located in Ardabil Province, by utilizing remote sensing and GIS capabilities.

Methodology: To fulfill the research objective, 14 relevant criteria were selected, including precipitation, temperature, actual evapotranspiration, elevation, slope, aspect, vegetation cover, land use, distance from rivers, faults, roads, cities, villages, and geology. The required spatial layers were derived from remote sensing data sources such as Sentinel-2 imagery, the 12.5-meter ALOS PALSAR Digital Elevation Model, and global climate datasets including TerraClimate, and were processed within the Google Earth Engine (GEE) environment. Subsequently, training sample points representing suitable and unsuitable locations were defined, and the Random Forest (RF) algorithm was trained and applied to produce the final suitability zoning map.

Results and Findings: The variable importance analysis indicated that proximity to cities and villages, slope, vegetation cover, and distance from geological faults were the most influential factors in military base site selection within the study area. The final suitability map classified the region into five categories: very suitable, suitable, moderately suitable, unsuitable, and very unsuitable. Notably, portions of the northern and eastern sections of the Moghan Plain were identified as very suitable zones. This study demonstrates that the integration of machine learning algorithms with remote sensing data offers a robust and efficient approach for spatial analysis and supports strategic decision-making in the defense and military planning sectors.

Conclusion: The findings of this study can support the optimization of military base site selection by integrating strategic, environmental, and security-related criteria. Such an approach has the potential to enhance military operational efficiency, strengthen crisis management capabilities, reduce infrastructure development costs, and minimize vulnerability to natural hazards.

Keywords: Random Forest model, Military Base Site Selection, Geographic Information System (GIS), Google Earth Engine, Moghan Plain.

¹This 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.

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

Cite this article: Abedini, M. and Pasban, A. (2026). Assessment of Climatic and Geomorphological Factors in Military Base Site Selection Using Remote Sensing and GIS: (Case Study of the Moghan Plain, Ardabil Province). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 7(1), 28-43.



شایا: ۰۷۶۴-۲۷۸۳

دوره ۷، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۳، بهار ۱۴۰۵

Journal Homepage <https://www.srds.ir/>
https://www.srds.ir/article_219193.html?lang=fa

تحلیلی بر نقش عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژی موثر بر مکانیابی پادگان‌های نظامی با استفاده از

قابلیت‌های سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: دشت مغان، استان اردبیل)^۱

موسی عابدینی^{۱*}، امیرحسام پاسبان^۲

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: مکان‌یابی از جمله عناصر راهبردی در توسعه زیرساخت‌های دفاعی کشور، نیازمند تحلیل دقیق مؤلفه‌های محیطی، اقلیمی و انسانی با بهره‌گیری از رویکردهای نوین فضایی است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی نقش عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژی موثر بر مکانیابی پادگان‌های نظامی در دشت مغان واقع در استان اردبیل با استفاده از قابلیت‌های سنجش از دور و GIS می‌باشد.

روش‌شناسی: در راستای هدف پژوهش ابتدا ۱۳ معیار مؤثر شامل بارش، دما، تبخیر و تعرق واقعی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه، گسل، جاده، شهر، روستا انتخاب گردید. لایه‌های مورد نیاز با استفاده از داده‌های سنجش از دور از جمله تصاویر Sentinel2، مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متر ALOS PALSAR و پایگاه‌های جهانی اقلیمی مانند TerraClimate استخراج و در محیط Google Earth Engine پردازش شدند. سپس با تعریف نقاط نمونه آموزشی از مناطق مناسب و نامناسب، مدل Random Forest آموزش داده شد و برای تهیه نقشه پهنه‌بندی نهایی مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها نتیجه‌گیری: نتایج تحلیل اهمیت متغیرها نشان داد که فاصله از شهر و روستا، شیب، پوشش گیاهی و فاصله از گسل از مهم‌ترین عوامل مؤثر در مکان‌یابی پادگان نظامی در منطقه مطالعه شده هستند. نقشه نهایی پهنه‌بندی منطقه به پنج کلاس کاملاً مناسب (۱۵۸ کیلومترمربع)، مناسب (۱۳۷۴ کیلومترمربع)، متوسط (۲۴۹۸ کیلومترمربع)، نامناسب (۹۲۷ کیلومترمربع)، و کاملاً نامناسب (۱۱۱ کیلومترمربع) تقسیم شد که در آن بخش‌هایی از نواحی شمالی و شرقی دشت مغان در کلاس بسیار مناسب قرار گرفتند. این پژوهش تأکید می‌کند که استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در کنار داده‌های سنجش از دور می‌تواند رویکردی مؤثر و کارآمد برای تحلیل مکانی و پشتیبانی تصمیم‌گیری‌های راهبردی در حوزه دفاعی و نظامی باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند به بهینه‌سازی مکان‌یابی پادگان‌های نظامی با در نظر گرفتن معیارهای استراتژیک، محیط‌زیستی و امنیتی کمک کند. این امر موجب افزایش کارایی عملیات نظامی، بهبود مدیریت بحران، کاهش هزینه‌های زیرساختی و کاهش آسیب‌پذیری در برابر بلایای طبیعی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدل جنگل تصادفی، مکان‌یابی پادگان نظامی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، گوگل ارث انجین، دشت مغان.

^۱ 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: عابدینی، موسی و پاسبان، امیرحسام. (۱۴۰۵). تحلیلی بر نقش عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژی موثر بر مکانیابی پادگان‌های نظامی با استفاده از قابلیت‌های سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: دشت مغان، استان اردبیل). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، (۱۷)، ۲۸-۴۳.

مقدمه و بیان مسأله

مکان‌یابی فرآیندی است که در آن با تحلیل همزمان اطلاعات مکانی و داده‌های توصیفی، مکان‌های مناسب بر اساس معیارهایی مانند قابلیت‌های محیطی، زیرساختی و دسترسی جغرافیایی شناسایی می‌شوند. این فرآیند با هدف انتخاب بهترین موقعیت‌ها متناسب با نیاز انجام می‌گیرد (شمسای زفرقندی، ۱۳۹۱، سلاورزی‌زاده و علی‌پور، ۱۴۰۳؛ سبحانی و مملوکی، ۱۴۰۴)، مکان‌یابی اگرچه جزو پدافند غیرعامل نیست، اما با انتخاب موقعیت مناسب برای کاربری‌ها، در کاهش آسیب‌پذیری انسانی نقش مؤثری دارد (فرامرزی و حقیقت‌نایینی، ۱۳۹۲: ۲۷). با توجه به این که عوامل متعددی چون، ویژگی‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیمی و مسایل امنیتی و سیاسی در مکانیابی مراکز نظامی موثر هستند، گزینش مکانی که دارای شرایط و ویژگی‌های مورد نظر باشد، لزوم مطالعه‌ای دقیق و همه‌جانبه را می‌طلبد که روش‌های سنتی قادر به پاسخگویی به این نیازها نمی‌باشند و باید از دانش متخصصان و مدل‌ها و ابزارهای کارآمد در برنامه‌ریزی دقیق‌تر را استفاده شود (سلیمانی و همکاران، ۱۴۰۳: ۷۵). از این‌رو، علاوه بر در نظر داشتن شاخص‌های محیطی و جغرافیایی، باید به الزامات و معیارهای نظامی، دفاعی و امنیتی نیز توجه ویژه‌ای داشت؛ از جمله مهم‌ترین این معیارها می‌توان به فاصله حداقل ۲۰ کیلومتر از سکونتگاه‌ها و مراکز صنعتی بزرگ، امکان بهره‌مندی از پدافند هوایی به صورت عامل و غیرعامل، فاصله حداقل ۱۰۰ کیلومتر از مراکز بحرانی و نوار مرزی، قرار نداشتن در دالان‌ها و تونل‌های طبیعی باد و امنیت هوایی مطلوب به گونه‌ای که در صورت بروز حمله هوایی، مرکز نظامی به راحتی به عنوان هدف اولیه در دسترس نباشد، اشاره کرد (منیری و خطیبی، ۱۴۰۳: ۱۷۹). از طرفی در مکان‌یابی مراکز نظامی، علاوه بر توجه به شاخص‌های محیطی و جغرافیایی، رعایت الزامات و معیارهای نظامی، دفاعی و امنیتی نیز ضروری است؛ این معیارها شامل دوری از خطرات محیطی مانند مسیر سیل و گسل، بهره‌مندی از استتار و اختفا، فاصله مناسب از جنگل‌ها، مراتع و زمین‌های سست، شوره‌زار و باتلاقی، بهره‌مندی از شرایط آب و هوایی متناسب با مأموریت، امکان بهره‌مندی از جاده‌های اختصاصی و دسترسی به جاده‌های سراسری و اصلی است. از مهم‌ترین عواملی که طرح‌های نظامی را به صورت مستقیم و قاطع تحت تاثیر قرار می‌دهد آب و هوا می‌باشد که حتی راهبردهای ملی، تاکتیک‌ها، فرماندهی و کنترل و ساختار سازمانی، ترکیب بهینه و انتخاب نوع نیروهای زمینی، دریایی و هوایی، جمع‌آوری تجهیزات نظامی و البسه و آماد، تعمیر و نگهداری، ساخت و پشتیبانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (سلیمانی و همکاران، ۱۴۰۳: ۷۶).

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان ابزاری حیاتی در تحلیل‌های مکانی محسوب می‌شود. این سیستم، با ارائه دسترسی سریع به داده‌های حاصل از سیستم‌های موقعیت‌یابی جهانی و تکنیک‌های سنجش از دور (RS) که منابع مهمی برای جمع‌آوری داده‌های مکانی محسوب می‌شوند، در فرآیند تصمیم‌گیری در زمینه‌های مهندسی مختلف کاربرد دارد و به عنوان ابزاری عالی و مفید برای مدیریت حجم عظیمی از داده‌های مکانی شناخته شده است (خزایی و روستایی حسین‌آبادی، ۱۳۹۵: ۳؛ Chen et al., 2014: 1615; Bayram et al., 2015: 147).

در سال‌های اخیر، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مطالعات محیط‌زیستی، منابع طبیعی و برنامه‌ریزی مکانی رشد چشم‌گیری داشته است. یکی از این الگوریتم‌های پرکاربرد، مدل جنگل تصادفی (Random Forest) است که به دلیل دقت بالا، انعطاف‌پذیری و توانایی کار با داده‌های بزرگ و متنوع، توجه پژوهشگران بسیاری را به خود جلب کرده است. مدل جنگل تصادفی، یک الگوریتم یادگیری ماشین نظارت‌شده از نوع طبقه‌بندی و رگرسیون است که بر پایه ایجاد مجموعه‌ای از درخت‌های تصمیم‌گیری (Decision Trees) و ترکیب نتایج آن‌ها عمل می‌کند. این مدل با استفاده از تکنیک Bootstrap Aggregation یا Bagging مجموعه‌ای از زیرنمونه‌های تصادفی از داده‌ها را برای آموزش درخت‌ها استفاده کرده و در نهایت با رأی‌گیری (در حالت طبقه‌بندی) یا میانگین‌گیری (در حالت رگرسیون) تصمیم نهایی را اتخاذ می‌کند (Breiman, 2001; Benito et al., 2008). چنین ساختاری باعث افزایش پایداری مدل و کاهش بیش‌برازش (Overfitting) می‌شود. در زمینه مکانیابی پادگان‌های نظامی، عواملی همچون شرایط اقلیمی (بارش، دما، تبخیر و تعرق)، پارامترهای ژئومورفولوژی (شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل‌ها و ...) از

اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. مدل جنگل تصادفی با توانایی بالا در شناسایی مهم‌ترین متغیرها و همچنین تعامل بین آن‌ها، ابزاری کارآمد برای تحلیل این عوامل و تعیین مناطق مناسب برای احداث یا توسعه پادگان‌ها به‌شمار می‌رود. با توجه به نقش راهبردی پادگان‌های نظامی در تأمین امنیت ملی و منطقه‌ای، انتخاب محل مناسب برای احداث این مراکز نیازمند بررسی دقیق مجموعه‌ای از عوامل محیطی، اقلیمی، جغرافیایی و زیرساختی است. هرچند در بسیاری از موارد، اولویت‌های نظامی ممکن است مکان‌هایی با شرایط طبیعی نامناسب را به دلایل امنیتی یا استراتژیک ترجیح دهند، اما بهره‌گیری از روش‌های علمی مکان‌یابی می‌تواند به‌عنوان ابزاری مکمل، در شناسایی مناطق مناسب‌تر از منظر پایداری زیرساخت، ایمنی پرسنل و کاهش آسیب‌پذیری در برابر بلایای طبیعی مؤثر واقع شود. بنابراین، هرچند مکان‌یابی به‌تنهایی عامل تعیین‌کننده نهایی نیست، ولی می‌تواند با ارائه تحلیل‌های فضایی دقیق، از تصمیم‌گیری‌های پرریسک جلوگیری کرده و فرآیند استقرار پادگان‌ها را بهینه و هدفمند نماید. در این راستا، دشت مغان به‌عنوان یکی از مناطق راهبردی شمال غرب کشور، به‌دلیل ویژگی‌های اقلیمی خاص، ساختار ژئومورفولوژیکی متنوع و موقعیت ژئوپلیتیکی، نیازمند ارزیابی دقیق جهت استقرار بهینه پادگان‌های نظامی است. با پیشرفت فناوری‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، امکان تحلیل دقیق و همزمان چندین لایه اطلاعاتی فراهم شده و بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوشمند همچون مدل جنگل تصادفی، ضرورت پژوهش حاضر را به‌عنوان روشی نوین در پهنه‌بندی و تصمیم‌گیری مکان‌یابی نظامی توجیه‌پذیر می‌سازد. تاکنون مطالعات زیادی در این خصوص در داخل و خارج کشور انجام شده که در زیر به چند مورد آن اشاره شده است.

پیشینه پژوهش

بافقی‌زاده و شریفی (۱۴۰۲)، مکان‌یابی بهینه مراکز آموزشی را با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی و سلسله مراتبی (AHP) مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها بیانگر این بود که اکثر مراکز آموزشی در این منطقه در شرایط سازگار (با وزن ۰/۶۶۹)، و شرایط نیمه‌سازگار (با وزن ۰/۲۴۳) واقع شده‌اند و مراکز آموزشی ناسازگار تنها وزن ۰/۰۸۸ به خود اختصاص داده‌اند. همچنین نتایج نشان‌دهنده این بود که نقاط مرکزی و شمالی این منطقه مناسب‌ترین مکان مستعد برای تأسیس مراکز آموزشی جدید را دارد. ایمانی‌نسب و باقری (۱۴۰۲)، در پژوهشی به ارزیابی شاخص‌های مکان‌یابی تیپ ۱۱۶ مکانیزه هجومی نزاجا با رویکرد پدافند غیرعامل پرداختند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده این بود که تیپ ۱۱۶ وضعیت مناسبی از لحاظ ارزیابی شاخص‌های مکان‌یابی با رویکرد پدافند غیرعامل دارد. همچنین در بین شاخص‌های مورد مطالعه از دیدگاه کارشناسان نظامی شاخص دسترسی، با مقدار ۱۵/۷۹۵ بیش‌ترین تعامل و شاخص اجتماعی-اقتصادی با مقدار ۱۴/۳۹۳ کم‌ترین تعامل، شاخص طبیعی و زیست‌محیطی با مقدار ۰/۰۲۴- مؤثرترین عامل و شاخص دسترسی با مقدار ۰/۴۵۹ تأثیرپذیرترین عامل هستند.

صفری‌نامیوندی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی قابلیت‌های نظامی مناطق مرزی را بر مبنای پارامترهای محیطی در شهرستان مریوان مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در این مطالعه با استفاده از قابلیت‌های GIS و مدل AHP به این نتیجه دست یافتند که بخش‌هایی از محدوده شهرستان مریوان که عمدتاً منطبق بر مناطق مرکزی شهرستان هستند، توان بالایی برای احداث پایگاه‌های نظامی و مراکز دیدبانی دارند. این مناطق به‌دلیل ارتفاع زیاد، شیب کم، جهت غربی، داشتن میدان دید وسیع، نزدیکی به جاده‌های اصلی و دور بودن از پایگاه‌های نظامی، توان بالایی در راستای اهداف مورد نظر دارند.

سلطانی و قادری حاجت (۱۴۰۳)، جهت ارزیابی مکان‌گزینی سایت‌های نظامی شهرستان کبودرآهنگ با استفاده از روش‌های چندمتغیره و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که پس از تشکیل مقایسات زوجی و محاسبه اوزان فازی و نرمال و بدست آوردن وزن نهایی زیرمعیارها، حاکی از تاثیرگذاری بالای زیرمعیارهایی چون توپوگرافی با وزن ۰/۲۳۶ وجود زمین کافی برای گسترش با وزن ۰/۲۱۳ و اتکاء به عوارض طبیعی با وزن ۰/۱۸۷ در انتخاب مناسب‌ترین مکان جهت استقرار مکان‌های نظامی مورد مطالعه بود که لازم است دست اندرکاران ذیربط در برنامه‌ریزی‌های آتی موارد مذکور را لحاظ نمایند. جوان و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری را در شهر ارومیه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که ۲۱ درصد از کل سطح کلانشهر ارومیه (معادل ۱۴ کیلومتر مربع) در وضعیت مطلوب، ۳۰ درصد (معادل ۲۰ کیلومتر مربع)

در وضعیت نسبتاً مطلوب، ۲۶ درصد (معادل ۱۷ کیلومتر مربع) در وضعیت متوسط، ۱۷ درصد (معادل ۱۱ کیلومتر مربع) در وضعیت نسبتاً نامطلوب و ۶ درصد (معادل ۴ کیلومتر مربع) در وضعیت نامطلوبی از نظر احداث پناهگاه‌های شهری قرار دارد.

سلاورزی زاده و ولی پور (۱۴۰۳)، مکان‌یابی پناهگاه‌های امن در شهر اهواز را مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان‌دهنده این بود که ۲۳ درصد از منطقه (۳۴۹۹ هکتار) در وضعیت مناسب بالا و بسیار بالا برای پناهگاه شهری هستند. همچنین مناسب‌ترین مکان‌ها جهت استقرار پناهگاه‌های شهری در نواحی شرقی، جنوبی و جنوب غربی قرار دارند که در مناطق سه و پنج شهری اهواز قرار گرفته‌اند و از پتانسیل نسبتاً بهتری برای سکونت افراد برخوردار هستند.

پاسبان و عابدینی (۱۴۰۴)، عوامل موثر ژئومورفولوژیکی در مکان‌یابی بهینه پادگان‌های نظامی در شهرستان خلخال را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد مناطق با پوشش گیاهی متوسط، شیب کم‌تر از ۱۰ درجه، خاک‌های استپی قهوه‌ای و زمین‌های بایر، گزینه‌های مطلوب‌تری برای استقرار پادگان‌ها محسوب می‌شوند.

مندوزا^۱ و همکاران (۲۰۰۲)، با ادغام روش‌های تحلیل چند معیاری و GIS، شرایط زمین را برای انتخاب مکان‌های مناسب جهت ایجاد مناطق آموزشی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، معیارهای کلیدی شامل وضعیت فرسایش، میزان پوشش گیاهی به منظور ارزیابی و انعکاس تأثیرات آموزشی در نظر گرفته شد.

وایت^۲ و همکاران (۲۰۱۴)، مدلی محاسباتی برای ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها در راستای حفاظت راهبردی از زیرساخت‌های حیاتی توسعه دادند. این مدل، با استفاده از نظریه بازی، به ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها پرداخته و مقیاسی از ریسک راهبردی و احتمال شکست دارایی‌ها در برابر حملات انتحاری را ارائه می‌کند.

لیو^۳ و همکاران (۲۰۲۰)، مدیریت پروژه‌های پادگان‌های نظامی را در مناطق مرتفع بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ساخت‌وساز در این مناطق با موانع متعددی مواجه است. این موانع شامل شرایط نامساعد ساخت، محدودیت‌های زمانی، فواصل طولانی حمل‌ونقل، شرایط نامساعد محیطی و آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در برابر عوامل طبیعی می‌باشد. علاوه بر این، مدیریت پروژه‌ها در این مناطق به دلیل شرایط خاص زمین‌شناسی، آب‌وهوای نامساعد، محدودیت زمانی ساخت، کمبود تجهیزات فنی و ضعف پشتیبانی، بسیار پیچیده و دشوار است.

نیکورا و پینزارو^۴ (۲۰۲۱)، در پژوهشی به ارزیابی ترجیحات کاربران در مورد بازسازی مکان‌های نظامی در فرماندهی پایگاه چهارم آنکارا پرداختند. نتایج آن‌ها بیانگر این بود که دو عامل اصلی یعنی مالکیت زمین و نگرش افراد نسبت به بازسازی مناظر نظامی، تأثیر قابل توجهی در انتخاب مکان‌های نظامی دارند.

یاگچینلار^۵ و همکاران (۲۰۲۱)، با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌های پایه جغرافیایی، به تجزیه و تحلیل و مکان‌یابی بهینه برای رادار زمینی شبه جزیره چارلستون پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که توپوگرافی زمین و مولفه‌های جغرافیایی نظامی منطقه، نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب مکان مناسب برای رادار زمینی ایفا می‌کنند.

اورال و کان^۶ (۲۰۲۲)، در پژوهشی بر اهمیت دیدگاه کاربران در انتخاب مکان‌های نظامی، به ویژه در ارتباط با مالکیت زمین تأکید کرد. این در حالی است که مطالعات پیشین، نقش حیاتی فن‌آوری‌های سنجش از دور و GIS را در ارائه تحلیل دقیق داده‌های فضایی و انتخاب مکان‌های بهینه نشان داده‌اند.

بروک^۱ (۲۰۲۳)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به بررسی مکان‌یابی اسکان اضطراری ایمن در شهر نیویورک پرداخت. نتایج ایشان نشان داد که استقرار این مکان‌ها در نیویورک عمدتاً به پارامترهای نزدیکی به مراکز درمانی، وسایل نقلیه و معابر اصلی

۱- Mendoza

۲- White

۳- Liu

۴- Nicoara and Pinzariu

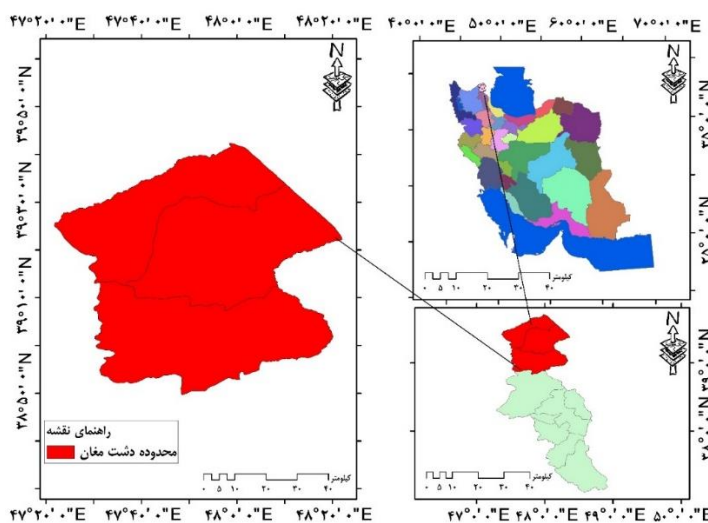
۵- Yigitcanlar

۶- Ural and can

وابسته است. بنابراین هدف از این پژوهش تحلیلی بر نقش عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژی موثر بر مکان‌یابی پادگان‌های نظامی دشت مغان در استان اردبیل با استفاده از قابلیت‌های سنجش از دور، GIS و نیز بهره‌گیری از مدل جنگل تصادفی در محیط سامانه گوگل ارث انجین می‌باشد که از این حیث دارای نوآوری و حائز اهمیت می‌باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

دشت مغان واقع در شمال استان اردبیل می‌باشد که یکی از پهنه‌های جلگه‌ای مهم و حاصل‌خیز شمال‌غرب ایران به‌شمار می‌رود. این دشت در میان مختصات جغرافیایی حدودی ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و از نظر جغرافیایی از شمال به رودخانه ارس و مرزهای جمهوری آذربایجان، از شرق به دامنه‌های غربی کوه‌های تالش، از جنوب به شهرستان بيله‌سوار و از غرب به شهرستان گرمی محدود می‌گردد. این محدوده با برخورداری از اقلیم نسبتاً معتدل، منابع آبی فراوان و اراضی مسطح و حاصل‌خیز، شرایط ویژه‌ای برای توسعه فعالیت‌های انسانی، از جمله کاربری‌های نظامی و کشاورزی فراهم کرده است. از نظر تقسیمات سیاسی-اداری، دشت مغان در برگیرنده شهرستان‌های پارس‌آباد، بيله‌سوار، گرمی و اصلاندوز می‌باشد. تنوع شرایط طبیعی و موقعیت مرزی دشت مغان، این منطقه را به بستری مناسب برای مطالعات مکانی-فضایی و مکان‌یابی بهینه فعالیت‌های راهبردی تبدیل نموده است. در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۱۳ متغیر به منظور تهیه نقشه تناسب اراضی جهت احداث پادگان نظامی در دشت مغان مورد استفاده قرار گرفت. این متغیرها عبارتند از: عوامل اقلیمی (بارش، دما، تبخیر و تعرق واقعی)، عوامل ژئومورفولوژی و انسانی (فاصله از رودخانه، ارتفاع، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از روستا، فاصله از شهر، کاربری اراضی). برای آماده‌سازی و تهیه این متغیرها از داده‌هایی زیر بهره گرفته شد: متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت شیب، از روی تصویر مدل رقومی ارتفاع منطقه (DEM) تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر AlosPalsar استخراج گردیدند. از طریق این تصاویر آبراهه‌های منطقه نیز با استفاده از ابزار

Hydrology نرم‌افزار ArcGIS استخراج شد. لایه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از طریق پروداکت آماده و از پایگاه داده -GLC FCS30D در محیط سامانه گوگل ارث انجین تهیه شد. برای تهیه نقشه پوشش گیاهی حوضه مطالعاتی نیز از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel (خردادماه ۱۴۰۳) بهره گرفته شد. در پژوهش حاضر به منظور پهنه‌بندی پادگان‌های نظامی منطقه مورد مطالعه از مدل جنگل تصادفی (RF) و در محیط سامانه گوگل ارث انجین با استفاده از کدنویسی بهره گرفته شد. مدل جنگل تصادفی یکی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین است که به دلیل دقت بالا و مقاومت در برابر بیش‌برازش، در مسائل مختلف پهنه‌بندی و طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل، از تعداد زیادی درخت تصمیم تشکیل شده که هر کدام بر روی زیر مجموعه‌ای تصادفی از داده‌ها و ویژگی‌ها آموزش داده می‌شوند. در نهایت، پیش‌بینی‌ها با تجمیع نتایج درختان تصمیم حاصل می‌شود (شیخ‌زاده قهنویه و همکاران، ۱۴۰۰: ۵۹۴).

مدل جنگل تصادفی (RF)

مدل جنگل تصادفی یکی از روش‌های مدل‌سازی درخت تصمیم است (Jafarian & Kargar, 2017: 45). به عبارتی دیگر مدل جنگل تصادفی یک الگوریتم در یادگیری گروهی است که درخت‌های تصمیم‌گیری (Decision Trees) متعددی را برای ساختن یک طبقه‌بندی‌کننده مجموعه آموزش ارائه می‌دهد. بر اساس فرآیند الگوریتم جنگل تصادفی، چندین زیرمجموعه آموزشی مختلف با نمونه‌گیری با جایگزینی از مجموعه آموزشی به دست می‌آید. هر زیرمجموعه آموزشی برای آموزش یک درخت تصمیم استفاده می‌شود و چندین درخت تصمیم آموزش‌دیده می‌توانند یک طبقه‌بندی‌کننده کلی را تشکیل دهند (Hoang et al., 2019: 128). هنگامی که یک نمونه به طبقه‌بندی‌کننده کلی وارد می‌شود، هر درخت تصمیم یک نتیجه طبقه‌بندی را خروجی می‌دهد و نتیجه طبقه‌بندی نهایی از برآیند طبقه‌بندی‌ها حاصل می‌شود (Mersha and Meten, 2020: 9). پس از برداشت و آماده‌سازی نمونه‌ها، پیاده‌سازی فاز عملیاتی و طبقه‌بندی مد نظر قرار گرفته که بدین‌منظور با بهره‌گیری از محیط کدنویسی در محیط سامانه گوگل ارث انجین الگوریتم‌ها جداگانه به اجرا در می‌آیند. همچنین همه بردارها دارای توزیع یکسانی می‌باشند درخت رگرسیونی با استفاده از مجموعه داده‌های آموزش رشد می‌کند و نتیجه مجموعه درخت‌های K برابر است با:

این بردارها یک بردار ورودی P بعدی هستند که یک جنگل را تشکیل می‌دهند. خروجی‌های k تولیدشده گروهی مربوط به هر درخت برابر است با:

$$y_1 = h_1(x), y_2 = h_2(x), \dots, y_k = h_k(x) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که y_k خروجی درخت K ام می‌باشد. برای به دست آوردن خروجی نهایی، متوسط همه پیش‌بینی‌های درخت‌ها محاسبه می‌شود (طهماسبی و همکاران، ۱۴۰۳: ۲۲۷؛ Chen et al., 2020: 100).

یافته‌ها

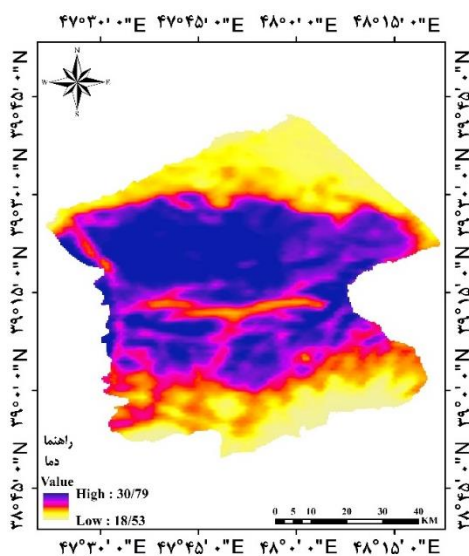
تحلیل عوامل اقلیمی (بارش، دما، تبخیر و تعرق واقعی)

توزیع مکانی بارش در دشت مغان در شکل (۲) ارائه شده است که در دامنه بین ۳۴۲/۰۱ الی ۶۰۷/۲۷ میلی‌متر متغیر است. الگوی فضایی نقشه نشان می‌دهد که شمال دشت مغان دارای بارش کم و متوسطی را تجربه کرده در حالی که جنوب دشت از بارش بیشتری برخوردار بوده است. این توزیع بارش، در مکانیابی بهینه پادگان نظامی اهمیت دارد؛ زیرا مناطق با بارندگی کمتر (شمال دشت) از نظر لجستیکی مناسب‌تر هستند، چرا که احتمال وقوع سیلاب، فرسایش خاک، و دشواری‌های ناشی از رطوبت بالا در آن‌ها کاهش می‌یابد. این تفاوت در میزان بارش، به‌طور مستقیم بر پتانسیل کشاورزی، منابع آب زیرزمینی و پوشش گیاهی منطقه تأثیرگذار است و در نتیجه، نقش مهمی در تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار پادگان نظامی ایفا می‌کند. به عنوان مثال، مناطق با بارش بیشتر، ممکن است به دلیل وجود منابع آب فراوان، برای تأمین نیازهای پادگان مناسب‌تر باشند، در حالی که مناطق

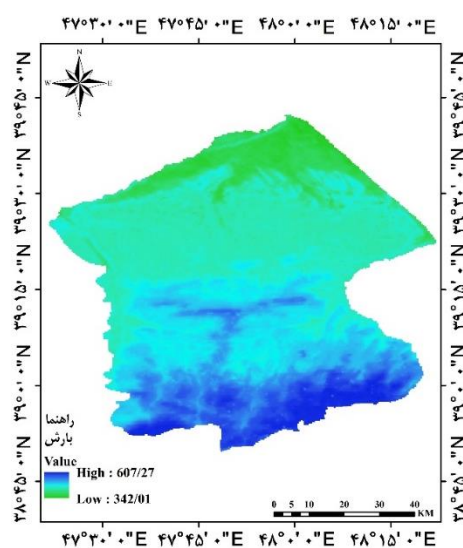
خشک‌تر، چالش‌هایی را در تأمین آب و ایجاد فضای سبز ایجاد می‌کنند. بنابراین، در فرآیند مکانیابی پادگان، باید به این تفاوت‌های اقلیمی توجه ویژه‌ای مبذول داشت.

با توجه به شکل (۳) توزیع دمایی دشت مغان بین ۱۸/۵۳ تا ۳۰/۷۰ درجه سلسیوس متغیر است. بر اساس شکل (۳)، نواحی مرکزی دشت (بویره مرکز و جنوب‌مرکز) دارای بیشینه دما در حالی که حواشی شمالی، شمال‌شرقی و جنوب‌غربی دشت دارای دمای پایین‌تری هستند. با توجه به هدف مکانیابی پادگان نظامی، مناطق با دماهای متوسط و نسبتاً پایین‌تر به دلایل زیست‌محیطی، مصرف انرژی کمتر در فصل گرم و شرایط مناسب‌تر برای عملیات نظامی، مزیت بیشتری دارند. بنابراین، نواحی پیرامونی دشت (خصوصاً شمال و شمال‌شرق) نسبت به نواحی مرکزی گرم‌تر، گزینه‌های مناسب‌تری برای مکان‌یابی پادگان محسوب می‌شوند.

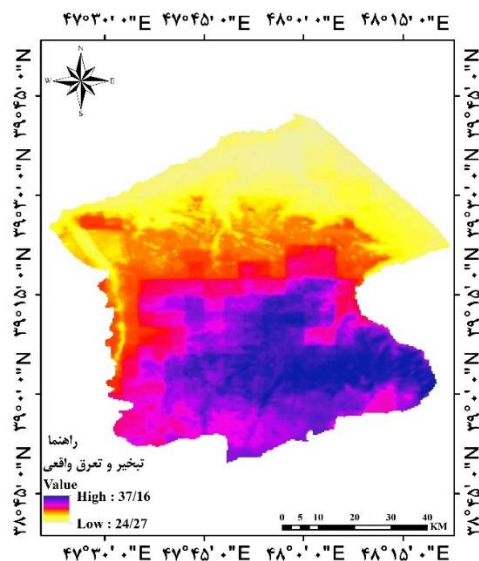
میزان تبخیر و تعرق واقعی در دشت مغان (شکل ۴) با دامنه تغییرات بین ۲۴/۲۷ (کمینه) تا ۳۷/۱۶ میلی‌متر (بیشینه) نشان می‌دهد که مقادیر پایین‌تر تبخیر و تعرق عمدتاً در نواحی شمالی و شمال‌شرقی دشت قرار دارند، در حالی که مقادیر بالاتر در مناطق مرکزی، جنوبی و جنوب‌شرقی مشاهده می‌شوند. از آنجا که تبخیر و تعرق واقعی بیانگر میزان رطوبت در دسترس برای تبخیر از سطح زمین و تعرق گیاهان است، مقادیر بالاتر معمولاً نشان‌دهنده شرایط مرطوب‌تر و پوشش گیاهی فعال‌تر هستند (بخش‌های مرکزی و جنوب). بنابراین، از منظر مکان‌یابی بهینه پادگان نظامی، نواحی شمالی دشت مغان با تبخیر و تعرق کمتر، که معمولاً با محدودیت منابع رطوبتی و شرایط خشک‌تر همراه هستند، از نظر اقلیمی اولویت بالاتری دارند.



شکل ۳: نقشه دما (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۲: نقشه بارش (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۴: نقشه تبخیر و تعرق واقعی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

تحلیل عوامل ژئومورفولوژی و انسانی

توزیع مکانی تغییرات ارتفاعی دشت مغان در شکل (۵) در ۴ طبقه ارائه شده است. با توجه به نتایج بخش‌های شمالی و شمال‌شرقی منطقه در پایین‌ترین ارتفاع (۱۷ تا ۵۶۱ متر) قرار دارند و بیش‌ترین وسعت منطقه را پوشش می‌دهند. این نواحی به دلیل دسترسی آسان، سطح صاف‌تر، و نزدیکی به شبکه‌های حمل‌ونقل، از نظر لجستیکی برای احداث پادگان مناسب‌اند. اما از طرفی، نزدیکی به مرزها یا مناطق پرجمعیت ممکن است از لحاظ امنیتی چالش‌برانگیز باشد. در مقابل، مناطق مرتفع‌تر که در بخش‌های جنوبی و جنوب‌غربی پراکنده‌اند، اگرچه وسعت کمتری دارند، اما از دید امنیتی و دیدبانی بر مناطق اطراف مزیت دارند و ممکن است برای احداث پایگاه‌های استراتژیک و دیده‌بانی مناسب‌تر باشند. به عبارتی دیگر با توجه به نتایج تحلیل میان ملاحظات امنیتی و لجستیکی تعادل برقرار شود و مناطقی با ارتفاع میانی (۵۶۱ تا ۱۶۵۱ متر) می‌توانند گزینه‌های بهینه‌تری برای مکان‌یابی پادگان نظامی در دشت مغان محسوب شوند.

نقشه شیب دشت مغان با دامنه عددی بین ۰ تا حدود ۵۸ درجه در شکل (۶) ارائه شده است که نشان‌دهنده تنوع توپوگرافی قابل توجه در این منطقه است. بخش‌های شمالی و شمال‌شرقی دشت، دارای کم‌ترین شیب (کمتر از ۵ درجه) بوده و از منظر مکانیابی پادگان نظامی، به دلیل سهولت در ساخت‌وساز، دسترسی بهتر، و پایداری سازه‌ها، دارای اولویت بالاتری هستند. در مقابل، مناطق جنوبی و جنوب‌غربی با شیب‌های تندتر (تا بیش از ۵۰ درجه و به رنگ‌های بنفش و قرمز)، اگرچه ممکن است از نظر دیدبانی مزایایی داشته باشند، اما به دلیل محدودیت‌های فنی و هزینه‌بر بودن عملیات عمرانی، برای استقرار پایگاه‌های دائمی مناسب نیستند. در مجموع، تحلیل دقیق این لایه نشان می‌دهد که شیب به‌عنوان یکی از عوامل ژئومورفولوژیکی کلیدی، نقش تعیین‌کننده‌ای در شناسایی پهنه‌های مناسب برای مکان‌یابی پادگان در دشت مغان دارد.

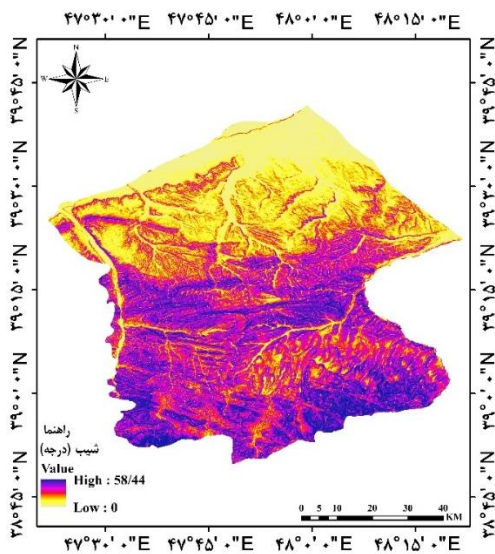
نقشه جهت شیب دشت مغان با طبقه‌بندی ۹ گانه (شامل جهات اصلی و فرعی جغرافیایی و مناطق مسطح)، نمایی دقیق از الگوی جهت‌گیری اراضی این منطقه را ارائه می‌دهد (شکل ۷)، با توجه به این‌که جهت‌های شمالی، شمال‌غربی و شمال‌شرقی سهم قابل توجهی از سطح منطقه را تشکیل داده‌اند. این جهت‌ها به‌ویژه در اقلیم نیمه‌خشک دشت مغان، از نظر دریافت کمتر تابش مستقیم خورشید، در کاهش دمای محلی و ایجاد شرایط مناسب برای استقرار پادگان مؤثرند. در مقابل، شیب‌های رو به جنوب، جنوب‌شرق و جنوب‌غرب به دلیل دریافت مستقیم‌تر نور خورشید، گرمای بیشتری را تجربه می‌کنند و ممکن است برای استقرار بلندمدت نیروی انسانی و تجهیزات، شرایط مطلوبی نداشته باشند.

شکل (۸) پوشش گیاهی دشت مغان را نمایش می‌دهد که مقدار آن بین ۰/۳۴ - تا ۰/۷۰ متغیر است. با توجه به نتایج مناطق شمالی و شمال‌غربی دشت مغان پوشش گیاهی بالاتری دارند، در حالی که مناطق جنوبی و جنوب‌شرقی دارای پوشش گیاهی

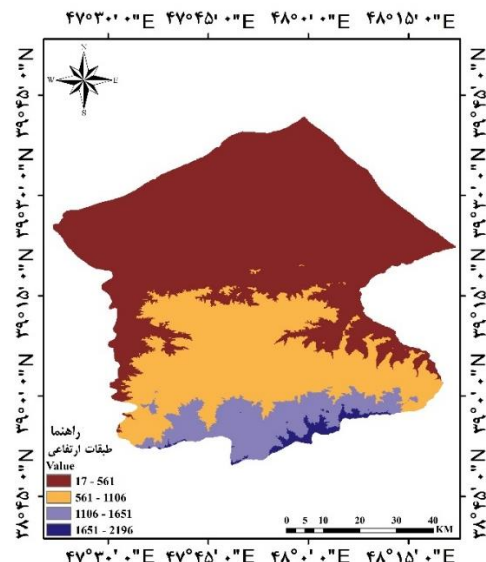
ضعیف‌تری‌اند. در زمینه مکانیابی پادگان نظامی، پوشش گیاهی به‌عنوان شاخصی غیرمستقیم از رطوبت خاک، دسترسی به منابع طبیعی، و حتی میزان فرسایش‌پذیری زمین عمل می‌کند. مناطقی با پوشش گیاهی متراکم معمولاً خاک حاصلخیزتر و رطوبت بیشتری دارند که ممکن است از منظر پدافندی و امنیتی، نیاز به ملاحظات ویژه‌ای داشته باشد. از طرفی، مناطق کم‌پوشش گرچه ممکن است از لحاظ ساخت‌وساز ساده‌تر باشند، اما احتمال فرسایش، سیلابی شدن یا ناپایداری سطح زمین در آن‌ها بیشتر است. بنابراین، در فرآیند مکانیابی پادگان، باید به این تفاوت‌های پوشش گیاهی توجه ویژه‌ای مبذول داشت.

نقشه فاصله از آبراهه منطقه مورد مطالعه در شکل (۹) نشان داده شده است که از فاصله نزدیک (۰ تا ۱۰۱۱ متر) تا دورترین نواحی (۴۰۴۵ تا ۵۰۵۷ متر) متغیر است. از این‌رو مناطقی با فاصله کم از آبراهه‌ها معمولاً در معرض خطر سیلاب، رطوبت بالا و ناپایداری خاک قرار دارند که برای احداث پادگان نظامی نامناسب تلقی می‌شوند. در مقابل، نواحی با فاصله بیشتر از نظر ایمنی، پایداری زمین و کاهش ریسک سیلاب، گزینه‌های بهتری برای استقرار زیرساخت‌های نظامی هستند. با توجه به هدف انتخاب مکان پادگان، مناطقی با فاصله بیش از ۲۰۰۰ متر از آبراهه‌ها اولویت بالاتری دارند، به شرط آنکه در سایر معیارها نیز امتیاز مناسبی داشته باشند.

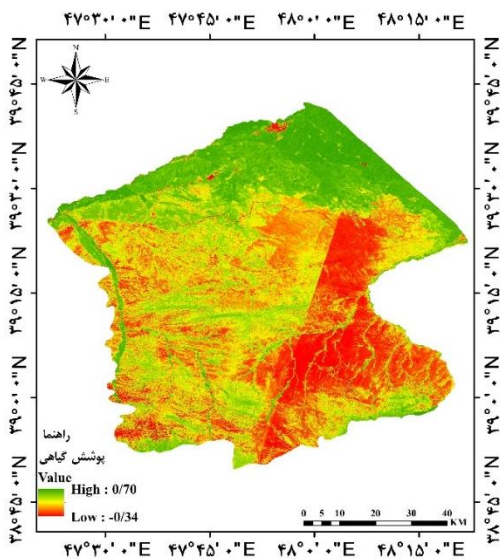
شکل (۱۰)، نقشه فاصله دشت مغان از گسل‌های منطقه را نمایش می‌دهد که بر حسب متر طبقه‌بندی شده و از محدوده‌ی نزدیک (۰ تا ۷۸۶۳ متر) تا دورترین فاصله (۳۱۴۵۲ تا ۳۹۳۱۵ متر) گسترش دارد. نواحی نزدیک‌تر به گسل‌ها در معرض خطر بیشتر زلزله و ناپایداری زمین قرار دارند که برای استقرار زیرساخت‌هایی چون پادگان نظامی نامطلوب هستند. در مقابل، نواحی دورتر از گسل از ایمنی لرزه‌ای بالاتری برخوردارند و از منظر پدافندی و پایداری سازه‌ای، گزینه‌های مناسب‌تری برای مکان‌یابی پادگان به‌شمار می‌روند. با توجه به هدف پژوهش، اولویت باید به مناطق با فاصله بیش از ۱۵۷۲۶ متر از گسل‌ها داده شود، زیرا این نواحی ریسک کمتری از لحاظ زمین‌لرزه داشته و قابلیت بهتری برای احداث زیرساخت‌های بلندمدت و امن دارند.



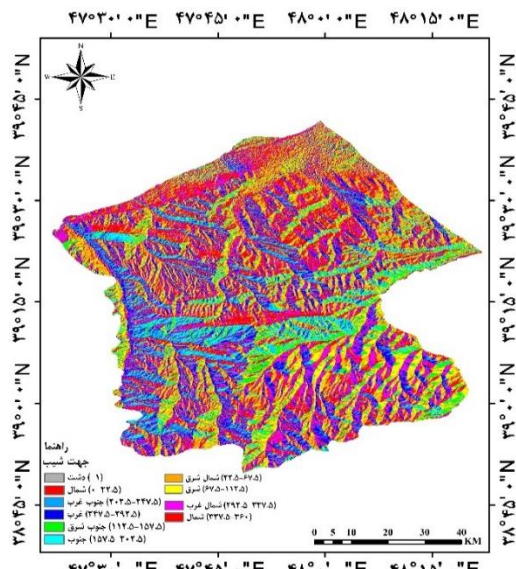
شکل ۶: شیب (بر حسب درجه) (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



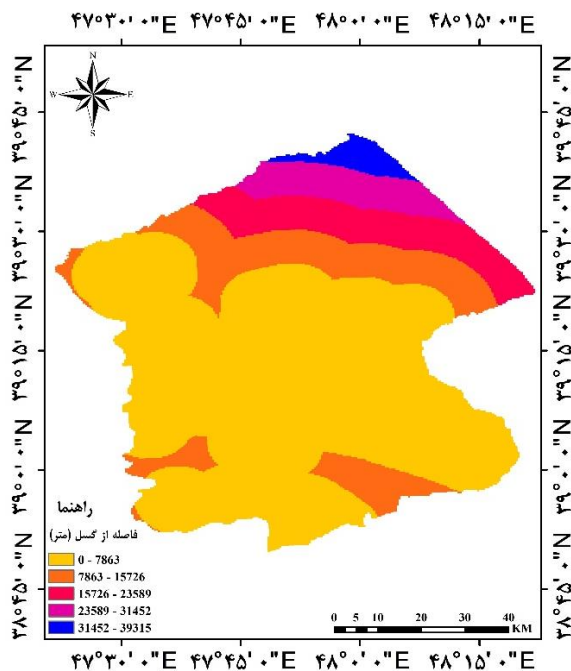
شکل ۵: طبقات ارتفاعی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



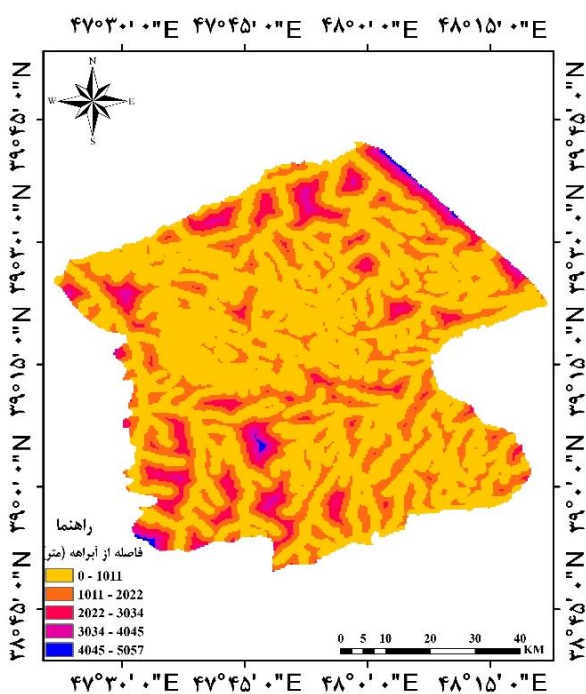
شکل ۸: نقشه پوشش گیاهی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۷: نقشه جهت شیب (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۱۰: نقشه فاصله از گسل (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



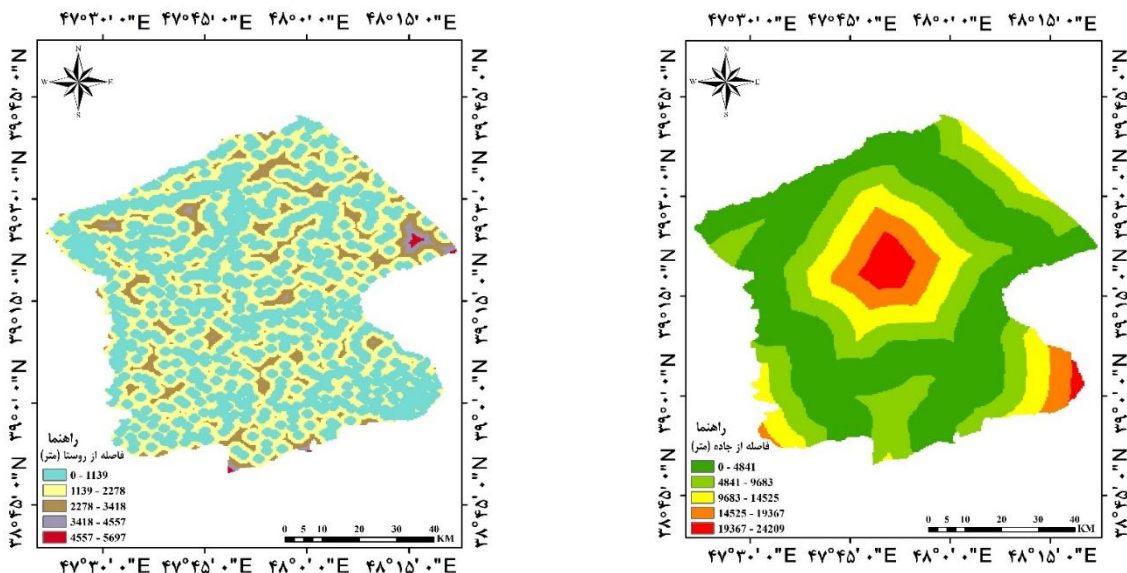
شکل ۹: نقشه فاصله از آبراهه (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

نقشه فاصله از جاده شکل (۱۱)، توزیع مکانی فاصله سطوح مختلف زمین را از نزدیک‌ترین جاده در دشت مغان بر حسب متر نشان می‌دهد و اطلاعات ارزشمندی را در مورد دسترسی به شبکه حمل و نقل جاده‌ای ارائه می‌دهد. با بررسی دقیق نقشه، می‌توان دریافت که مناطق نزدیک به جاده‌ها، دارای فواصل کمتری از جاده هستند (۰ تا ۴۸۴۱ متر)، در حالی که مناطق دورتر، دارای فواصل بیشتری هستند (تا ۲۴۲۰۹ متر). فاصله از جاده به‌طور مستقیم بر دسترسی به خدمات حمل‌ونقل، سهولت جابجایی کالا و افراد، و توسعه اقتصادی منطقه تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال، مناطق نزدیک به جاده‌ها، برای استقرار پادگان‌های پشتیبانی و لجستیکی، تأمین تدارکات و جابجایی نیروها مناسب‌تر هستند. از سوی دیگر، مناطق دورتر از جاده‌ها، گزینه‌های مطلوبی به‌شمار نمی‌روند مگر در صورت نیاز به ملاحظات حفاظتی خاص.

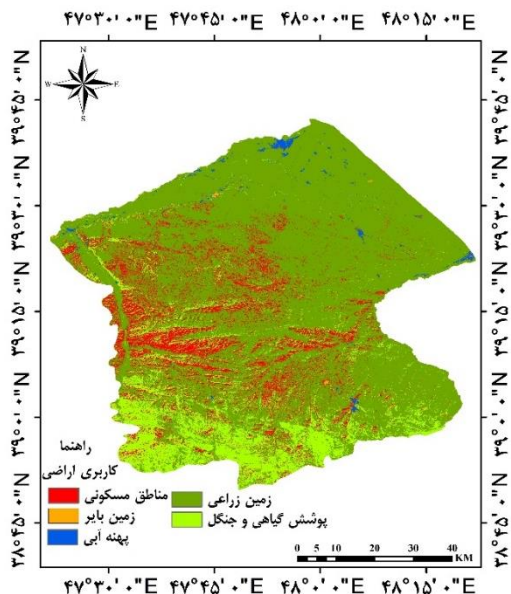
نقشه فاصله از روستاهای دشت مغان شکل (۱۲)، فاصله نقاط مختلف منطقه تا نزدیک‌ترین روستا را در بازه‌ای از ۰ تا ۵۶۹۷ متر نمایش می‌دهد. (نزدیک‌ترین فاصله: ۰ تا ۱۱۳۹ متر) تا (بیش‌ترین فاصله: ۴۵۵۷ تا ۵۶۹۷ متر) به‌وضوح پراکندگی و تراکم روستاها را مشخص می‌سازد. بیشتر سطح منطقه، به‌ویژه نواحی مرکزی و شمالی، در محدوده آبی و زرد قرار دارند که نشان‌دهنده تراکم بالای سکونتگاه‌های روستایی و نزدیکی زیاد به آن‌هاست. در تحلیل مکان‌یابی پادگان نظامی، دوری از مراکز جمعیتی یکی از ملاحظات مهم امنیتی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. استقرار پادگان در مجاورت روستاها می‌تواند منجر به بروز تعارضات با جوامع محلی، ایجاد آلودگی صوتی، یا تهدیدات امنیتی بالقوه شود. بر این اساس، نواحی که فاصله‌ای بیش از ۳۴۰۰ متر از روستاها دارند (مناطق پراکنده‌ای در حواشی جنوب شرقی و شمال شرقی نقشه)، گزینه‌های بهتری برای استقرار پادگان به‌شمار می‌روند، چرا که هم فاصله لازم از سکونتگاه‌های انسانی را دارند و هم از نظر حفظ حریم امنیتی مطلوب‌ترند.

نقشه فاصله از شهر (شکل ۱۳) فاصله نقاط مختلف منطقه تا نزدیک‌ترین شهر را در بازه‌ای از ۰ تا ۳۰۴۸۳ متر (حدود ۳۰ کیلومتر) نمایش می‌دهد. نواحی نزدیک به شهر (۰ تا ۶۰۹۶ متر) و نواحی بسیار دور از شهر (۲۴۳۸۶ تا ۳۰۴۸۳ متر) را نشان می‌دهد. در این نقشه، الگوی شعاعی واضحی از مراکز شهری دیده می‌شود که عمدتاً در سه نقطه مرکزی و پیرامونی منطقه مستقرند و محدوده‌های وسیعی از مرکز نقشه در نواحی دورتر قرار دارند. با توجه به هدف مکان‌یابی پادگان نظامی، فاصله مناسب از شهر به‌منظور کاهش تداخلات امنیتی، اجتماعی و زیست‌محیطی اهمیت دارد. نواحی با (بیش از ۱۸ کیلومتر فاصله از شهر) از این نظر مناسب‌ترند، زیرا هم از آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های شهری دورند و هم حریم ایمنی و حفاظتی لازم را حفظ می‌کنند. بنابراین، مناطق مرکزی و جنوب‌غربی نقشه قرار دارند، گزینه‌های مطلوب‌تری برای استقرار پادگان محسوب می‌شوند.

نقشه کاربری اراضی دشت مغان (شکل ۱۴) با استفاده از پایگاه داده GLC-FCS30D مربوط به سال ۲۰۲۳ در محیط سامانه گوگل ارث انجین و در پنج کلاس زمین زراعی، پوشش گیاهی و جنگل، پهنه آبی، مناطق مسکونی و زمین بایر تهیه شد. با توجه به اینکه نواحی شمالی استان اردبیل که بخش عمده‌ای از دشت مغان را دربر می‌گیرد و عمدتاً دارای اراضی هموار و قابل بهره‌برداری است، نقشه کاربری اراضی نشان می‌دهد که این منطقه عمدتاً به زمین‌های زراعی اختصاص دارد و دارای تراکم نسبتاً بالای فعالیت‌های کشاورزی و پراکندگی سکونتگاه‌های روستایی است. بنابراین، به‌منظور اجتناب از تداخل با اراضی حاصل‌خیز و سکونتگاه‌های انسانی، مکان‌یابی پادگان نظامی در این نواحی باید با دقت و پرهیز از مناطق کشاورزی و مسکونی صورت گیرد. با این حال، وجود لکه‌هایی از زمین‌های بایر در بخش‌های شمال شرقی و مرکزی دشت می‌تواند فرصت مناسبی برای استقرار پادگان فراهم آورد، چرا که این نواحی از تراکم کاربری‌های حساس به‌دور بوده و هم‌زمان از نظر دسترسی و استقرار در مناطق باز و قابل کنترل نیز مناسب به نظر می‌رسند.

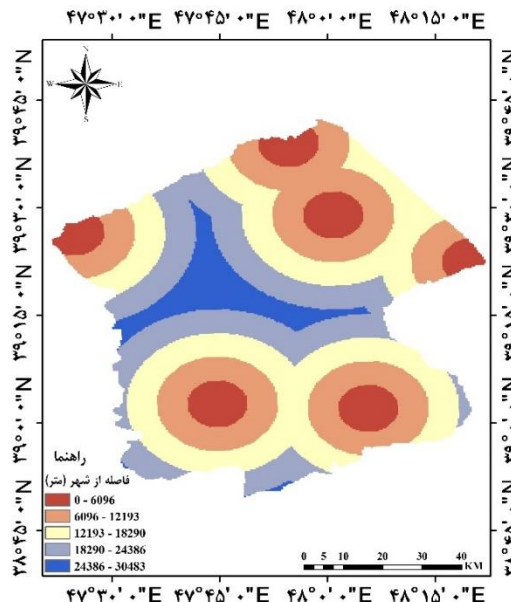


شکل ۱۲: نقشه فاصله از روستا (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۱۴: نقشه کاربری اراضی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

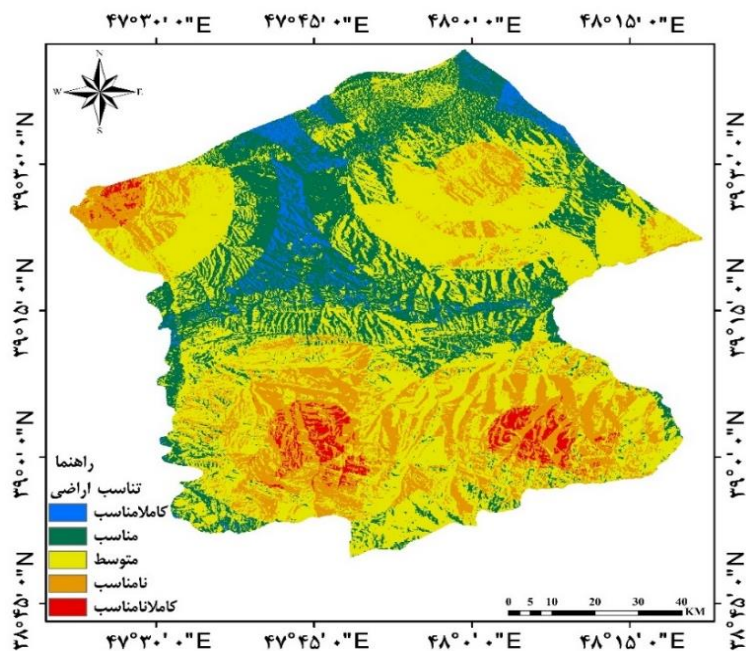
شکل ۱۱: نقشه فاصله از جاده (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۱۳: نقشه فاصله از شهر (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

پهنه‌بندی نهایی با استفاده از مدل جنگل تصادفی (RF):

جهت تهیه نقشه نهایی مکانیابی پادگان‌های نظامی در دشت مغان پس از این که لایه‌های عوامل اقلیمی، ژئومورفولوژی و انسانی در محیط ArcGIS تهیه و تولید شدند تمام این لایه‌ها به‌عنوان داده‌های ورودی مدل جنگل تصادفی در محیط سامانه گوگل ارث انجین فرخوانی شدند. سپس با استفاده از کدنویسی و اعمال تمامی پارامترهای مورد نیاز در نهایت نقشه پهنه‌بندی با استفاده از مدل RF تهیه و تولید شد. در مرحله بعد با فرخوانی مجدد به محیط ArcGIS اقدام خروجی نقشه و تهیه مساحت هریک از پهنه‌ها شد. با توجه به شکل (۱۵) بخش‌های جنوب و جنوب شرقی و بخش‌هایی از شمال غربی دشت، که نشان‌دهنده مناطق کاملاً نامناسب (۱۱۱ کیلومتر مربع) برای استقرار پادگان نظامی است. این مناطق به دلیل عواملی مانند شیب، فاصله زیاد از منابع آبی و جاده‌ها، و نزدیکی به گسل‌های فعال، از تناسب کم‌تری برای این منظور برخوردارند. در مقابل، بخش‌های شمالی و تا حدودی مرکزی دشت، که نشان‌دهنده مناطق کاملاً مناسب (۱۵۸ کیلومترمربع) برای استقرار پادگان نظامی است. این مناطق احتمالاً به دلیل عواملی مانند شیب ملایم، دسترسی آسان به منابع آبی و جاده‌ها، و فاصله مناسب از گسل‌های فعال، از تناسب بیشتری برای این منظور برخوردارند. بخش‌های میانی دشت که نشان‌دهنده مناطق با تناسب متوسط (۲۴۹۸ کیلومترمربع) و نامناسب (۹۲۷ کیلومترمربع) است. این مناطق به دلیل ترکیبی از عوامل مختلف، از تناسب متفاوتی برخوردارند. برای انتخاب مکان مناسب برای استقرار پادگان نظامی، باید به این تفاوت‌ها در تناسب اراضی توجه ویژه‌ای مبذول داشت. در جدول (۱) نیز میزان مساحت و درصد هر یک از پهنه‌های اراضی ارائه شده است. استفاده از مدل جنگل تصادفی در گوگل ارث انجین، امکان تحلیل و ترکیب اطلاعات مربوط به عوامل مختلف را فراهم کرده و به تهیه نقشه‌ای دقیق و جامع از تناسب اراضی دشت مغان منجر شده است. این نقشه نهایی، ابزاری ارزشمند برای تصمیم‌گیری در مورد مکان‌یابی پادگان نظامی در دشت مغان است. با استفاده از این نقشه، می‌توان مناطقی را که از نظر عوامل مختلف، تناسب بیشتری برای استقرار پادگان نظامی دارند، شناسایی کرد و از استقرار پادگان در مناطق نامناسب اجتناب کرد. این امر، به کاهش هزینه‌ها، افزایش کارایی و کاهش خطرات احتمالی کمک می‌کند.



شکل ۱۵: نقشه پهنه‌بندی نهایی تناسب اراضی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۱: مساحت و درصد پهنه‌های تناسب اراضی دشت مغان (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

پهنه‌ها	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت به کل منطقه
کاملاً مناسب	۱۵۸	۳/۱۱
مناسب	۱۳۷۴	۲۷/۱۱
متوسط	۲۴۹۸	۴۹/۲۹
نامناسب	۹۲۷	۱۸/۲۹
کاملاً نامناسب	۱۱۱	۲/۱۹
مجموع	۵۰۶۷	۱۰۰

نتیجه‌گیری

در مکان‌یابی مراکز نظامی توجه به عوامل جغرافیای طبیعی، امری بسیار ضروری است. چراکه جغرافیای طبیعی از دیرباز در مکان‌گزینی، گسترش و توسعه سکونتگاه‌های انسانی نقش تعیین‌کننده‌ای داشته است. ویژگی‌های جغرافیای طبیعی هر منطقه می‌تواند در دسترسی، حوزه نفوذ، مخاطرات و منابع طبیعی مؤثر باشد. از این‌رو، در این پژوهش به منظور مکان‌یابی پهنه پادگان نظامی در دشت مغان واقع در شمال استان اردبیل، از رویکرد ترکیبی سنجش‌ازدور، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و یادگیری ماشین استفاده شد. انتخاب محل مناسب برای پادگان‌های نظامی به دلیل اهمیت بالای مسائل امنیتی، محیطی و اجتماعی، نیازمند تحلیل چندمعیاره دقیق و بهره‌گیری از ابزارهای پیشرفته پردازش داده‌های مکانی است. به همین منظور، ابتدا ۱۳ معیار محیطی و انسانی مؤثر بر مکان‌یابی پادگان‌ها بر پایه مطالعات پیشین، شرایط بومی منطقه و نظرات کارشناسی انتخاب شد. این معیارها شامل:

بارش سالانه، دمای متوسط، تبخیر و تعرق واقعی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی (NDVI)، نوع کاربری اراضی، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از شهر، فاصله از روستا بودند. نتایج حاصل از مدل نشان داد که الگوریتم جنگل تصادفی عملکرد بسیار مطلوبی در طبقه‌بندی مناطق مناسب برای استقرار پادگان داشته است. نقشه نهایی پهنه‌بندی منطقه به پنج کلاس کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب، و کاملاً نامناسب تقسیم شد که در آن بخش‌هایی از نواحی شمالی و شرقی دشت مغان در کلاس بسیار مناسب قرار گرفتند. نتایج این پژوهش با کار سایر محققین از جمله جوان و همکاران (۱۳۹۸)، پاشازاده و همکاران (۱۳۹۷)، داداش‌پور و همکاران (۱۳۹۱) هم‌سو است. به‌طور کلی، این پژوهش نشان داد که استفاده از داده‌های سنجش‌از‌دور و الگوریتم‌های یادگیری ماشین در بستر Google Earth Engine می‌تواند بستری کارآمد و دقیق برای تحلیل فضایی و مکان‌یابی بهینه تأسیسات نظامی فراهم آورد. دقت بالای نتایج، سرعت پردازش و امکان ترکیب شاخص‌های متنوع محیطی از مزایای اصلی این روش است. رویکرد حاضر می‌تواند برای سایر مناطق کشور با شرایط محیطی و اقلیمی مشابه نیز قابل تعمیم باشد و راه‌گشای تصمیم‌گیری‌های راهبردی در حوزه مکان‌یابی نظامی، پدافند غیرعامل و مدیریت سرزمین باشد.

منابع و مأخذ

- ایمانی‌نسب، محسن، و باقری، عبدالرضا (۱۴۰۲). ارزیابی شاخص‌های مکان‌یابی تیپ ۱۱۶ مکانیزه هجومی نزا با رویکرد پدافند غیرعامل. مدیریت سرمایه انسانی دفاعی، ۳(۴)، ۳۴-۷۹. https://jdchm.iamu.ac.ir/article_712892.html
- بافقی‌زاده، محمد، و شریفی، عبدالنبی (۱۴۰۲). مکان‌یابی بهینه مراکز آموزشی را با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سلسله مراتبی (AHP). مطالعات برنامه ریزی آموزشی، ۲۴(۱۲)، ۲۷۲-۲۹۰. 10.22080/eps.2024.25821.2206
- پاسیان، 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
- 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
- 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
- خزایی، صفا، و روستایی حسین‌آبادی، سعید (۱۳۹۵). مکانیابی پناهگاه‌های چندمنظوره شهری با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری تهران). پدافند غیرعامل، ۷(۴)، ۱-۱۲. https://pd.ihu.ac.ir/article_200701.html
- داداش‌پور، هاشم، خدابخش، حمیدرضا، رفیعیان، مجتبی (۱۳۹۱). تحلیل فضایی و مکان‌یابی مراکز اسکان موقت با استفاده از تلفیق فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱، ۱۱۱-۱۳۱. 10.22067/geo.v1i1.16543
- 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)، https://www.srds.ir/article_217273.html
- سلاورزی‌زاده، محمد، و ولی‌پور، پیمان (۱۴۰۳). تحلیلی بر مکانیابی پناهگاه‌های امن شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (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 مکان‌گزینی سایت‌های نظامی شهرستان کبودرآهنگ با کارگری روش‌های 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 برنامه ریزی، ۸۳(۲۷)، ۷۳-۸۴. doi.org/10.22034/gp.2023.10787

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

شیخ‌زاده قهنویه، آسیه، ترکش اصفهانی، مصطفی، بشری، حسین، و سلطانی کوپائی، سعید (۱۴۰۰). بررسی تغییرات گستره جغرافیایی گون زرد تحت سناریوهای تغییر اقلیم با استفاده از روش مدل‌سازی جنگل تصادفی (RF) (مطالعه موردی: استان‌های اصفهان و چهارمحال بختیاری). مرتع، ۱۵(۴)، ۵۸۹-۶۰۲. 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4

صفری نامیوند، مهدی، عبادی‌نژاد، سیدعلی، کاظمی، مهدی، قبادی، یحیی، و یاسمی، صادق (۱۴۰۳). قابلیت‌های نظامی مناطق مرزی بر مبنای پارامترهای محیطی - مطالعه موردی: شهرستان مریوان، اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۱۲۹(۳۳)، ۱۳۹-۱۴۸. doi.org/10.22131/sepehr.2023.1996144.2968

طهماسبی، محمدرضا، شعبانلو، سعید، رجبی، احمد، و یوسفوند، فریبرز (۱۴۰۰). پهنه‌بندی احتمال وقوع سیل با استفاده از بررسی مقایسه‌ای دو مدل شناخته‌شده جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان در شمال ایران. مدیریت آب و آبیاری، ۱۱(۲)، ۲۲۳-۲۳۵. 10.22059/jwim.2021.317527.856

فرامرزی، عباس، و حقیقت‌نابینی، غلامرضا (۱۳۹۲). مکانیابی پناهگاه‌های عمومی با رویکرد پدافند غیرعامل در منطقه ۱۲ شهر تهران، پدافند غیرعامل، ۱۳(۳)، ۲۵-۳۶. https://jms.ihu.ac.ir/article_206108.html

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>

Bayram, V., Barbaros, C., and Hande, Y. (2015). Compromising System and User Interests in Shelter Location and Evacuation Planning. *Transportation Research Part B: Methodological*, 72, 146-163. doi: 10.1016/j.trb.2014.11.010

Benito Garzon, M., Sanchez de Dios, R., & Sainz Ollero, H. (2008). Effects of climate change on the distribution of Iberian tree species. *Applied Vegetation Science*, 11(2): 169-178.

Breiman, L. (2001). Random forest. *Machine learning*, 45(1): 5-32.

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>

Chen, Z., Qiang, L., and Jin, Ch. (2013). The Temporal Hierarchy of Shelters: a Hierarchical Location Model for Earthquake-Shelter Planning. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(8), 1612-1630. doi:10.1080/13658816.2013.763944

Hoang, N.D. Nguyen, Q.L. Bui, D.T. Image Processing-Based Classification of Asphalt Pavement Cracks Using Support Vector Machine Optimized by Artificial Bee Colony. (2018). *J. Comput. Civ. Eng.*, 32; 125-134. DOI: [10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000781](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000781)

Jafarian, Z., & Kargar, M. (2017). Comparison of Random Forest (RF) and Boosting Regression Tree (BRT) For Prediction of Dominant Plant Species Presence in Polour Rangelands, Mazandaran Province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 6(1), 41-55.

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. 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>

Mersha, T. Meten, M. (2020). GIS-based landslide susceptibility mapping and assessment using bivariate statistical methods in Simada area, northwestern Ethiopia. *Geoenvironmental disasters*, 7(1); 1-22. doi.org/10.1186/s40677-020-00155-x

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. DOI: 10.2478/raft-2021-0009

Shakibamanesh, A., and S. J. Hashemi Fesharaky, *Urban Design from the Perspective of Passive Defense*. Tehran: Boustan Hamid. Armanshahr Architecture & Urban Development, 8(14), 145-164. https://www.armanshahrjournal.com/article_33018.html?lang=en

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. 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. and Dizdaroglu, D. (2015), towards prosperous sustainable cities: A multiscalar urban sustainability assessment approach, *Habitat International*, 45, 36- 46. DOI: 10.1016/j.habitatint.2014.06.033