

Research Paper



Study of Hydro-Geomorphological Factors Role in the Ancient Hills Patterns in Maragheh County Using MACBETH and SWARA Models



Lili Asl Mohammadi ¹, Abdullah Behboudi ², Fariba Karami ^{3*}

1- Master's student, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran Email: Liliamo1975@gmail.com

2- PhD graduate, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran Email: behboudi_1354@yahoo.com

3- Professor of Geomorphology, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran Email: fkarami@tabrizu.ac.ir

Keywords

Ancient Hills, SWARA Model, MACBETH Model, Maragheh County, East Azerbaijan.

Received: 2025/01/20

Accepted: 2025/03/08

Published: 2024/10/20

ABSTRACT

Introduction

The study of factors influencing the formation and decline of civilizations requires an analysis of environmental, social, and cultural interactions. Natural factors such as topography, water resources, and geology have played a key role in the settlement of ancient societies, which can be identified through the examination of spatial and temporal patterns of habitation. The historical relics of Maragheh County, as a rich example of pre-Islamic and post-Islamic civilizations with a history spanning over 7,000 years, underscore the significance of natural resources and geographical location in civilizational development. The ancient mounds of this region, ranging from the Paleolithic era to the Ilkhanate period, reflect diverse histories and cultures, necessitating further research and conservation efforts. The lack of comprehensive studies in this field highlights the urgent need for meticulous planning to preserve and better understand this valuable.

Methodology

Maragheh County, covering an area of 2,186 square kilometers, constitutes 4.48% of the total area of the province and ranks 13th among its counties in terms of size. Geographically, it is located between the coordinates 37°00'26" to 37°44'12" N latitude and 46°10'03" to 46°43'09" E longitude. To analyze the distribution patterns of the county's archaeological mounds, their locations were identified based on existing data. For the research objectives, variables such as slope, slope direction, elevation classes, distance from rivers, distance from aqueducts, distance from springs, lithology, soil, and land use were considered. Additionally, geological, pedological, and land-use maps, along with a Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 12.5 meters, were utilized.

The MACBETH and SWARA models were then applied to determine the impact of each criterion, and Geographic Information Systems (GIS) were employed to produce the required maps. These resources were used to explore the relationship between geographical elements and the distribution of ancient settlements, aiming to uncover the connections between environmental factors and archaeological site distribution.

*Correspondin Author: Fariba Karami E-mail: fkarami@tabrizu.ac.ir

How to cite this article: Fariba, K., Asl Mohammadi, L & Behboudi, A. (2025). Study of Hydro-Geomorphological Factors Role in the Ancient Hills Patterns in Maragheh County Using MACBETH and SWARA Models).Hydrogeomorphology, 12(44): 55 – 74

DOI: [10.22034/hyd.2025.65553.1776](https://doi.org/10.22034/hyd.2025.65553.1776)



Copyright: © by the authers

Publisher: University of Tabriz

Results and Discussion

After collecting the SWARA and MACBETH model questionnaires, the necessary analyses were conducted. The results indicate that in both models, elevation classes have the highest weight, while the distance from aqueducts has the lowest. Following the preparation of standardized maps for each criterion and the application of their respective weights, the final output was obtained.

The map derived from the SWARA model reveals that highly suitable and suitable zones comprise 29% and 25% of the region, respectively, while moderately suitable, unsuitable, and highly unsuitable zones account for 16%, 19%, and 9%, respectively. In contrast, the MACBETH model indicates that highly suitable and suitable zones cover 19% and 25%, respectively, while moderately suitable, unsuitable, and highly unsuitable zones constitute 17%, 22%, and 15% of the region.

Validation results show that, in the SWARA model, 51, 19, and 7 of Maragheh's archaeological mounds are located in highly suitable, suitable, and other zones, respectively. In comparison, the MACBETH model's map places 35, 20, and 22 of the archaeological mounds in highly suitable, suitable, and other zones, respectively.

Conclusions

To achieve the research objectives, variables such as slope, slope direction, elevation classes, distance from rivers, distance from aqueducts, distance from springs, lithology, soil, and land use were considered. The impact of each criterion was then determined using the MACBETH and SWARA models. The results from both models revealed that elevation classes, distance from rivers, and slope have the highest weights, while the distance from aqueducts has the lowest.

The analysis of the map produced by the SWARA model indicates that highly suitable and suitable zones account for 29% and 25% of the area, respectively, whereas in the MACBETH model, these zones cover 19% and 25%, respectively. In the SWARA model, 51 archaeological mounds are located in highly suitable and suitable zones, while in the MACBETH model, 35 mounds are found within these zones.

Therefore, it can be concluded that the SWARA model demonstrates better performance than the MACBETH model in this region.

مقاله پژوهشی



بررسی نقش عوامل هیدرو-ژئومورفولوژیکی در الگوی استقرار تپه‌های باستانی شهرستان مراغه با استفاده از مدل‌های SWARA و MACBETH



لی لی اصل محمدی^۲، عبدالله بهبودی^۳، فریبا کرمی^{۱*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. Liliamo1975@gmail.com

۲- دانش آموخته مقطع دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. behboodi_1354@yahoo.com

۳- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. fkarami@tabrizu.ac.ir

چکیده

کلیدواژه‌ها

استقرار جوامع انسانی در سطح زمین همواره در راستای دستیابی به حداکثر منابع طبیعی همچون منابع آبی، پوشش گیاهی مناسب و دسترسی به زمینهای قابل کشت صورت گرفته است. بی‌شک این تلاش بر پایه اصولی است که امروزه به عنوان علم مکان یابی تعبیر می‌شود. هدف اصلی از این پژوهش بررسی نقش عوامل هیدرو - ژئومورفولوژیکی در الگوی استقرار تپه‌های باستانی شهرستان مراغه در استان آذربایجان شرقی است. منطقه مورد مطالعه بین مختصات $37^{\circ} 44' 12''$ تا $37^{\circ} 00' 26''$ عرض شمالی و $46^{\circ} 10' 03''$ تا $43^{\circ} 09' 43''$ طول شرقی قرار دارد. در این پژوهش، از متغیرهای مختلفی شامل توپوگرافی (شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی)، هیدرومورفولوژی (فاصله از رودخانه، قنات و چشمه)، لیتولوژی، خاک و کاربری اراضی بهره گرفته شده است. برای تحلیل این داده‌ها، از مدل‌های SWARA و MACBETH استفاده شده است. براساس نتایج بدست آمده، طبقات ارتفاعی، فاصله از رودخانه و شیب به ترتیب بیشترین و فاصله از قنات کمترین نقش را در توزیع الگوی استقرار تپه‌های باستانی شهرستان مراغه دارد. همچنین نتایج صحت‌سنجی نشان داد که در نتایج مدل SWARA به ترتیب ۵۱، ۱۹ و ۷ مورد از تپه‌های باستانی شهرستان مراغه در پهنه‌های بسیار مساعد، مساعد و سایر پهنه‌ها قرار گرفته‌اند ولی در مدل مکبث به ترتیب ۳۵، ۲۰ و ۲۲ از تپه‌های باستانی در پهنه‌های بسیار مساعد، مساعد و سایر پهنه‌ها مشاهده می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که کارایی مدل SWARA در این منطقه بهتر از مدل MACBETH می‌باشد.

تپه‌های باستانی، مدل
SWARA، مدل MACBETH،
شهرستان مراغه، آذربایجان
شرقی.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۲۸

رجاع به این مقاله: اصل محمدی، لی؛ بهبودی، عبدالله؛ کرمی، فریبا؛ (۱۴۰۳). بررسی نقش عوامل هیدروژئومورفولوژیکی در الگوی استقرار تپه‌های باستانی شهرستان مراغه با استفاده از مدل‌های SWARA و MACBETH. هیدروژئومورفولوژی، ۱۲ (۴۴): ۷۴ - ۵۵.

*نویسنده مسئول: فریبا کرمی
ایانامه: fkarami@tabrizu.ac.ir

شناسه دیجیتال: 10.22034/hyd.2025.65553.1776



Copyright: ©2025 by the authors

Publisher: University of Tabriz

عوامل مؤثر بر استقرار و انحطاط مراکز مهم تمدن‌ها و شناخت دقیق آن‌ها در حیطه علوم مختلفی است که به‌وسیله آن‌ها زمینه‌های ظهور و فروپاشی تمدن‌ها را مطالعه و شناسایی می‌کنند (بیگی پور مطلق و همکاران، ۱۳۹۷). این سکونتگاه‌ها منعکس‌کننده شناخت عوامل محیط طبیعی، ساختن افزارهایی که سازندگان براساس آن نقش و فعالیت داشته‌اند و نهادهای مختلفی که تعامل اجتماعی را کنترل می‌کنند (رستمی و همکاران، ۱۴۰۲). با این حال، تعامل میان روند تکاملی تمدن بشری و محیط آن، الگوهای متنوعی را در مقیاس‌های مکانی-زمانی مختلف به وجود می‌آورد که این امر موجب می‌شود تفاوت‌هایی در عوامل غالب مؤثر بر تکامل فرهنگی نیز مشاهده شود. انتخاب عوامل طبیعی همچون توپوگرافی، منابع آب، شیب‌های آفتابی و شیب کلی زمین توسط مردم باستان، از طریق مطالعه موقعیت سکونتگاه‌ها و توزیع زمانی-مکانی مراکز کاربردی مختلف در درون این سکونتگاه‌ها قابل بررسی است (زو و همکاران^۱، ۲۰۲۳). مطالعه توزیع مکانی و زمانی سکونتگاه‌ها به شناسایی تأثیرات محیط طبیعی (مانند ارتفاع، شیب، رودخانه‌ها و غیره) بر تکامل و توسعه فرهنگی کمک می‌کند که برای بازسازی و تحلیل رابطه انسان و زمین در دوران پیش از تاریخ و بررسی همبستگی میان توسعه فرهنگی سکونتگاه‌ها و محیط اطراف آنها ضروری است (گو و ژو^۲، ۲۰۰۵؛ شو و همکاران^۳، ۲۰۰۷؛ زو و همکاران، ۲۰۲۳). از طرفی منابع آب تحت تأثیر اقلیم، جنس زمین‌شناسی و توپوگرافی می‌باشد و به عنوان یکی از بنیان‌های اساسی در تعیین نظام استقرار به شمار می‌آید. وجود آب در شکل‌گیری سکونتگاه‌های جغرافیایی نقش عمده‌ای ایفا می‌کند (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۶). نقش منابع آب در ایجاد مراکز جمعیتی و توسعه تمدن‌ها امروزه بر کسی پوشیده نیست. تمامی جامعه‌شناسان، تاریخ‌دانان و جغرافیدانان، حاشیه رودخانه‌ها را محل استقرار اولین تمدن‌های بشری دانسته‌اند. تمدن مصر، بین‌النهرین، جیرفت و همه در حوضه رودخانه‌های مهمی چون نیل، دجله و فرات و هلیل‌رود شکل گرفته‌اند (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۶). هر چه دانش فنی انسان در مواجهه با محیط طبیعی پایین بوده است، میزان تأثیرپذیری او بیشتر می‌شده است. این نکته در واقع دیدگاهی میانه‌رو در خصوص تأثیر محیط طبیعی به شمار می‌رود و به افراط‌های جبر محیط و امکان‌گرایی دچار نیست (موسوی کوهپر، ۱۳۹۰). استقرار جوامع انسانی در سطح زمین همواره در راستای دستیابی به حداکثر منابع طبیعی همچون منابع آبی، پوشش گیاهی مناسب و دسترسی به زمینهای قابل کشت صورت گرفته است. بی شک این تلاش بر پایه اصولی است که امروزه به عنوان علم مکان‌یابی تعبیر می‌شود (فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳؛ جعفری و همکاران، ۱۳۹۷). تپه‌های باستانی، از جمله سکونتگاه‌های ابتدایی هستند که صحنه فعالیت انسان‌ها در گذشته‌های دور بوده‌اند. این مکان‌ها ممکن است از بازمانده‌های اردوگاهی موقتی و یا ویرانه‌هایی که از تخریب کامل یا ناقص شهر، ده، قلعه، زیگورات، قبرستان یا هر بنای عظیم دیگری در گذشته حاصل شده باشند. با توجه به اینکه برخی تپه‌های باستانی در ایران ۹ تا ۱۰ هزار سال قدمت دارند؛ به سبب اشتغال پیشینیان به کشاورزی و دامداری و تمایل به یکجانشینی و وابستگی بیشتر آنها به عوامل و شرایط طبیعی، الگوی استقرار فضایی سکونتگاه‌های روستایی، بیشتر به منابع طبیعی گره خورده و در این میان گاهی تأثیر عامل یا عواملی، بیشتر از سایر پارامترها است که باید به آنها توجه نمود؛ به‌طوری که می‌توان به وجود منابع آب، خاک حاصلخیز، پوشش گیاهی و شیب‌زمین اشاره نمود که تأثیر به‌مراتب بیشتری در مکان‌یابی سکونتگاه‌ها در گذشته داشته است. استان آذربایجان شرقی یکی از استان‌های غنی کشور به لحاظ دارا بودن آثار تاریخی، فرهنگی و طبیعی است که برخی از این آثار از جمله روستای تاریخی صخره‌ای کندوان و کاروان‌سراهای تاریخی به ثبت جهانی نیز رسیده است. طبق اعلام سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان آذربایجان شرقی، در این استان بیش از چهار هزار اثر از آثار تاریخی و فرهنگی وجود دارد که ۲۰۷۵ مورد آن در فهرست آثار ملی ثبت شده است. تپه‌های باستانی شهرستان مراغه با قدمت هزاره اول و دوم قبل از میلاد و مربوط به حکومت اشکانی و ساسانی، قرون میانه و متأخر اسلامی است که اکثریت آنها به ثبت

^۱ - Zou et al

^۲ - Gu & Zhu

^۳ - Shu et al

ملی رسیده‌اند. شهرستان مراغه با تمدن ۷۰۰۰ ساله دارای بیش از ۵۰۰ اثر تاریخی و تپه‌های باستانی به یادگار مانده از عصر پارینه سنگی و تمدن پیش و پس از اسلام بوده که تا کنون حدود ۳۰۰ اثر آن در فهرست آثار ملی به ثبت رسیده و جزو ۱۰ شهرستان دارای بافت غنی و تاریخی و فرهنگی محسوب می‌شود. این شهرستان دارای آثاری از دوران‌های قبل و پس از اسلام است؛ اما در قرون ۱۲ تا ۱۴ میلادی دوران رشد و شکوفایی آن است، زمانی که پایتخت سلسله‌های متعدد محلی از جمله اتابکان آذربایجان بوده است و در نهایت مرکز حکومت ایلخانان و پایتخت ایران در آن دوران بوده است. تپه‌های باستانی همواره مورد تراج قاقاچیان آثار باستانی بوده؛ لذا حفاظت از این تپه‌ها که جزو میراث فرهنگی هر کشور می‌باشد توسط متولیان این امر، بسیار ضروری به نظر می‌رسد. همچنین به‌خاطر فقدان و کمبود مطالعات، پژوهش در این زمینه، لازم و ضروری است. پژوهش‌های محدودی در سطح جهان و ایران در ارتباط با تپه‌های باستانی صورت گرفته است که به برخی از آنها اشاره می‌شود.

بینی و همکاران^۱ (۲۰۰۹) زمین‌باستان‌شناسی ساحلی بندر لون^۲ ایتالیا، باصفا و همکاران (۲۰۲۲) در حوضه کشفرد مشهد، زو و همکاران (۲۰۲۳) در منطقه هایدای شمالی چین، و مقصودی و همکاران (۱۳۹۵) در تپه‌های باستانی میمنت‌آباد و مافین‌آباد، صفار و همکاران (۱۳۹۸) سازه‌های آبی دشت شوشان غربی، چنگایی و همکاران (۱۴۰۱) الگوهای توزیع فضایی محوطه‌های باستانی دوران گودین III، به بررسی نقش و تأثیر دسترسی به منابع آبی و تغییرات اقلیمی در روند افول و توسعه سکونتگاه‌های قدیمی پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی و نوسانات منابع آبی تأثیر بسزایی بر پایداری و تداوم این سکونتگاه‌ها داشته است. به‌طور خاص، کاهش یا ناپایداری منابع آبی در برخی مناطق منجر به افول و مهاجرت ساکنان شده، درحالی‌که دسترسی پایدار به آب عاملی کلیدی در شکل‌گیری و توسعه مراکز زیستی و تمدنی بوده است. این مطالعات همچنین بر ضرورت درک ارتباط میان شرایط اقلیمی و پویایی‌های سکونتی تأکید دارند، چراکه تغییرات اقلیمی می‌تواند بر آینده شهرها و روستاهای وابسته به منابع آبی نیز اثرگذار باشد. بیگی پور مطلق و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود بر روی سایت تاریخی بتکی در دشت الشتر استان لرستان، نیکنمی و عسگری (۱۳۹۹) در بررسی محوطه‌های پیش از تاریخی سرفیروزآباد کرمانشاه، و مرادی (۱۴۰۳) در مطالعه الگوی استقرار دشت نیریز استان فارس از دوران ساسانی تا قرون اسلامی، با تأکید بر تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی، به این نتیجه دست یافتند که عوامل محیطی نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری و مکان‌یابی تپه‌های باستانی دارند. بر اساس نتایج مطالعات آن‌ها، مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در مکان‌گزینی این تپه‌ها به ترتیب اهمیت شامل دسترسی به منابع آبی، میزان شیب زمین، و ارتفاع از سطح دریا است. با توجه به یافته‌های این پژوهش‌ها، جوامع گذشته در انتخاب محل‌های سکونتی خود، به‌طور ویژه به منابع آب، که نقشی حیاتی در تأمین نیازهای روزمره، کشاورزی و دامداری داشت، توجه می‌کردند. همچنین، میزان شیب زمین تأثیر مستقیمی بر امکان احداث سکونتگاه‌های پایدار و دسترسی به زمین‌های زراعی داشته است. ارتفاع از سطح دریا نیز به‌عنوان عاملی اثرگذار بر شرایط اقلیمی، امنیت و پایداری استقرارهای انسانی مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش

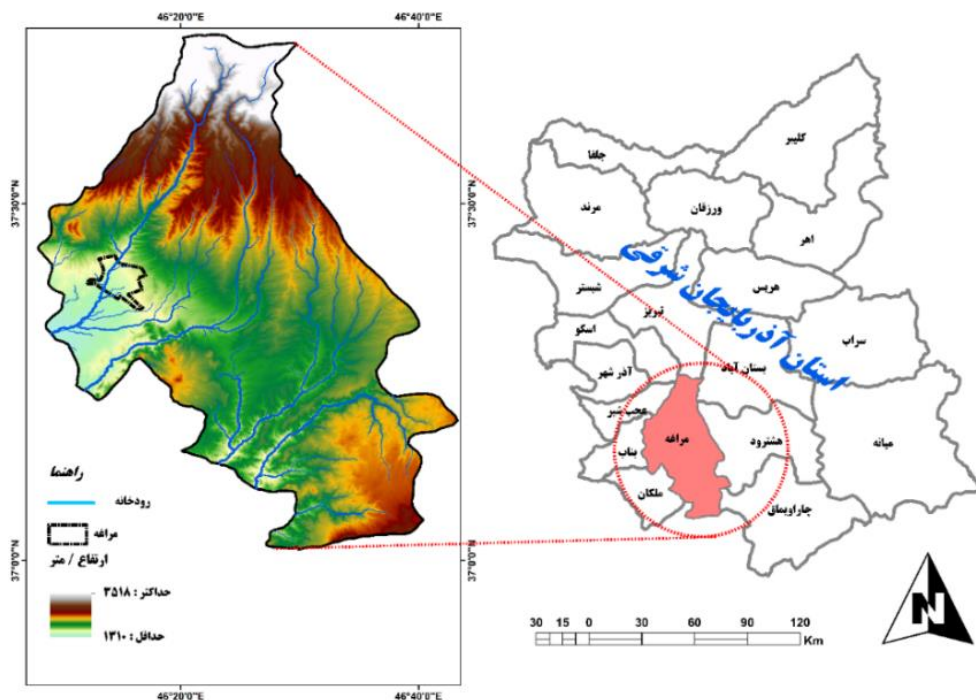
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهرستان مراغه در استان آذربایجان شرقی و در شرق دریاچه ارومیه و بر دامنه جنوبی کوه‌های سهند قرار گرفته و از سمت شرق به شهرستان هشترود محدود می‌شود. این شهرستان با وسعتی معادل ۲۱۸۶ کیلومترمربع، ۴/۴۸ درصد از کل مساحت استان را به خود اختصاص داده است و رتبه سیزدهم را در بین شهرستان‌های استان دارا است. از نظر موقعیت جغرافیایی بین مختصات $37^{\circ} 00' 26''$ تا $37^{\circ} 44' 12''$ عرض شمالی و $46^{\circ} 10' 03''$ تا $46^{\circ} 43' 09''$ طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این شهرستان از دو قسمت

^۱ - Bini et al

^۲ - Lun port

مجزا تشکیل شده است. بخش شمالی که شامل دامنه‌های جنوبی ارتفاعات سهند است، به صورت کوهستانی و ناهموار بوده و بخش مرکزی و جنوبی شهرستان، به صورت دشت می‌باشد. رشته کوه سهند از مهم‌ترین عوارض توپوگرافی شهرستان محسوب می‌شود که دامنه جنوبی این رشته کوه، پیکربندی بخش عمده‌ای از شهرستان را تشکیل می‌دهد. شیب عمومی زمین از شمال به جنوب است و سه رودخانه لیلان‌چای، مردق‌چای و صوفی‌چای، از رودهای مهم این شهرستان می‌باشد. آب‌وهوا در مناطق شمالی این شهرستان معتدل کوهستانی بوده و در جنوب این شهرستان اندکی از سرمای هوا کاسته می‌شود. بر اساس تقسیمات کشوری دارای دو بخش (مرکزی و سراجو) و شش دهستان بوده و جمعیتی بالغ بر ۲۵۰ هزار نفر را در خود جای داده است مرکز آمار ایران (۱۳۹۵).



شکل (۱): موقعیت شهرستان مراغه در استان آذربایجان شرقی

Figure (1): Location of Maragheh County in East Azerbaijan Province

روش پژوهش

داده‌های مورد استفاده

به منظور بررسی توزیع الگوی تپه‌های باستانی شهرستان مراغه، نخست مکان تپه‌های باستانی براساس داده‌های موجود شناسایی شدند (جدول ۱). سپس با بهره‌گیری از مبانی نظری و پیشینه موجود و با استفاده از روش کتابخانه‌ای - اینترنتی، معیارهای مؤثر مشخص گردید و با استفاده از مدل‌های MACBETH و SWARA میزان تأثیر هر یک از معیارها مشخص گردید و به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های مورد نیاز تهیه گردید تا با استناد به این منابع، به شناخت پیوستگی میان عناصر جغرافیایی و توزیع سکونتگاه‌های باستانی پرداخته شود.

جدول (۱): داده ها و نرم افزار های مورد استفاده در پژوهش

Table (1): Data and software used in the research

• نقشه های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور • نقشه خاک منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱/۱۲۵۰۰ سازمان منابع طبیعی و ابخیزداری استان آذربایجان شرقی • نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱/۱۲۵۰۰ سازمان منابع طبیعی و ابخیزداری استان آذربایجان شرقی • مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر برگرفته از وبسایت ناسا • نرم افزار ArcGIS: جهت ایجاد پایگاه داده و ترسیم نقشه ها با خروجی های مختلف • نرم افزار M-MACBETH: جهت وزن دهی پارامترهای مورد استفاده در تحقیق • نرم افزار SWARA: جهت وزن دهی پارامترهای مورد استفاده در تحقیق • الحاقیه Arc Hydro و Arc SWAT برای نرم افزار ArcGIS جهت استخراج شبکه زهکشی • نرم افزار Excel جهت انجام تحلیل های آماری و ترسیم نمودارها	داده ها، نرم افزارها و ابزارها
---	--------------------------------

مدل SWARA

مدل SWARA از مدل های تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM) است و تعیین وزن ها با استفاده از این مدل در دو مرحله صورت می گیرد. مرحله نخست: معیارهای مورد استفاده براساس اهمیتی که دارند به صورت نزولی زیر هم قرار می گیرند و برای تعیین میزان تأثیر هر معیار از روش قضاوت کارشناسی استفاده می گردد. این روش توسط پژوهشگرانی مانند کندال^۱ (۱۹۷۰)، زاوادسکاس و ویلاتین^۲ (۲۰۰۶)، و زاوادسکاس و همکاران (۲۰۰۸، ۲۰۱۰) توسعه یافته و به عنوان یک رویکرد معتبر در تحلیل تصمیم گیری شناخته شده است و همچنین توسط رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۹)، قاسمیان و همکاران (۲۰۲۰) و نوروز زاده (۱۴۰۲) بکار گرفته شده است.

مرحله دوم محاسبه وزن های معیارها: پاسخ دهنده، اهمیت نسبی معیار j را در ارتباط با معیار قبلی ($j - 1$) در نظر می گیرد بنابراین مقدار میانگین S_j از طریق رابطه (۱) بدست می آید:

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n} \quad (1)$$

که در آن n تعداد کارشناسان؛ A_i رتبه های ارائه شده توسط کارشناسان برای هر پارامتر و j نشان دهنده تعداد پارامترها می باشد. مرحله سوم: ضریب K_j از رابطه (۲) به دست می آید:

$$K_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ S_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

مرحله چهارم: وزن دوباره q_j از رابطه (۳) بدست می آید:

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{k_j - 1}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (3)$$

مرحله پنجم: وزن نسبی معیارها به وسیله رابطه (۴) محاسبه می شود:

$$W_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad (4)$$

¹ - Kendall² - Zavadskas & Vilutiene

که در آن W_j وزن نسبی معیار j و n تعداد کل معیارها را نشان می دهد.

مدل MACBETH

مدل MACBETH یا اندازه گیری جذابیت توسط یک تکنیک، ارزیابی مبتنی بر طبقه بندی یک رویکرد تحلیل تصمیم گیری چندمعیاره است که توسط باناکاستا و همکاران^۱ در دهه ۱۹۹۰ معرفی شده است. این روش بر پایه مقایسات زوجی بنا شده است و از مقیاس فاصله ای استفاده می کند. مراحل این مدل به شرح زیر می باشد:

مرحله اول: در این مرحله معیارها و گزینه های مهم شناسایی شده و درخت ارزش^۲ ساخته می شود.
مرحله دوم: گزینه ها و معیارها در ماتریس ارزیابی بر اساس اهمیتی که دارند مرتب می گردند و مقایسات زوجی براساس مقیاس معنایی و عددی از "هیچ" تا "بی نهایت" انجام می شود (کاراند و چاکرا بورتی^۳، ۲۰۱۳).
مرحله سوم: در این مرحله قضاوت های کارشناسی حاصل از مراحل قبلی وارد مدل می گردد. در این مدل $V(X)$ امتیاز گزینه X است. X^+ بیان می کند که حداقل به اندازه گزینه دیگر X جذاب می باشد. X^- بیانگر این است که به همان مقدار برای هر گزینه دیگری از X دارای مطلوبیت است (بانا کاستا^۴ و همکاران، ۲۰۱۲؛ ایشی زاکا و سراج^۵، ۲۰۱۸).

$$Min[V(X^+) - V(X^-)] \quad (5)$$

$$V(X^-) = 0 \text{ (Arbitrary assignment)}$$

$$\forall (X, Y) \in C_0: V(X) - V(Y) = 0 \quad (6)$$

$$\forall (X, Y) \in C_i \cup \dots \cup C_s \text{ with } i, s \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \text{ and } i \leq s: V(X) - V(Y) \geq i \quad (7)$$

$$\forall (X, Y) \in C_i \cup \dots \cup C_s \text{ and } \forall (W, Z) \in C_{i'} \cup \dots \cup C_{s'} \quad (8)$$

$$\text{With } i, s, i', s' \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$i \leq s, i' \leq s' \text{ and } i > s': V(X) - V(Y) \geq V(W) - V(Z) + i - s'$$

در صورتی که برنامه خطی به درستی اجرا نگردد قضاوت ها ناسازگار می شود ولی در صورتی که برنامه اجرا گردد بیانگر سازگاری قضاوت ها است. در چنین مواردی میانگین آنها را به عنوان مقیاس MACBETH در نظر می گیرند. (بانا کاستا و همکاران، ۲۰۰۵).
گام چهارم: تعیین امتیاز کلی گزینه ها با استفاده از روابط (۹-۱۰):

$$V(A_i) = \sum_{j=1}^n W_j (V_j) \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1, \quad W_j > 0 \text{ and } \begin{cases} V_j(A_i^{\text{upper reference level}}) = 100 \\ V_j(A_i^{\text{lower reference level}}) = 0 \end{cases} \quad (10)$$

¹ - Bana e Costa et al

² - value tree

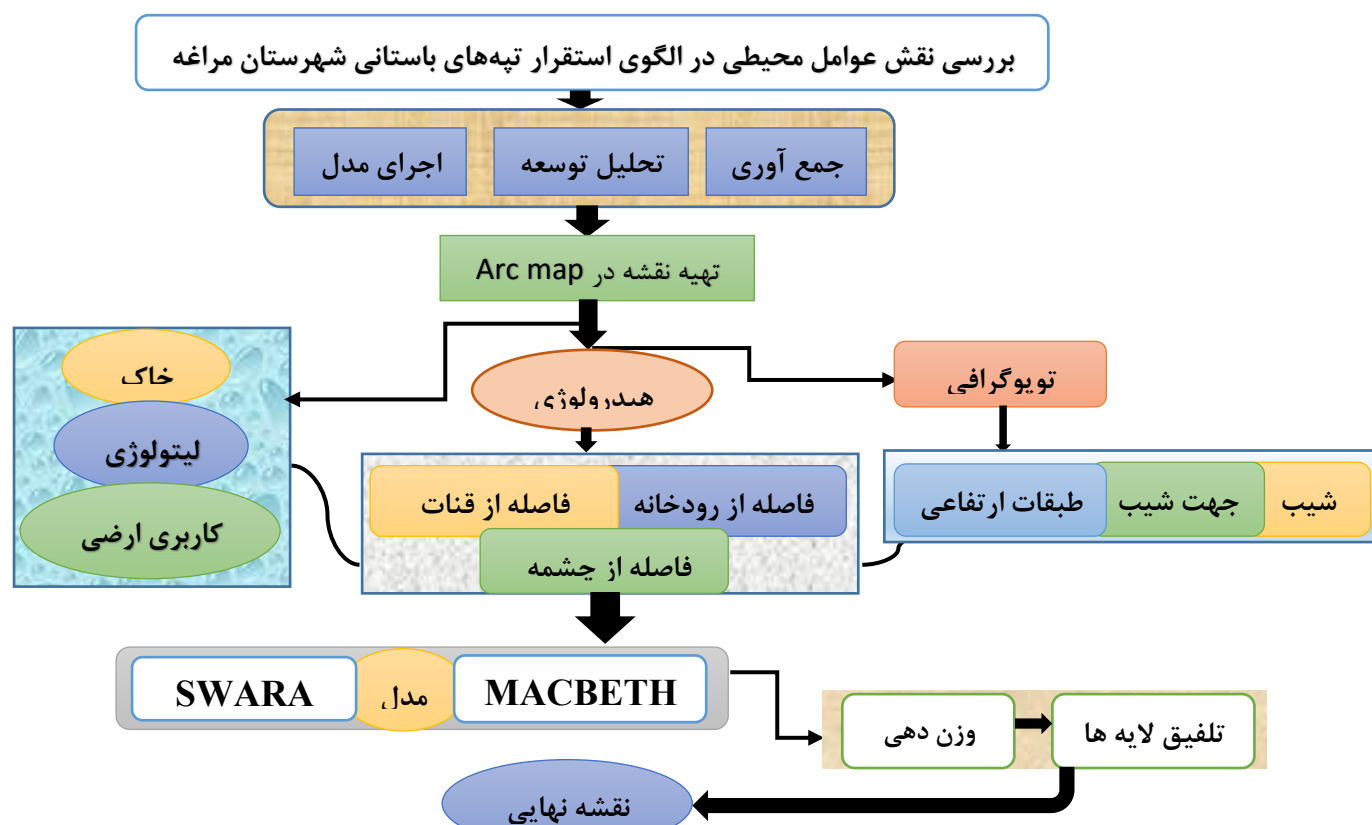
³ - Karande and Chakraborty

⁴ - Bana e Costa

⁵ - Ishizakaa and Siraj

که در آن W_j وزن معیار j^{th} است. در آخر گزینه‌ها طبق مقادیر $V(A_i)$ به صورت نزولی، رتبه می‌گیرند که مرجع بالا ۱۰۰ و مرجع پایین صفر است (بانا کاستا و همکاران، ۲۰۰۵؛ کراند و چاکرابورتی، ۲۰۱۴). در این تحقیق از نرم‌افزار M-MACBETH جهت وزن‌دهی پارامترها بر اساس مدل MACBETH استفاده شده است. به‌منظور بررسی و مطالعه عوامل شکل‌گیری تپه‌های باستانی مراغه از متغیرهای

شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، فاصله از رودخانه، فاصله از قنات، فاصله از چشمه، لیتولوژی، خاک و کاربری اراضی استفاده گردید (شکل ۲).



شکل (۲): فلوچارت پژوهش

Figure (2): Research flowchart

نتایج و بحث

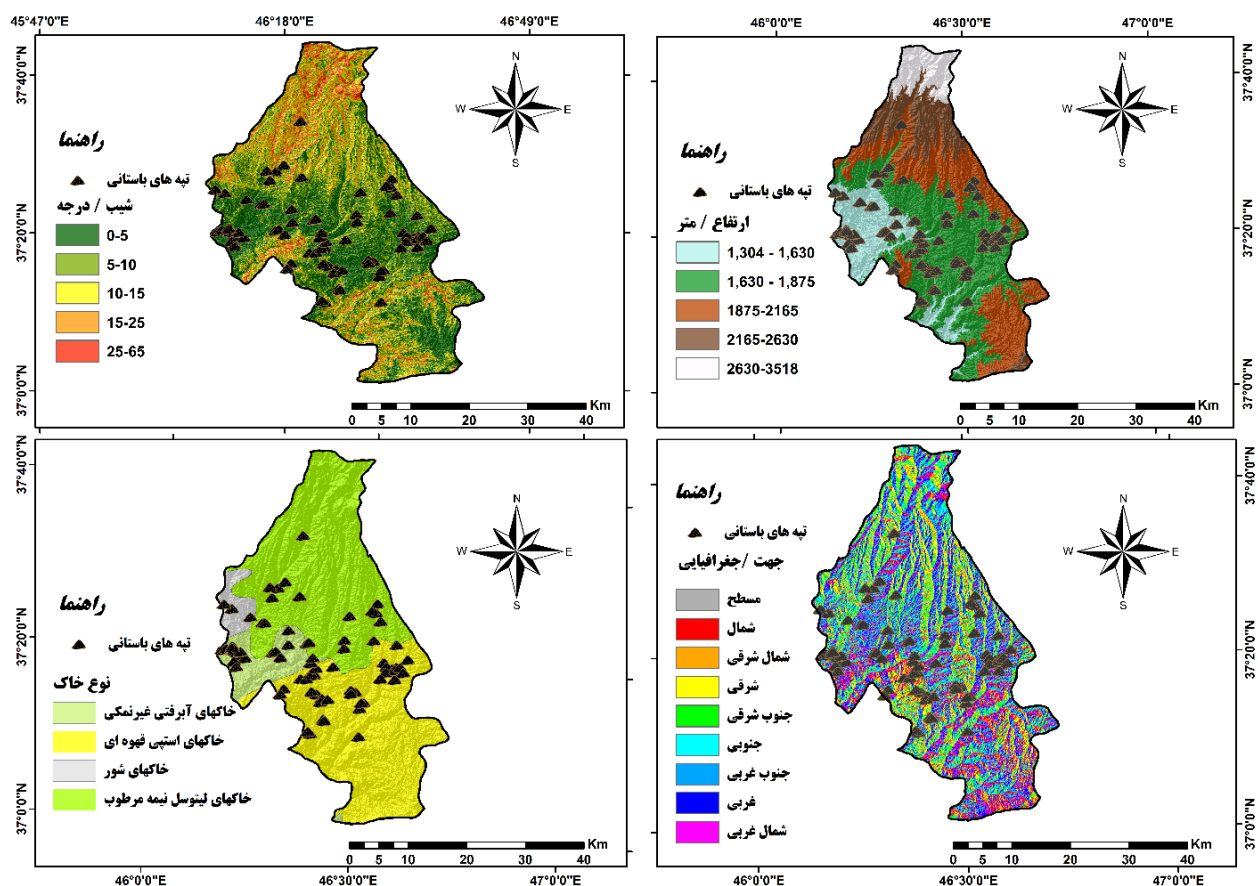
شیب: نحوه توزیع استقرار سکونتگاه‌ها بدون توجه به عامل شیب در کنار ارتفاع امکان‌پذیر نخواهد بود (بهرامی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲). به همین دلیل، در این پژوهش، شیب به‌عنوان یکی از عوامل جغرافیایی مؤثر در تعیین محل استقرار سکونتگاه‌های باستانی در شهرستان مراغه مطالعه شده است. برای این منظور واحدهای عمده شیب منطقه مورد مطالعه در پنج کلاس طبقه‌بندی شد. مشخص گردید که بیش از ۵۰ درصد تپه‌ها در کلاس شیب (۰-۵) درجه قرار گرفته‌اند. در کلاس‌های شیب بالاتر، تپه‌های به مراتب کمتری مشاهده می‌شود. بنابراین، با توجه به این موضوع، مناسب‌ترین شیب برای استقرار تپه‌های باستانی، کلاس شیب (۵-۱۰) درجه است (شکل ۳).

جهت شیب: ذخیره آب در دامنه‌های رو به خورشید کمتر بوده و این عامل مانع رشد پوشش گیاهی می‌شود. این دامنه‌ها با وجود محدودیت‌های موجود، بیشترین نور را در طول روز دریافت می‌کنند و از نظر ایجاد سکونتگاه‌ها، شرایط مطلوبی دارند (بهرامی‌نیا و

همکاران، ۱۳۹۲). شهرستان مراغه در دامنه جنوبی کوه سهند (دامنه رو به خورشید) واقع شده است که عوامل ذکر شده فوق می‌تواند در استقرار تپه‌های باستانی متعدد و پرشمار در این منطقه مؤثر باشد (شکل ۳).

طبقات ارتفاعی: عامل ارتفاع در تنظیم الگوهای معیشتی و فعالیت‌های انسانی نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کند (جعفر بیگلر و همکاران، ۱۳۹۲). در بررسی تپه‌های باستانی شهرستان مراغه مشاهده می‌شود که به جز تپه صادق دوزی که در منطقه کوهستانی و در ارتفاع ۱۹۵۵ متری از سطح تراز دریا واقع است، بقیه تپه‌های باستانی در مناطق کوهپایه و پایکوهی و دشت چسبیده به ارتفاعات سهند استقرار دارند که مؤید مطالب فوق می‌باشد (شکل ۳).

خاک: بررسی (شکل ۳) نشان می‌دهد خاک‌های استپی قهوه‌ای و خاک‌های آبرفتی غیرنمکی و خاک‌های لیتوسل نیمه مرطوب به ترتیب بیشترین میزان تمرکز تپه‌های باستانی را به خود اختصاص داده‌اند. البته استقرار تپه‌های باستانی دو برادران و گنج تپه و تپه حسین الیاسی و تپه کلوند در منطقه دارای خاک‌های شور می‌تواند به وجود عوامل مؤثر مهم‌تری جهت شکل‌گیری این سکونتگاه‌ها اشاره کند که ساکنان، آن عوامل را بر بهره‌گیری از خاک حاصلخیز ترجیح داده و یا به کشت محصولات شورپسند می‌پرداختند.

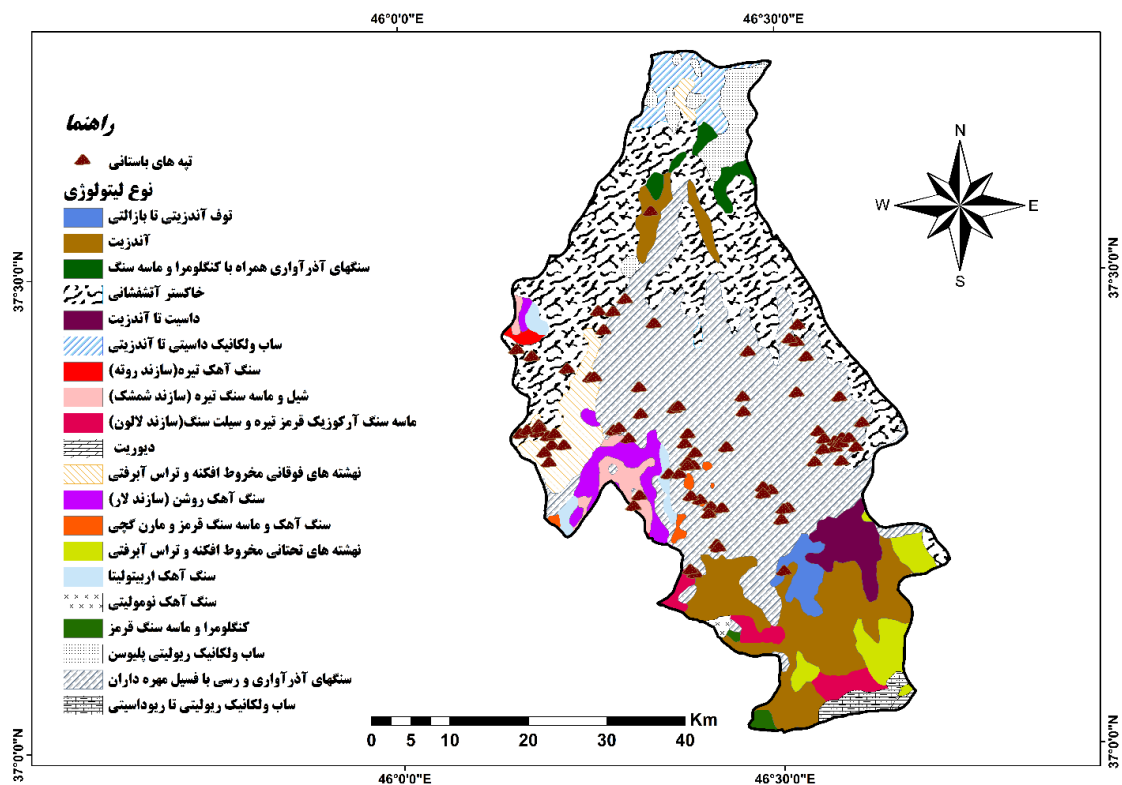


شکل (۳): نقشه استقرار تپه‌های باستانی در روی معیارهای شیب، طبقات ارتفاعی، خاک و جهت شیب در شهرستان مراغه

Figure (3): Map of the location of ancient hills based on slope criteria, elevation classes, soil, and slope direction in Maragheh County.

لیتولوژی: دامنه سهند از سنگ‌های آذرآواری با ترکیب آندزیت - بازالت با سن میوسن تشکیل یافته‌است و توف‌های حاصل از فعالیت آتشفشانی سهند بر روی دامنه‌ها رسوب کرده‌اند که باعث سهل بودن حفاری در این سازندها که دارای میانگین تخلخل بسیار زیاد (۲۵ تا ۴۰ درصد) هستند، می‌شود و به همین واسطه به آن پوک‌سنگ یا کف‌سنگ نیز گفته می‌شود (رازانی و همکاران، ۱۳۹۵). این سنگ‌ها

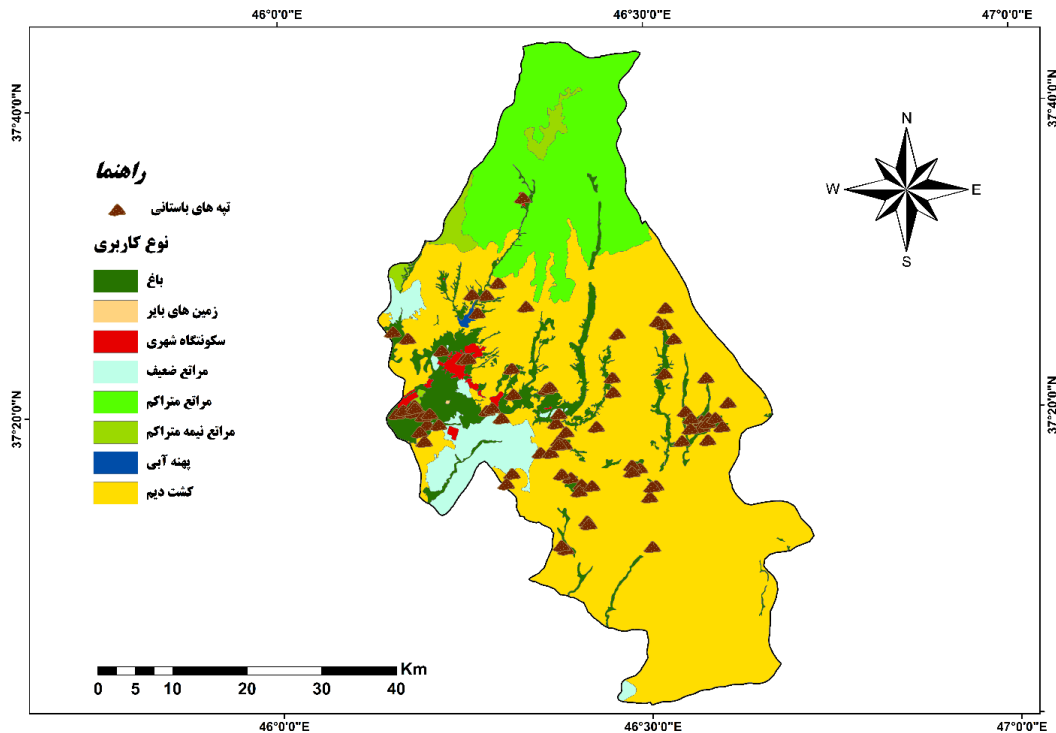
که در اصطلاحات محلی از آن با عنوان "کپیر" نیز یاد می‌شود، از ویژگی‌های سنگ شناسی منطقه جهت استقرار سکونتگاه و یا مقر هر محوطه تاریخی با کاربری‌های مختلف می‌باشد. بررسی و مطالعه نقشه لیتولوژی شهرستان مراغه نشان می‌دهد که ۶۲ درصد از تپه‌های باستانی در مناطقی مشاهد می‌شود که سنگ‌های آذرآواری با ترکیب آندزیت - بازالت با سن میوسن گسترش دارند (شکل ۴).



شکل (۴): نقشه استقرار تپه‌های باستانی در روی معیار لیتولوژی شهرستان مراغه

Figure (4): Map of the location of ancient hills based on the lithological criteria of Maragheh County

کاربری اراضی: بررسی نقشه اراضی، نشان می‌دهد (شکل ۵). که بیشترین تمرکز تپه‌های باستانی شهرستان مراغه در منطقه کوهپایه‌ای و دشت، بر روی زمین‌های با کشت دیم و کشت دیم - باغ می‌باشد. با وجود این که بخش‌های شمالی شهرستان، بر روی دامنه سهند واقع شده است و از مراتع خوب و غنی برخوردار است؛ فقط یک تپه (تپه صادق دوزی) در این منطقه قرار گرفته است و این موضوع نشانگر این واقعیت است که عوامل محدود کننده‌ای همچون ارتفاع زیاد و شیب زمین، علیرغم وجود مراتع غنی نتوانسته توجه ساکنان را در مکان‌یابی برای استقرار سکونتگاه و محوطه‌های تاریخی به خود جلب کند و ممکن است موجب تغییر شغل آن‌ها از دامداری به کشاورزی نیز شده است. همچنین بررسی نقشه کاربری اراضی، نشانگر تمرکز تپه‌های باستانی در اطراف باغ‌ها دارد که دلایل آن روشن است. قابل ذکر است استقرار تعداد چشمگیری از تپه باستانی در اطراف منطقه شهری مراغه که یکی از کهن‌ترین شهرهای شمال غرب ایران است و پس از اسلام نیز، در دوره ایلخانان (دوره تاریخی میانه) برای مدتی به عنوان پایتخت انتخاب شده، نشانگر اهمیت این شهر و جذابیت آن برای استقرار تپه‌های باستانی در کنار سکونتگاه‌های شهری دارد.



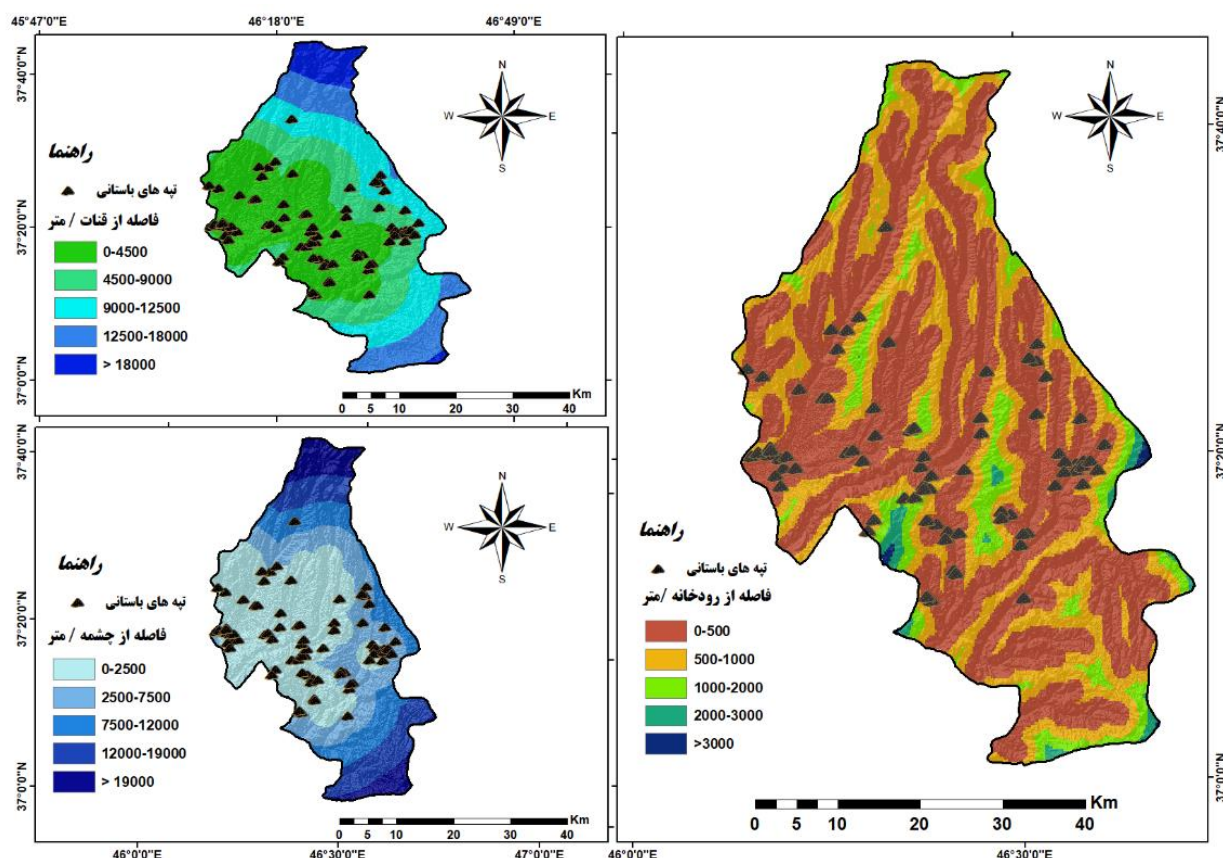
شکل (۵): نقشه استقرار تپه‌های باستانی بر روی معیار کاربری اراضی در شهرستان مراغه

Figure (5): Map of the location of ancient hills based on land use criteria in Maragheh County

فاصله از رودخانه: بررسی نقشه هیدروگرافی و پراکنش تپه‌های باستانی مؤید آن است که همه سکونتگاه‌ها و تپه‌های باستانی شهرستان مراغه با هر کاربری، در کنار منابع آب شکل گرفته و توسعه یافته‌اند. سه رود مهم لیلان‌چای، صوفی‌چای و مردق‌چای، رودهای مهم و اصلی این شهرستان هستند و توزیع تپه‌ها در حاشیه رودهای این شهرستان تقریباً به صورت یکسان بوده است. نقشه شبکه آبراهه‌ها نشان می‌دهد که میان نزدیکی به رودها و افزایش تعداد محوطه‌ها و تپه‌های باستانی، ارتباط مستقیم وجود دارد و هر چه از حریم رودها دورتر می‌شویم از تعداد تپه‌های باستانی کاسته می‌شود (شکل ۶).

فاصله از چشمه: چشمه در واقع تخلیه متمرکز آب زیرزمینی ظاهر شده در سطح زمین است به‌طوری‌که آب در سطح زمین جاری شود. اغلب چشمه‌ها آبدی نوسانی دارند. این نوسان‌ها در واقع پاسخ به تغییرات زمانی هستند و به شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئوکی وابسته‌اند. بررسی نقشه چشمه‌های منطقه و تپه‌های باستانی نشان می‌دهد اغلب، تپه‌های باستانی در فاصله کمتر از ۲۵۰۰ متری چشمه‌ها متمرکز شده‌اند (شکل ۶).

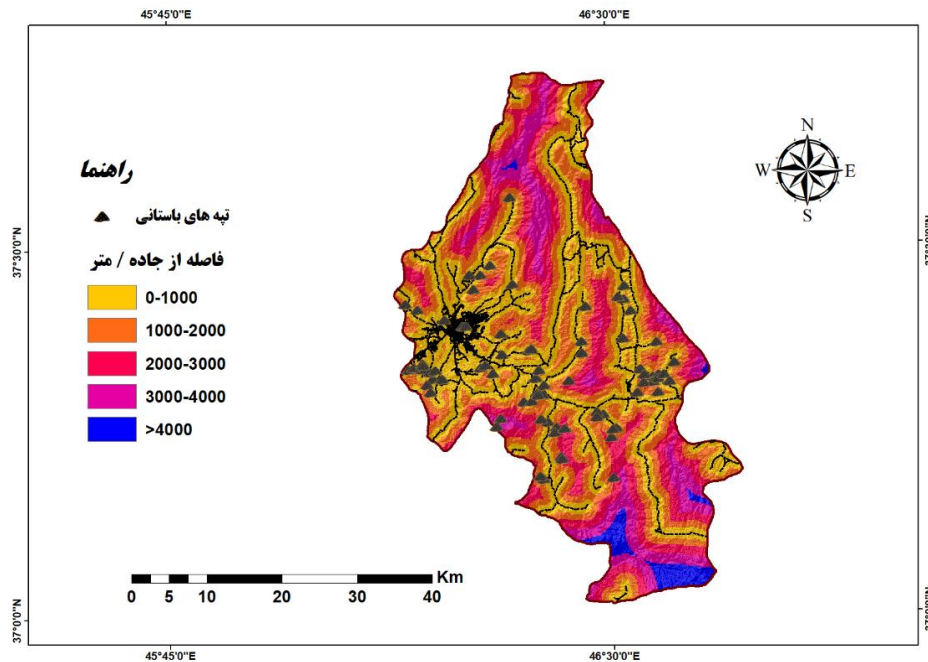
فاصله از قنات: این شبکه تأمین آب در دنیای قدیم به دلایل متنوعی مورد استفاده قرار می‌گرفت. اول این که علی‌رغم سایر روش‌های آبیاری مانند شادوف، چرخ ایرانی (دولاب) و نوريا، قنات به هیچ منبع نیرویی جز نیروی جاذبه برای تداوم جریان نیاز نداشت. دوم اینکه، آب می‌توانست مسافت‌های چشمگیری را در این کانال‌های زیرزمینی با کمترین میزان تبخیر زیرزمینی طی کرده و در صورت نگهداری مناسب این کانال‌ها، تونل‌های نفوذ آب، منبع مطمئنی را برای تأمین آب تا قرن‌ها فراهم سازند. ایرانیان از زمان‌های بسیار قدیم به فکر افتادند که کانال‌ها و تونل‌هایی به‌طرف کوهستان‌های پوشیده از برف حفر کنند تا به آب‌هایی که در نتیجه نزول برف و باران در زمین نفوذ کرده و در بین طبقات غیرقابل نفوذ جمع شده‌اند، دسترسی پیدا کنند در این منطقه نیز قنات‌های زیادی وجود دارد که به‌نظر می‌رسد در تمرکز تپه‌های باستانی شهرستان مراغه مؤثر بوده است (شکل ۶).



شکل (۶): نقشه استقرار تپه های باستانی در روی معیارهای فاصله از قنات، فاصله از چشمه و فاصله از رودخانه

Figure (6): Map of the location of ancient hills based on the criteria of distance from the aqueduct, distance from the spring, and distance from the river.

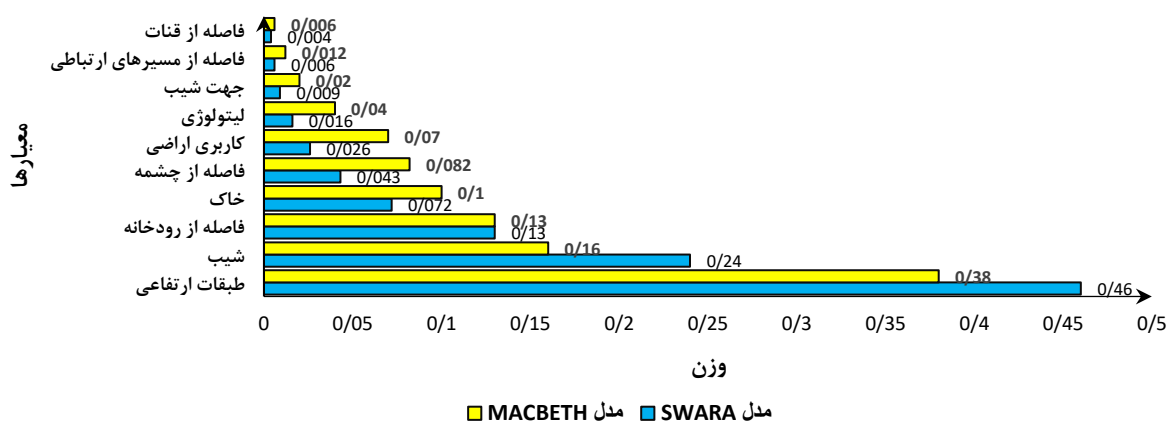
فاصله از راههای ارتباطی: امکان دسترسی راحت و سریع به سایر مراکز جمعیتی همچون روستاها و شهرها از دیرباز مورد توجه انسانها بوده و در مکان گزینی سکونتگاههای قدیمی، نقش اساسی ایفا کرده است. هر چند بسیاری از راههای مواصلاتی که هم اکنون در منطقه مورد مطالعه مشاهده می شوند، در سال های اخیر ایجاد شده اند، اما بررسی دقیق و مقایسه تطبیقی وضعیت موجود با موقعیت قرارگیری سکونتگاه های قدیمی نشانگر این واقعیت است که نقش راههای ارتباطی در ایجاد و پراکنش تپه های باستانی قابل انکار نیست. این امر در وضعیت قرارگیری تپه های باستانی شهرستان مراغه نیز صادق است و موقعیت این مراکز در محدوده یاد شده مؤید تأثیر و اهمیت مسیرهای ارتباطی کهن پیرامون این موضوع می باشد (شکل ۷).



شکل (۷): نقشه استقرار تپه های باستانی در روی معیار فاصله از جاده
Figure (7): Map of the location of ancient hills based on the distance from the road.

پس از جمع آوری پرسش نامه های مدل SWARA و MACBETH، تجزیه و تحلیل های لازم صورت گرفت. نتایج نشان می دهد که در هر دو مدل، طبقات ارتفاعی، بیشترین و فاصله از قنات، کمترین وزن را به خود اختصاص داده است (شکل ۸).

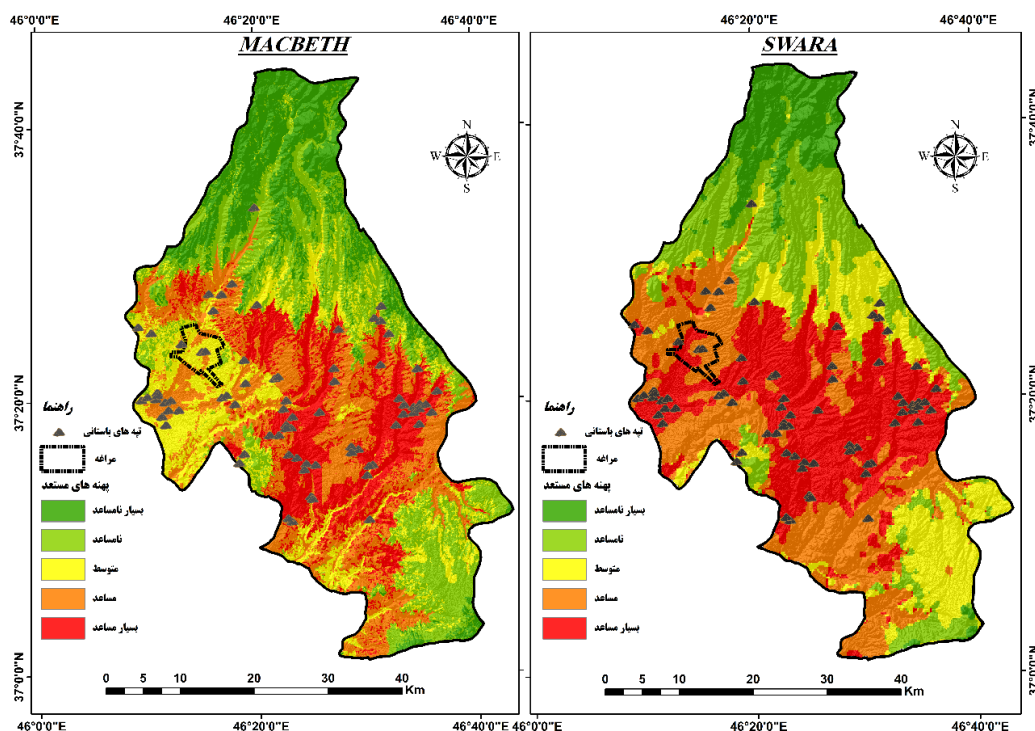
نمودار وزن معیارها



شکل (۸): نمودار وزن معیارهای مؤثر در شکل گیری تپه های باستانی شهرستان مراغه

Figure (8): Weight chart of effective criteria in the formation of ancient hills in Maragheh County

پس از تهیه نقشه های استاندارد شده در رابطه با هریک از معیارهای مورد بررسی تپه های باستانی شهرستان مراغه و اعمال نمودن وزن های مربوطه، خروجی نهایی بدست آمد. در ادامه با توجه به دامنه مقادیر حاصل از مدل نقشه نهایی در محیط نرم افزار Arc Map و با استفاده از دستور طبقه بندی مجدد در پنج کلاس بسیار مساعد تا بسیار نامساعد طبقه بندی گردید (شکل ۹).



شکل (۹): نقشه پهنه های بسیار مساعد و مساعد استقرار تپه های باستانی شهرستان مراغه

Figure (9): Map of highly favorable and favorable areas for the establishment of ancient hills in Maragheh County

بررسی نقشه حاصل از مدل SWARA نشان می دهد پهنه های بسیار مساعد و مساعد، به ترتیب ۲۹ و ۲۵ درصد محدوده مورد مطالعه را تشکیل می دهد و پهنه های متوسط، نامساعد و بسیار نامساعد به ترتیب ۱۶، ۱۹ و ۹ درصد منطقه را تشکیل می دهد در صورتی که این پهنه ها در مدل MACBETH برای مناطق بسیار مساعد و مساعد به ترتیب ۱۹ و ۲۵ درصد است؛ همچنین پهنه متوسط، نامساعد و بسیار نامساعد ۲۲، ۱۷ و ۱۵ درصد می باشد (شکل ۱۰) البته در مقایسه بین نتایج دو مدل بیشترین تفاوت بین پهنه های بسیار مساعد مشاهد می شود در صورتی که بین سایر پهنه ها تفاوت چندانی مشاهده نمی گردد.

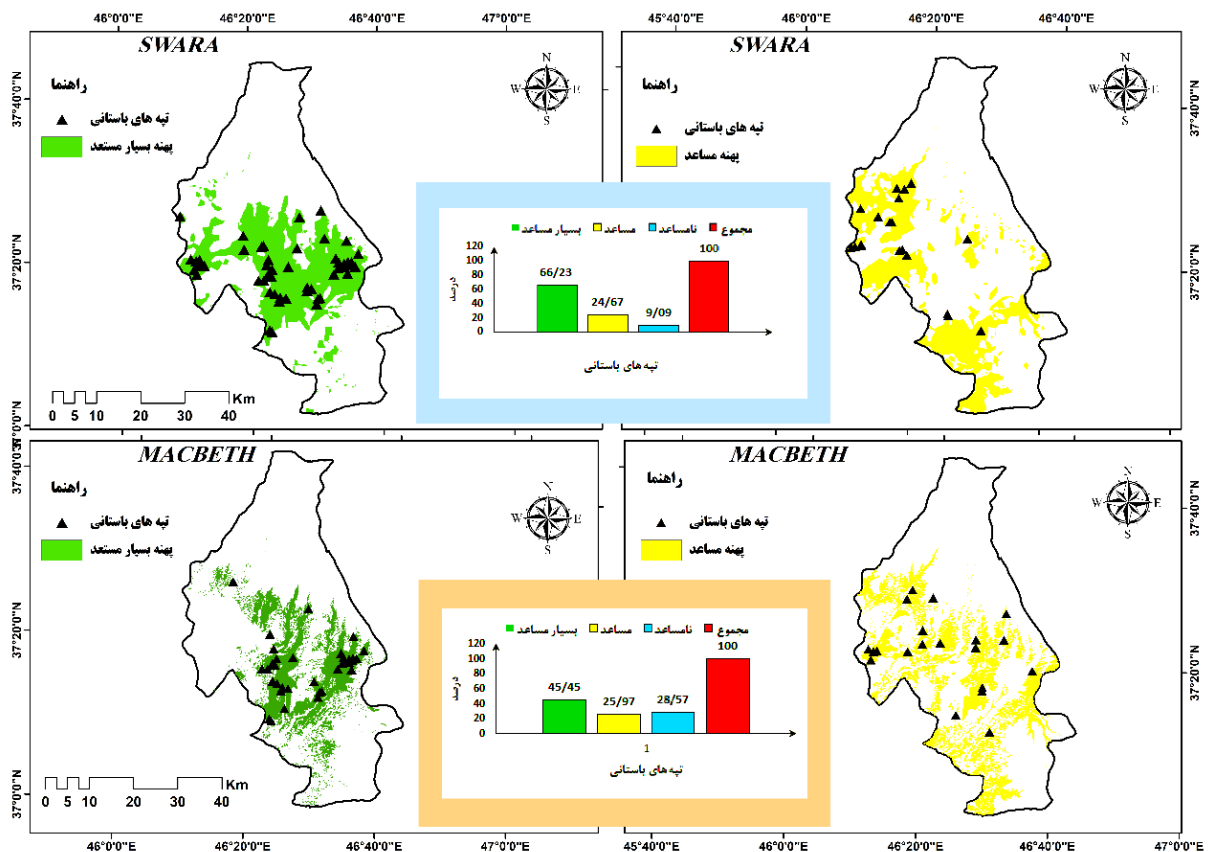


شکل (۱۰): نمودار درصد مساحت پهنه های حاصل از مدل های SWARA و MACBETH

Figure (10): Percentage plot of area of zones resulting from SWARA and MACBETH models

صحت سنجی نتایج مدل های SWARA و MACBETH

برای صحت سنجی نتایج حاصل از مدل های SWARA و MACBETH نخست پهنه های بسیار مساعد و مساعد از نقشه های پهنه بندی جدا گردید و در مقایسه با موقعیت تپه های باستانی مشخص گردید که در نقشه حاصل از مدل SWARA به ترتیب ۵۱، ۱۹ و ۷ مورد از تپه های باستانی شهرستان مراغه در پهنه های بسیار مساعد، مساعد و سایر پهنه ها قرار گرفته اند؛ در حالی که در نقشه حاصل از مدل MACBETH به ترتیب ۳۵، ۲۰ و ۲۲ از تپه های باستانی در پهنه های بسیار مساعد، مساعد و سایر پهنه ها مشاهده می گردد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که کارایی مدل SWARA در این پژوهش بهتر از مدل MACBETH می باشد (شکل ۱۱). در مورد عوامل مؤثر در تپه های باستانی تحقیقات چندانی صورت نگرفته است و پژوهش های انجام گرفته بیشتر به نقش عوامل طبیعی در شکل گیری سکونتگاه های قدیمی اشاره دارند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج بهرامی و همکاران (۱۳۹۶)، مختاری و معزز (۱۳۹۳)، جعفری همکاران (۱۳۹۷)، عفیفی (۱۳۹۷)، بیگی پور مطلق و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد زیرا در نتایج پژوهشگران مذکور بیشتر به نقش عواملی همچون شیب، طبقات ارتفاعی و نزدیکی به رودخانه اشاره شده است که در پژوهش حاضر هم بیشترین وزن به طبقات ارتفاعی، نزدیکی به رودخانه و شیب اختصاص دارد.



شکل (۱۱): نقشه صحت سنجی حاصل از مدل های SWARA و MACBETH

Figure (11): Validation map resulting from SWARA and MACBETH models

نتیجه‌گیری

تپه‌های باستانی، صحنه فعالیت انسانها در گذشته‌های دور و نزدیک‌اند. این مکان‌ها ممکن است از بازمانده‌های اردوگاهی موقتی و یا ویرانه‌هایی که از تخریب کامل یا ناقص شهر، ده، قلعه، زیگورات، قبرستان یا هر بنای عظیم دیگری در گذشته حاصل شده باشند. هدف از این پژوهش بررسی و مطالعه نقش عوامل مؤثر در شکل‌گیری تپه‌های باستانی مراغه بوده است. شهرستان مراغه با تمدن ۷۰۰۰ ساله دارای بیش از ۵۰۰ اثر تاریخی و تپه‌های باستانی است که از عصر پارینه‌سنگی و تمدن پیش و پس از اسلام به یادگار مانده است و تا کنون حدود ۳۰۰ اثر آن در فهرست آثار ملی به ثبت رسیده است. به منظور رسیدن به اهداف پژوهش نخست با مطالعه منابع مختلف متغیرهای شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، فاصله از رودخانه، فاصله از قنات، فاصله از چشمه، لیتولوژی، خاک و کاربری اراضی در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از مدل‌های SWARA و MACBETH میزان تأثیر هر یک از معیارها مشخص گردید. نتایج حاصل از دو مدل مورد استفاده، نشان می‌دهد که طبقات ارتفاعی، فاصله از رودخانه و شیب به ترتیب بیشترین و فاصله از قنات کمترین وزن را دارند. بررسی نقشه حاصل از مدل SWARA نشان می‌دهد که پهنه‌های بسیار مساعد و مساعد به ترتیب ۲۹ و ۲۵ درصد و پهنه‌های متوسط، نامساعد و بسیار نامساعد به ترتیب ۱۶، ۱۹ و ۹ درصد منطقه را به خود اختصاص داده است در حالیکه این پهنه‌ها در مدل MACBETH برای مناطق بسیار مساعد و مساعد به ترتیب ۱۹ و ۲۵ و برای پهنه‌های متوسط، نامساعد و بسیار نامساعد ۱۷، ۲۲ و ۱۵ درصد محاسبه شده است. همچنین نتایج صحت‌سنجی نشان می‌دهد که در نقشه حاصل از مدل SWARA به ترتیب ۵۱، ۱۹ و ۷ مورد از تپه‌های باستانی مراغه در پهنه‌های بسیار مساعد، مساعد و سایر پهنه‌ها قرار گرفته‌اند در صورتی که در نقشه حاصل از مدل مکبث به ترتیب ۳۵، ۲۰ و ۲۲ از تپه‌های باستانی در پهنه‌های بسیار مساعد، مساعد و سایر پهنه‌ها مشاهده می‌گردد. بنابراین می‌توان گفت که کارایی مدل SWARA در این منطقه بهتر از مدل MACBETH می‌باشد.

References

- Afifi, Mohammad Ibrahim. (2018). Analysis of the effect of natural factors on the spatial distribution pattern of urban and rural settlements in Khonj County using GIS. *Human Settlement Planning Studies (Geographical Perspective)*, 13(3 (44th issue), 629-646.
- Bahrami, A., Rezaloo, R., & Aftab, A. (2017). The role of natural factors in the ecological distribution of ancient habitats in Ardabil province. *Geographical Space*, 17(57), 139-157.
- Bahraminia, M., Khosrowzadeh, A., Esmaili J., & Mohammad E. (2013), Analysis of the role of natural factors in the spatial distribution of Neolithic and Copper and Stone sites in Ardal County, *Journal of Archaeological Studies*, Volume 2, No. 2.
- Bana e Costa, C.A., De Corte, J.M., Vansnick, J.C., (2005), On the Mathematical Foundations of MACBETH. *Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, New York: Springer, 409-437.
- Bana e Costa, C.A., De Corte, J.M., Vansnick, J.C., (2012), MACBETH. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 11(2): 359–387.
- Basafa, H., Davari, M. S., & Mousavinia, M. (2022). An Analysis of the Cultural Landscape and Settlement Pattern of the Kashafrud Basin (Mashhad Plain) in the Iron Age. *Iranian Journal of Archaeological Studies*, 12(1), 41-52.

- Beigipourmotlaq, F., Madadi, A., & Jabbari, I. (2018). Investigating the role of geomorphological factors on the establishment and decline of the historical site of Griran in the Ashtar Plain of Lorestan Province. *Geography and Development*, 16(53), 105-124.
- Beigipourmotlaq, F., Madadi, A., & Jabbari, I. (2019). Investigating the role of geomorphological factors on the establishment of the historical site of Bataki in the Ashtar Plain of Lorestan Province. *Geographical Spatial Planning*, 10(36), 91-106.
- Bini, M., Chelli, A., Durante, A. M., Gervasini, L., & Pappalardo, M. (2009). Geoarchaeological sea-level proxies from a silted up harbour: a case study of the Roman colony of Luni (Northern Tyrrhenian Sea, Italy). *Quaternary International*, 206(1-2), 147-157.
- Changaei, M., Akbari Azirani, T., Khalidi, S., & Hassanpour, A. (2012). Revealing the spatial distribution patterns of ancient sites of the Godin III period in relation to climatic and physical factors in the Silakhor Basin, *Quarterly Journal of Spatial Planning and Management*, 26(4), 55-31.
- Fazelnia, G., Hakim Doost, Y., Pourjafarabadi, M. (2014), An analysis of natural factors affecting the distribution and establishment of rural settlements in Sirjan County, *Quarterly Journal of Regional Planning*, Year 4, Issue 16.
- Ghadiri M., Mojtaba, Jafar B., Mansour, B., Zahra & Mousavi, M. (2013). "The role of natural factors in the spatial distribution of rural settlements in Torbat Jam County". *Quarterly Journal of Spatial Economics and Rural Development*, No. 2, 4, pp. 54-33.
- Ghasemian, S. I., Arab, A., & Toufighi, S. P. (2020). Analyzing the barriers of organizational transformation by using fuzzy SWARA.
- Heydarian, M. (2013), Analysis of the role of natural factors in the spatial distribution of prehistoric settlements in the Sonqor Plain, *Iranian Archaeological Research*, Volume 3, No. 4.
- Heydari Dastnaei, M., Mortazavi, M., Shirazi, R., & Khosravi, M. (2017). Human-Environment Interaction: Spatial-Environmental Analysis of Neolithic to Bronze Age Sites in Laran District, Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Archaeological Studies (Faculty of Literature and Humanities, University of Tehran)*, 9(1 (15th issue), 75-92.
- Ishizakaa, A., Siraj, S., (2018), Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. *European Journal of Operational Research*, 264(2): 462–471.
- Jafari, Gholam H., & Jafari, M., (2018), Rural settlements of Zanjan, the role of natural factors in their distribution and establishment, *Journal of Geography Education Development*, Volume 32, Number 3. pp. 14-23.
- Jafari, M., & Estelaji, A. (2014). "The role of natural factors in the spatial arrangement of rural settlements in Mahneshan County". *Quarterly Journal of Geography and Environmental Studies*, Year 3, Issue 10, pp. 39-29.

- Karande, P., Chakraborty, S., (2013), Using MACBETH method for supplier selection in manufacturing environment. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4, 259–272.
- Karande, P., Chakraborty, S., (2014), A facility layout selection model using MACBETH method, *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, January 7–9, Bali, Indonesia.
- Kendall, MG., (1970), Rank correlation methods, 4th edn. Griffin, London.
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of business economics and management*, 11(2), 243-258.
- Maghsoudi, M., Zamanzadeh, Seyed M., Navidfar, A., Mohammadi, A., & Yousefi Zeshk, R. (2016). Study of environmental conditions governing ancient sites with emphasis on river sediment size analysis (Case study: Maymant Abad and Mafin Abad ancient hills). *Quaternary of Iran*, 2(1), 41-51.
- Mokhtari, D., & Moazzez, S. (2014). Investigating the role of effective hydrogeomorphological factors in water supply and settlement location using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method in Miandoab County. *Hydrogeomorphology*, 3(10), 1-19.
- Moradi, H. (2024), Settlement pattern of the Neyriz Plain from the Sassanid period to the late Islamic centuries (Fars Province), *Journal of Archaeology*, 4(1), 101-85.
- Mousavi Kohpar, Seyed M., Heydarian M., Aghayari Hir, M., Vahdati Nasab, H., Khatib Shahidi, H., Neistani, J. (2011), "Analysis of the role of natural factors in the spatial distribution of ancient sites in Mazandaran Province", *Journal of Physical Geography Research*, No. 75, pp. 1-17.
- Niknami, K., & Askarpour, V. (2019). Study of environmental factors affecting the distribution of prehistoric sites in Serfirozabad, Kermanshah using the PCA computational method. *Iranian Archaeological Research (Archaeology Journal)*, 10(25), 53-68.
- Norouzzadeh, A. (1402). Identifying and prioritizing effective indicators in health medical tourism using the SWARA method. *Health and Health of Ardabil*, 14(2), 152-168.
- Razani, M., Emami, Seyed M., Baghban, A. (2016) Classification and analysis of the use of rock architecture on the slopes of the Sahand volcanic mountain in northwestern Iran, *Iranological Research*, Year 6, No. 2.
- Rezaei Moghadam, Mohammad H., Hejazi, Seyyed A., Valizadeh Kamran, K., & Rahimpour, T. (2019). Analyzing the hydrogeomorphic characteristics of the Alandchay watershed in order to prioritize sub-basins in terms of flood susceptibility. *Geography and Environmental Hazards*, 9(33), 61-83.

- Rostami, M., Javanmardzadeh, A., & Saedmushashi, A. (1402). Analysis of the temporal-spatial distribution of Iron Age settlement patterns in Divandarreh County using Geographic Information System (GIS). *Eftar Scientific Journal*, Volume 44(1), pp. 145-167.
- Safari, A., Karam, A., Sardari Zarchi, A., Fattahi, M., & Motamed, R. (2019). Geoarchaeology of the Western Shushan Plain with an Analysis of Water Structures. *Archaeological Research*, 5(1), 17-29.
- Zavadskas, E.K., Vilutiene, T., (2006), A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block's maintenance contractors: I-model for maintenance contractor evaluation and the determination of its selection criteria. *Building and Environment*, 41(5): 621–632.
- Zavadskas, E.K., Ustinovichius, L., Turskis, Z., Shevchenko, G., (2008), Application of verbal methods to multi-attribute comparative analysis of investments risk alternatives in construction. *Comput Model New Technol*, 12(4): 30–37.
- Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Ustinovichius, L., Shevchenko, G., (2010), Attributes weights determining peculiarities in multiple attribute decision making methods. *Economics of Engineering Decisions*, 21(1): 32–43.
- Zou, C., Mao, L., Shan, S., & Mo, D. (2023). Spatiotemporal pattern of Neolithic-Bronze Age settlements and its driving mechanisms in Northern Haidai Region, China: Natural environment, social organization, and subsistence strategies. *Quaternary International*, 658, 48-59.