

Original Research Article

Evaluation of Environmental Conditions Influencing the Establishment of Ancient Settlements (Case Study: Kahak County)

Mojtaba Yamani*¹ , Farkhondeh Moradi²

1. Professor of Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Ph.D. student of Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran



10.22034/GRD.2025.23825.1672

Received:

July 27, 2024

Accepted:

October 26, 2025

Keywords:

Ancient settlements,
environmental parameters,
WLC-ANP, Kahak County

Abstract

The identification and localization of ancient settlements is a key issue in archaeology and cultural heritage management. One of the most effective methods in this field is the analysis and modeling of the relationship between environmental parameters and settlement location using spatial data and geographic information systems (GIS). Accordingly, this study aims to identify areas with high potential for ancient settlement in Kahak County based on environmental parameters. In this research, the main datasets include a 30-meter SRTM digital elevation model, a 1:100,000 geological map, and a layer of known archaeological sites in the region. The main tools used were ArcGIS, TerrSet, and SuperDecisions. A combined WLC-ANP model was applied to identify areas suitable for ancient settlement. According to the results, approximately 403 square kilometers of Kahak County (equivalent to 48.6% of the total area) have very high potential for ancient human settlement due to proximity to water sources such as rivers and springs, as well as favorable natural conditions such as low elevation and slope. The high correspondence between identified archaeological site distribution and high-potential classes (over 94% in the “very high” and “high” categories) indicates the strong accuracy and reliability of the applied model. Based on the obtained results, the applied method demonstrates high accuracy and can be used as a scientific model for identifying and predicting areas suitable for the establishment of ancient settlements.

E-ISSN: 2588-7009 /© 2025. Published by Yazd University. This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Extended Abstract

1. Introduction

The natural environment has played a fundamental role in the decision-making of past humans to choose a place to live. Factors such as access to water resources, soil fertility, land slope, altitude above sea level, proximity to food sources, and accessibility to communication routes are among the most important variables that have been effective in locating human settlements. Examining these factors using spatial models not only helps to reconstruct settlement patterns in the past, but is also useful in designing predictive maps of ancient sites. In recent years, the use of statistical methods and machine learning to model the archaeological potential of different areas has become increasingly popular. By analyzing environmental data and recorded data from known ancient sites, these models are able to predict areas where the likelihood of ancient settlements is high. In addition to saving time and cost of field excavations, these methods allow archaeologists to focus on areas with higher priority. Different areas have different potentials for establishing settlements, depending on their natural conditions and historical background. Among the areas with a long historical background and a density of ancient sites is the city of Kahak in Qom province. Accordingly, the aim of this research is to identify areas susceptible to establishing ancient settlements in Kahak city using environmental parameters and spatial analyses.

2. Research Methodology

In this research, the 30-meter SRTM digital elevation model, 1:100,000 geological map, and the layer of ancient sites identified in the region were used as the most important research data. The most important research tools were ArcGIS, TerrSet, and SuperDecisions. Also, the WLC-ANP integrated model was used in this research to identify areas susceptible to the establishment of ancient settlements. This research was conducted in several stages, in the first stage, the distribution of ancient sites was analyzed in relation to various environmental factors. In the second stage, based on the results obtained from the previous stages and using the WLC-ANP integrated model, the final map of areas susceptible to the establishment of ancient settlements in Kahak County was prepared. In the third stage, in order to verify the results obtained, the distribution status of the sites in the final classified map was evaluated.

3. Results and discussion

The results of the assessment of the distribution of identified sites in the subunits related to the parameters used have shown that 81 and 46 percent of the identified sites are located in the classes less than one kilometer from the river and spring, respectively, and with increasing distance from the river and spring, the density of sites has decreased. In terms of the slope parameter, 60 percent of the identified sites are located in the slope class less than 10 percent, and with increasing slope, the density of sites has decreased. In terms of the height parameter, 38 percent of the identified sites are located in the altitude class of 900 to 1300 meters, and in a general trend, the density of sites has decreased with increasing height. In terms of the lithology parameter, the highest density of identified sites with 27 percent was related to alluvial material units. Also, in terms of the geomorphology unit parameter, 70 percent of the identified sites were related to the alluvial fan unit. According to the results, it can be said that areas near rivers, areas near springs, low-slope and low-altitude areas, northern slope directions, alluvial lithology, and alluvial fan units had the highest density of ancient sites.

4. Conclusion

According to the assessments conducted regarding the potential for establishing ancient settlements in the city of Kahak, the results show that about 403 square kilometers of the city (equivalent to 48.6 percent) had a great potential for establishing human settlements in ancient times due to its proximity to water resources such as rivers and springs, as well as suitable natural conditions such as altitude and low slope. In contrast, 125 square kilometers of the area (equivalent to 15.1 percent) had little potential for such settlements due to its distance from water resources and unsuitable topographic conditions. In order to assess the accuracy of the results of this analysis, the spatial distribution of the identified ancient sites was compared with the potential classes. Accordingly, it was determined that 30 sites (equivalent to 81.1 percent of the total sites) were in the very high potential range and 5 sites (equivalent to 13.5 percent) were in the high potential class. While none of the identified sites fall into the low or very low potential categories. Considering the above, it can be concluded that the analysis method used in this study has high validity and accuracy and can be used as an effective scientific tool to identify and predict areas susceptible to ancient settlements in the Kahak region. These results can pave the way for future archaeological studies and better management of the region's cultural heritage.

مقاله پژوهشی

ارزیابی شرایط محیطی تأثیرگذار در استقرار سکونتگاه‌های باستانی (مطالعه موردی: شهرستان کهک)

مجتبی یمانی^{۱*}، فرخنده مرادی^۲

^۱ استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

^۲ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

doi 10.22034/GRD.2025.23825.1672

چکیده

شناسایی و مکان‌یابی سکونتگاه‌های باستانی یکی از مسائل کلیدی در باستان‌شناسی و مدیریت میراث فرهنگی بود. یکی از مؤثرترین روش‌ها در این زمینه، تحلیل و مدل‌سازی ارتباط بین پارامترهای محیطی و مکان‌یابی سکونتگاه‌ها با بهره‌گیری از داده‌های مکانی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی بود. بر این اساس در این پژوهش بر مبنای پارامترهای محیطی، به شناسایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی در شهرستان کهک پرداخته شد. در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و لایه سایت‌های باستانی شناسایی‌شده در منطقه به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شد. همچنین در این تحقیق از مدل تلفیقی WLC-ANP به‌منظور شناسایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، حدود ۴۰۳ کیلومترمربع از وسعت شهرستان کهک (معادل ۴۸/۶ درصد) به دلیل نزدیکی به منابع آبی همچون رودخانه‌ها و چشمه‌ها، همچنین دارا بودن شرایط طبیعی مناسب نظیر ارتفاع و شیب کم، دارای پتانسیل بسیار زیادی برای استقرار سکونتگاه‌های انسانی در دوران باستان بود. تطابق بالای پراکنش سایت‌های باستانی شناسایی‌شده با کلاس‌های دارای پتانسیل بالا (بیش از ۹۴ درصد در کلاس‌های "خیلی زیاد" و "زیاد")، بیانگر اعتبار و دقت بالای مدل به‌کاررفته در این مطالعه بود. با توجه به نتایج حاصله، روش به‌کاررفته از دقت بالایی برخوردار بود و می‌توانست به‌عنوان الگویی علمی در شناسایی و پیش‌بینی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی مورد استفاده قرار گیرد.

تاریخ دریافت:

۲۴ مهر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش:

۲۴ آبان ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:

سکونتگاه‌های باستانی،
پارامترهای محیطی،
WLC-ANP،
شهرستان کهک

۱ مقدمه

شناسایی و مکان‌یابی سکونتگاه‌های باستانی یکی از مسائل کلیدی در باستان‌شناسی و مدیریت میراث فرهنگی است. از آنجاکه بسیاری از استقرارگاه‌های باستانی در گذر زمان تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی دستخوش تغییر یا نابودی شده‌اند، رویکردهای نوین برای پیش‌بینی محل احتمالی این سکونتگاه‌ها اهمیت فزاینده‌ای یافته‌اند (Wheatley & Gillings, 2002). یکی از مؤثرترین روش‌ها در این زمینه، تحلیل و مدل‌سازی ارتباط بین پارامترهای محیطی و مکان‌یابی سکونتگاه‌ها با بهره‌گیری از داده‌های مکانی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) است (Zheng et al, 2020., Zhang et al, 2025). محیط طبیعی در تصمیم‌گیری انسان‌های گذشته، برای انتخاب محل سکونت نقشی بنیادین داشته است (Guo, 2025). عواملی عوامل گوناگون از جمله دسترسی به منابع آب و

Email: myamani@ut.ac.ir

* نویسنده مسئول: مجتبی یمانی

آدرس: دانشگاه تهران، تهران، ایران.

حاصلخیزی خاک، شیب زمین، ارتفاع از سطح دریا، نزدیکی به منابع غذایی و قابلیت دسترسی به مسیرهای ارتباطی از مهم‌ترین متغیرهایی بوده‌اند که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در مکان‌یابی استقرارهای انسانی اثرگذار بوده‌اند (Kvamme, 1992). انتخاب مکان سکونت نه تنها با نیازهای معیشتی و دفاعی جوامع انسانی پیوند داشته، بلکه بازتابی از تعامل متقابل انسان و محیط طبیعی در طول تاریخ بوده است. از این‌رو بررسی الگوهای استقرار گذشته می‌تواند ابزاری کارآمد برای درک فرآیندهای تاریخی، فرهنگی و محیطی جوامع کهن باشد. مطالعه این عوامل با استفاده از مدل‌های مکانی، نه تنها به بازسازی الگوهای استقرار در گذشته کمک می‌کند، بلکه در طراحی نقشه‌های پیش‌بینی مکان‌های باستانی نیز اهمیت دارد (Balla et al, 2013., Li et al, 2013).

در سال‌های اخیر، به‌ویژه با رشد فناوری‌های سنجش‌ازدور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تحلیل‌های مکانی در مطالعات باستان‌شناسی جایگاه ویژه‌ای یافته است. این ابزارها به پژوهشگران امکان می‌دهند داده‌های محیطی و باستانی را به‌صورت تلفیقی بررسی کرده و روابط میان آن‌ها را آشکار سازند. در همین راستا، استفاده از روش‌های آماری و الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مدل‌سازی پتانسیل باستان‌شناسی مناطق مختلف، به شکل فزاینده‌ای رواج یافته است (Verhagen et al, 2013). این مدل‌ها با تحلیل داده‌های محیطی و داده‌های ثبت‌شده از محوطه‌های شناخته‌شده، قادرند مناطقی را که احتمال وجود استقرارهای باستانی در آن‌ها بالاست، شناسایی کنند. چنین رویکردی افزون بر صرفه‌جویی در زمان و هزینه کاوش‌های میدانی، سبب می‌شود باستان‌شناسان توجه خود را بر مناطقی با اولویت بیشتر متمرکز سازند و از این طریق کارایی پژوهش‌های میدانی افزایش یابد (لیانگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۵). از سوی دیگر، مناطق مختلف بر اساس ویژگی‌های طبیعی و پیشینه تاریخی خود، پتانسیل‌های متفاوتی برای استقرار سکونتگاه‌ها دارند (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ علیانی، ۱۳۹۸). بررسی‌های محلی و منطقه‌ای نشان می‌دهد که در بسیاری از مناطق ایران، نزدیکی به آب، شرایط ژئومورفولوژیک مناسب و قابلیت بهره‌برداری از اراضی کشاورزی از مهم‌ترین معیارهای انتخاب محل سکونت در گذشته بوده است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۲). یکی از مناطق دارای پیشینه تاریخی طولانی و تراکم بالای سایت‌های باستانی، شهرستان کهک در استان قم است. این شهرستان با قرارگیری در مرز واحدهای کوهستانی و برخورداری از شرایط طبیعی متنوع، بستری مساعد برای استقرارهای انسانی فراهم کرده و از این نظر اهمیت مطالعاتی ویژه‌ای دارد. با توجه به این شرایط، مطالعه پراکنش محوطه‌های باستانی شهرستان کهک بر اساس پارامترهای محیطی می‌تواند تصویری روشن از تعامل انسان و محیط در دوره‌های مختلف تاریخی ارائه دهد. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش قادر است به‌عنوان ابزاری علمی در جهت حفاظت از میراث فرهنگی و بهینه‌سازی عملیات باستان‌شناسی مورداستفاده قرار گیرد.

در ارتباط با موضوع مورد مطالعه تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که ازجمله آن‌ها می‌توان به راوی^۲ و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد که به بررسی تأثیر تغییرات شبکه زهکشی، ژئومورفولوژی و فعالیت‌های تکتونیکی بر سکونتگاه‌های باستانی دشت پو در جنوب ایتالیا پرداختند. در این تحقیق از روش‌های میدانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. نتایج این تحقیق بیانگر نقش اصلی پارامترهای محیطی در استقرار سکونتگاه‌های باستانی بوده است. والسون^۳ و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش‌های توصیفی-تحلیلی، به ارزیابی نقش عوامل محیطی در استقرار سکونتگاه‌های باستانی در ایسلند پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که پارامترهای هیدرولوژی، نقش اصلی را در مکان‌یابی سکونتگاه‌ها داشته است. بنجامین^۴ و همکاران (۲۰۱۷) به

¹ Liang

² Ravazzi

³ Valsson

⁴ Benjamin

تحلیل نقش تغییرات سطح اساس دریا بر نواحی سکونتگاهی مناطق مرکزی و شرقی حوضه دریای مدیترانه پرداختند. این تحقیق بر مبنای داده‌های حاصل از نمونه‌برداری و مطالعات کتابخانه‌ای بوده است. نتایج این تحقیق بیانگر تغییرات و جابجایی نواحی سکونتگاهی تحت تأثیر پس‌روی و پیش‌روی دریا بوده است. ورهاگن^۱ (۲۰۱۸) به تحلیل نقش و کاربرد آنالیز مکانی سکونتگاه‌های باستانی در مطالعات باستان‌شناسی پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان داده است که با استفاده از کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌سازی‌های فضایی، محل استقرار سکونتگاه‌های باستانی را شناسایی کرد که این امر نقش مهمی در مطالعات باستان‌شناسی دارد. کاساروتو^۲ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر در استقرار سکونتگاه‌های دوره هلنیستی-رومی پرداختند. شی^۳ و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی عوامل محیطی و اجتماعی مؤثر در توزیع مکانی سکونتگاه‌های باستانی در شمال غرب چین پرداختند. در این تحقیق از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که در بین عوامل محیطی، وضعیت هیدرولوژی مهم‌ترین نقش را در پراکندگی سکونتگاه‌های باستانی داشته است. چانگ^۴ و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی تأثیر عوامل طبیعی در توزیع مکانی سکونتگاه‌های باستانی در حوضه سیچوان چین پرداختند. در این تحقیق با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، توزیع مکانی ۱۱۰ سکونتگاه باستانی مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. در این تحقیق از پارامترهای ارتفاع شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، جنس سنگ و جنس خاک استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که پارامتر فاصله از رودخانه، دارای بیش‌ترین نقش در توزیع نواحی سکونتگاهی بوده است.

در ایران، مقصودی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر شبکه زهکشی بر مکان‌گزینی استقرارگاه‌های پیش‌ازتاریخ پرداختند. در این تحقیق از اطلاعات مربوط به نمونه‌برداری‌های میدانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که محوطه‌های باستانی منطقه، بر روی دشت آبرفتی و در قسمت انتهایی مخروط افکنه کرج واقع شده‌اند. با توجه به نمونه‌گیری‌های انجام شده و تمامی شواهد این احتمال می‌رود که در گذشته، شعبه‌ای از رودخانه، مسیری به‌غیراز مسیر فعلی داشته است و با تغییر مسیر خود استقرارگاه نیز به تبع آن تغییر مکان داده و به مکانی نزدیک‌تر به رودخانه انتقال یافته است. فرخ‌نیا (۱۳۹۵) به بررسی الگوی مکانی محل استقرار سکونتگاه‌های باستانی دشت بسطام شاهرود با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر نقش اصلی پارامترهای طبیعی از جمله شیب و فاصله از رودخانه در استقرار سکونتگاه‌های باستانی بوده است. فریدون‌زاده و تقی‌زاده هیر (۱۳۹۶) به تحلیل عوامل مؤثر در مکان‌گزینی و شکل‌گیری روستاهای تاریخی-مذهبی روستاهای کزج و کلور شهرستان خلخال پرداختند. در این تحقیق از سیستم اطلاعات جغرافیایی و پارامترهای توپوگرافی، هیدرولوژی، اقلیمی و وضعیت خاک استفاده شده است. نتایج این تحقیق بیانگر نقش اصلی پارامترهای محیطی در شکل‌گیری نواحی سکونتگاهی منطقه بوده است. طایفه قهرمانی و همکاران (۱۳۹۸) به تحلیل نقش عوامل جغرافیایی در توزیع فضایی استقرارهای باستانی در حاشیه رودخانه پیغام‌چای کلبر پرداختند. در این تحقیق از سیستم اطلاعات جغرافیایی و معیارهای محیطی از قبیل ارتفاع از سطح دریا، میزان شیب و درصد آن، دسترسی به منابع آب و جنس زمین استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که عوامل محیطی و خصوصاً دسترسی به منابع آب، نقش اصلی را در پراکنش استقرارگاه‌های باستانی داشته است. لباف خانیکی (۱۳۹۹) به بررسی الگوی استقرار دشت نیشابور در دوره

¹ Verhagen² Casarotto³ Shi⁴ Chang

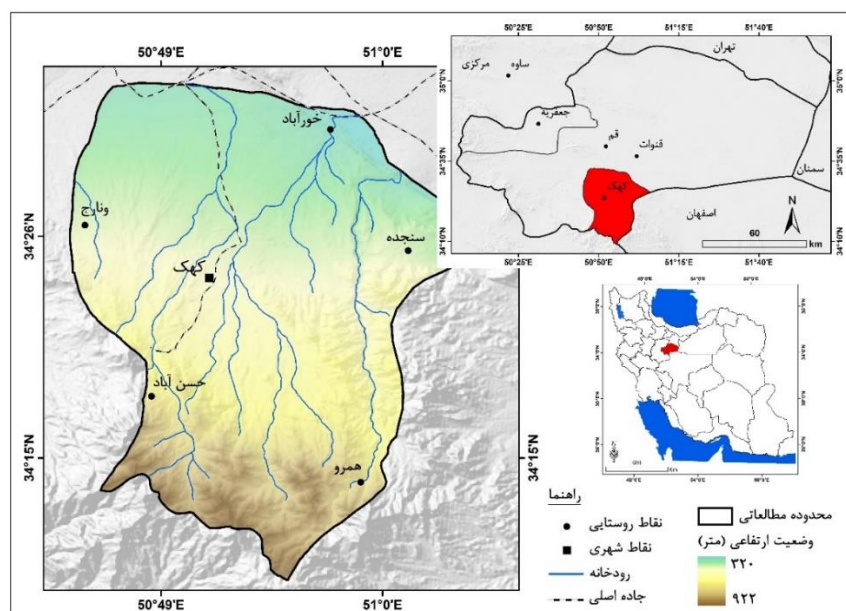
ساسانی پرداخته است. در این از روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است و ۶ پارامتر ارتفاع از سطح دریا، ارتفاع تپه مرکزی، فاصله از رودخانه، فاصله از نزدیک‌ترین محوطه، فاصله از شهر کهن نیشابور و فاصله از رشته‌کوه بینالود استفاده شده است. نتایج این تحقیق بیانگر نقش مستقیم پارامترهای محیطی در استقرار سکونتگاهی باستانی دشت نیشابور بوده است. جولائی و همکاران (۱۴۰۰) به تحلیل نقش عوامل محیط طبیعی در نظام استقرار سکونتگاه‌های باستانی در دشت مهاباد پرداختند. در این تحقیق از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP استفاده شده است. معیارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل دسترسی به منابع آب، ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب زمین، پوشش گیاهی، خاک، کاربری زمین، لندفرم و آب‌وهوا بوده است. بر اساس نتایج به دست آمده، در بین عوامل محیطی، دسترسی به آب و نوع لندفرم، مهم‌ترین نقش را در استقرار سکونتگاه‌های باستانی داشته است. پیره و یمانی (۱۴۰۲) با استفاده از مدل منطق فازی و AHP، به شناسایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی در پیرانشهر پرداختند. در این تحقیق از ۶ پارامتر شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، جنس سنگ و واحدهای ژئومورفولوژی استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که حدود ۶۱ درصد از وسعت این شهرستان، پتانسیل بالایی از نظر استقرار سکونتگاه‌های باستانی داشته است. میرزایی دمیچی و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی الگوی استقرار سکونتگاه‌های باستانی دوزه اشکانی در غرب دریاچه ارومیه پرداختند. در این تحقیق از سیستم اطلاعات جغرافیایی و پارامترهای ارتفاع، فاصله از رودخانه، طبقات اقلیمی، جنس سنگ، فاصله از رودخانه و فاصله از دریاچه ارومیه استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که عواملی چون دسترسی به منابع آب و نوع لیتوژی، نقش اصلی را در استقرار سکونتگاه‌ها داشته است. گنجائیان (۱۴۰۳) به شناسایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی شهرستان سردشت بر مبنای پارامترهای محیطی پرداختند. در این تحقیق از مدل منطق فازی و AHP و همچنین پارامترهای شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، جنس سنگ و واحدهای ژئومورفولوژی استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که مناطق میانی شهرستان سردشت و مجاور شهر ربط به دلیل نزدیکی به رودخانه، ارتفاع و شیب کم و همچنین قرار گرفتن در واحد مواد آبرفتی، پتانسیل بالایی جهت استقرار نواحی سکونتگاهی باستانی داشته است. افخمی و همکاران (۱۴۰۴) به مطالعه نقش عوامل محیطی و جغرافیایی بر مکان‌گزینی محوطه‌های باستانی شهرستان خلخال با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. در این تحقیق از پارامترهای فاصله از منابع آبی، ارتفاع، پوشش گیاهی، فاصله از خطوط ارتباطی، فاصله از نقاط شهری، فاصله از خطوط گسل، نوع خاک و شیب استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که ارتباط مستقیم میان الگوهای استقرار و محوطه‌ها دیده می‌شود و الگوها بر تشکیل استقرارها نقش فراوان داشته‌اند. بیشتر محوطه‌ها در مجاورت و سر راه منابع آبی قرار گرفته‌اند. ولی‌زاده قره‌آغاجی و ملک‌زاده (۱۴۰۴) به مطالعه نقش عوامل محیطی و جغرافیایی در پراکندگی محوطه‌های دوره ماد پرداختند. در این تحقیق از پارامترهای ارتفاع، شیب، جهت شیب، دسترسی به منابع آبی و راه‌های ارتباطی استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داده است که از میان این عوامل، دسترسی به منابع آب سطحی، از مهم‌ترین ویژگی‌ها و معیارهای تأثیرگذار در پراکنش محوطه‌های مادی بوده است.

در راستای تحقیقات پیشین، هدف اصلی این پژوهش ارزیابی و تحلیل عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش سکونتگاه‌های باستانی در شهرستان کهک و تبیین معیارهای انتخاب مکان استقرار توسط جوامع گذشته است. در این راستا، نقش پارامترهای هیدرولوژیک مانند فاصله از رودخانه و چشمه، ویژگی‌های توپوگرافیک شامل شیب، جهت شیب و ارتفاع و همچنین تأثیر جنس سنگ و واحدهای ژئومورفولوژی در الگوهای استقراری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه می‌تواند در درک بهتر رابطه انسان و محیط طبیعی در دوره‌های مختلف تاریخی و همچنین در حفاظت از محوطه‌های باستانی و مدیریت میراث فرهنگی منطقه مؤثر باشد.

۲ مواد و روش‌ها

۲.۱ منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، شهرستان کهک در جنوب استان قم به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شد (شکل ۱). شهرستان کهک با ۸۲۹ کیلومترمربع وسعت، ۲۰۵۵۸ نفر جمعیت دارد (مرکز آمار کشور، ۱۳۹۵). این شهرستان از نظر تقسیمات مورفوتکتونیکی جزء واحد ایران مرکزی محسوب می‌شود. از نظر وضعیت ژئومورفولوژیکی دارای تنوع زیادی است به طوری که بخش زیادی از نیمه جنوبی این شهرستان را واحد کوهستان، مناطق مرکزی آن را واحدهای تپه ماهوری و مناطق جنوبی آن را واحد مخروطه افکنه دربرگرفته است. همچنین از نظر اقلیمی نیز با میانگین ۱۵۹ میلی‌متر بارش، جزء مناطق خشک کشور محسوب می‌شود (زارعی و سلیمانی ساردو، ۱۳۹۷).



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲.۲ روش تحقیق

در این تحقیق از اطلاعات کتابخانه‌ای، مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ (تهیه شده از سازمان زمین‌شناسی کشور) و لایه سایت‌های باستانی شناسایی شده (تهیه شده از پژوهشگاه میراث فرهنگی کشور) در منطقه به عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است (جدول ۱). مهم‌ترین ابزارهای تحقیق، ArcGIS، TerrSet و SuperDecisions بوده است. همچنین در این تحقیق از مدل تلفیقی WLC-ANP به منظور شناسایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی استفاده شده است. این تحقیق در چند مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

مرحله اول (تحلیل پراکنش سایت‌های باستانی در ارتباط با عوامل مختلف محیطی): در این پژوهش به منظور تحلیل پراکنش سایت‌های باستانی، ابتدا لایه موقعیت سایت‌های باستانی شهرستان کهک تهیه شده است (جدول ۱). پس تهیه لایه موقعیت سایت‌ها، به تحلیل ارتباط پراکنش سایت‌های شناسایی شده با عوامل محیطی پرداخته شده است. در این پژوهش ۷ عامل محیطی فاصله از رودخانه؛ فاصله از چشمه، ارتفاع، شیب، جهت

¹ <https://amar.org.ir>

شیب، واحدهای ژئومورفولوژی و لیتولوژی، به عنوان پارامترهای محیطی تأثیرگذار در استقرار سکونتگاه‌های باستانی در نظر گرفته شده است. انتخاب پارامترها بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای (جولائی و همکاران، ۱۴۰۰؛ پیره و یمانی، ۱۴۰۳؛ افخمی و همکاران، ۱۴۰۴)، نظرات کارشناسان (۵ کارشناس ژئومورفولوژی) و وضعیت محیطی منطقه بوده است. لازم به ذکر است که از پارامترهایی استفاده شده که در طی چند هزار سال اخیر با کم‌ترین تغییر مواجه شده‌اند. همچنین با توجه به وسعت کم منطقه و عدم اختلاف قابل‌توجه عناصر اقلیمی، از این پارامترها استفاده نشده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر پارامتر در نرم‌افزار ArcGIS، به ارزیابی وضعیت پراکنش سایت‌های شناسایی شده در طبقات فاصله از رودخانه و چشمه‌های منطقه، طبقات ارتفاعی، شیب و جهات شیب منطقه و همچنین واحدهای ژئومورفولوژی و لیتولوژی منطقه پرداخته شده است.

جدول ۱. نحوه تهیه لایه‌های اطلاعاتی

ردیف	پارامتر	نحوه استانداردسازی
۱	فاصله از رودخانه	تهیه شده بر اساس مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM
۲	فاصله از چشمه	تهیه شده از سازمان آب و منطقه‌ای استان قم
۳	ارتفاع	تهیه شده بر اساس مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM
۴	شیب	تهیه شده بر اساس مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM
۵	جهت شیب	تهیه شده بر اساس مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM
۶	واحدهای ژئومورفولوژی	تهیه شده بر اساس تصاویر گوگل ارث
۷	لیتولوژی	تهیه شده بر اساس مدل رقومی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور

مرحله دوم (شناسایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی): در این مرحله به منظور شناسایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی، از نتایج مرحله قبل استفاده شده است. روش کار به این صورت بوده است که ابتدا بر مبنای تعداد سایت‌های شناسایی شده در هر طبقه، لایه‌های اطلاعاتی به صورت درون لایه‌ای وزن دهی شده و سپس بر مبنای آن‌ها، لایه‌ها استانداردسازی شده است. به منظور استانداردسازی لایه‌ها، از روش منطق فازی استفاده شده است. در منطق کلاسیک درجه عضویت برای همه اجزا در گروه یک قرار دارد و تمام اجزا ارزش مشابهی برای سیستم دارد به عبارت دیگر در منطق بولین، عضویت یک عنصر در یک مجموعه به صورت صفر (عدم عضویت) و یک (عضویت) بیان می‌شود؛ اما در منطق فازی، قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقدار در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می‌شود (رابطه ۱):

$$A = \{x_1, \mu_A(x) | x \in X\} \quad 0 \leq \mu_A(x) \leq 1 \quad \text{رابطه ۱:}$$

درجه عضویت‌پذیری، اجتماع و اشتراک، متمم، ضرب، جمع، گاما توان‌های اساسی این مدل تلفیق محسوب می‌شوند. درجه عضویت معمولاً با یک تابع عضویت بیان می‌شود که شکل تابع می‌تواند به صورت خطی، غیرخطی، پیوسته و یا ناپیوسته باشد (لی^۱، ۲۰۰۷).

با توجه به اینکه، در لایه واحدهای ژئومورفولوژی و لیتولوژی، به ترتیب واحدهای مخروطه افکنه و مواد آبرفتی دارای بیش‌ترین تعداد سایت بوده است، بنابراین به این واحدها ارزش نزدیک ۱ داده شده است. همچنین با توجه به اینکه مناطق کم ارتفاع، کم شیب، نزدیک به رودخانه و نزدیک به چشمه، دارای بالاترین تراکم سایت‌ها بوده است، به این مناطق ارزش نزدیک ۱ داده شده است (جدول ۲).

¹ Lee

جدول ۲. نحوه استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی

ردیف	پارامتر	نحوه استانداردسازی	تابع فازی
۱	فاصله از رودخانه	به مناطق نزدیک رودخانه، ارزش نزدیک ۱ و به مناطق دور از رودخانه، ارزش نزدیک صفر داده شد.	خطی پیوسته معکوس
۲	فاصله از چشمه	به مناطق نزدیک چشمه، ارزش نزدیک ۱ و به مناطق دور از چشمه، ارزش نزدیک صفر داده شد.	خطی پیوسته معکوس
۳	ارتفاع	به مناطق کم ارتفاع، ارزش نزدیک ۱ و به مناطق دور مرتفع، ارزش نزدیک صفر داده شد.	خطی پیوسته معکوس
۴	شیب	به مناطق با شیب زیاد، ارزش نزدیک ۱ و به مناطق با شیب کم، ارزش نزدیک صفر داده شد.	خطی پیوسته معکوس
۵	جهت شیب	به جهات شیب شمالی، ارزش نزدیک ۱ و به جهات شیب جنوبی، ارزش نزدیک صفر داده شد.	طبقه‌ای گسسته
۶	واحد‌های ژئومورفولوژی	به واحد مخروطه‌افکنه، ارزش نزدیک ۱ و به واحد دشت سیلابی، ارزش نزدیک صفر داده شد.	طبقه‌ای گسسته
۷	لیتولوژی	به واحد مواد آبرفتی، ارزش نزدیک ۱ و به واحد گرانیت و دیوریت، ارزش نزدیک صفر داده شد.	طبقه‌ای گسسته

پس از استانداردسازی لایه‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SuperDecisions و مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP^۱) و همچنین بر مبنای نظرات کارشناسان (۵ کارشناس ژئومورفولوژی)، به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شده است و سپس وزن به‌دست‌آمده بر روی هر لایه اعمال شده است. فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) هر مسئله یا موضوع را به‌عنوان شبکه‌ای از عناصر شامل معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در نظر می‌گیرد که این عناصر در خوشه‌هایی گروه‌بندی شده‌اند. در این شبکه، همه عناصر می‌توانند به هر شکل با یکدیگر ارتباط داشته باشند. به‌عبارت دیگر، در ANP امکان وجود بازخورد و تعامل متقابل بین عناصر و خوشه‌ها وجود دارد (کارلوسی و اسچیوما^۲، ۲۰۰۸)؛ بنابراین، ANP را می‌توان از دو بخش اصلی تشکیل شده دانست:

۱. **سلسله‌مراتب کنترلی:** شامل ارتباط بین هدف، معیارها و زیرمعیارها است و بر ارتباط درونی سیستم تأثیر می‌گذارد.

۲. **ارتباط شبکه‌ای:** وابستگی‌ها و تعاملات بین عناصر و خوشه‌ها را نشان می‌دهد (ساعتی^۳، ۱۹۹۹).

این ویژگی ANP، امکان در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر را فراهم می‌کند و در نتیجه نگرشی دقیق‌تر نسبت به مسائل پیچیده ارائه می‌دهد. همچنین، در این مدل، تأثیر هر عنصر بر سایر عناصر شبکه از طریق یک سوپر‌ماتریس محاسبه و در نظر گرفته می‌شود (زبردست، ۱۳۸۹).

پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار TerrSet شده است و سپس با استفاده از عملگر WLC با هم ترکیب شده و به این صورت نقشه نهایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی در شهرستان کهک تهیه شده است.

روش ترکیب خطی وزنی (WLC) یکی از پرکاربردترین روش‌ها در تحلیل چندمعیاره مکانی (MCE) برای طبقه‌بندی و ارزیابی مناسب‌سازی اراضی است (تابش و همکاران، ۱۳۹۹). در این روش، هر معیار با یک وزن مشخص نشان‌دهنده اهمیت آن در تصمیم‌گیری ترکیب می‌شود و برای هر واحد مکانی یک امتیاز نهایی مناسب‌سازی

¹ Analytic Network Process

² Carlucci & Schiuma

³ Saaty

محاسبه می‌گردد. ابتدا معیارها به مقادیر نرمال شده یا مقادیر عضویت فازی تبدیل می‌شوند تا در یک مقیاس قابل‌مقایسه قرار گیرند، سپس با وزن‌ها ترکیب می‌شوند. روش WLC مطابق رابطه ۲ محاسبه می‌شود (Ganjaeian et al., 2021., Mostafa et al, 2022):

$$S = \sum wtx_i \quad \text{رابطه ۲:}$$

در این معادله S معرف، x_i تناسب زمین، w_i وزن فاکتور i ام و x_i معرف محدودیت i ام است. روش WLC به دلیل سادگی و قابلیت ترکیب با منطق فازی برای مدل‌سازی عدم قطعیت، یکی از محبوب‌ترین روش‌ها در GIS و تصمیم‌گیری مکانی به شمار می‌رود. با استفاده از این روش، می‌توان وابستگی‌های متقابل بین معیارها و تأثیر هر معیار بر تصمیم نهایی را به‌راحتی در نظر گرفت (Solaimani et al, 2023).

مرحله سوم (صحت‌سنجی نتایج): در این مرحله به‌منظور صحت‌سنجی نتایج به‌دست‌آمده، وضعیت پراکنش سایت‌ها در نقشه نهایی طبقه‌بندی‌شده ارزیابی شده است.

۳ بحث و نتایج

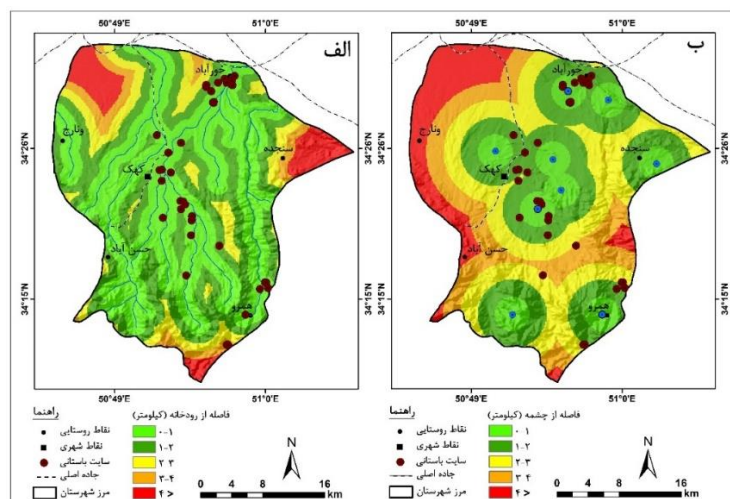
۳/۱ تحلیل پراکنش سایت‌های باستانی در ارتباط با عوامل مختلف محیطی

به‌منظور ارزیابی تأثیرگذاری پارامترهای محیطی در پراکنش سایت‌های باستانی، ابتدا موقعیت ۳۷ سایت شناسایی شد. نتایج آنالیز پراکنش سایت‌های شناسایی‌شده از نظر تقسیمات دوره‌ای بیانگر این بود که ۲ سایت مربوط به عصر فلز، ۲۵ سایت مربوط به دوره تاریخی و ۱۰ سایت مربوط به دوره اسلامی بوده است (جدول ۳). پس از شناسایی سایت‌های موردنظر، به بررسی وضعیت پراکنش سایت‌های شناسایی‌شده در زیر واحدهای مربوط به هرکدام از پارامترها پرداخته شد. در ادامه به تشریح پارامترها و همچنین وضعیت پراکنش سایت‌ها در هرکدام از زیر واحدهای آن‌ها پرداخته شده است:

جدول ۳. وضعیت پراکنش محوطه‌های شناسایی‌شده از نظر تقسیمات دوره‌ای

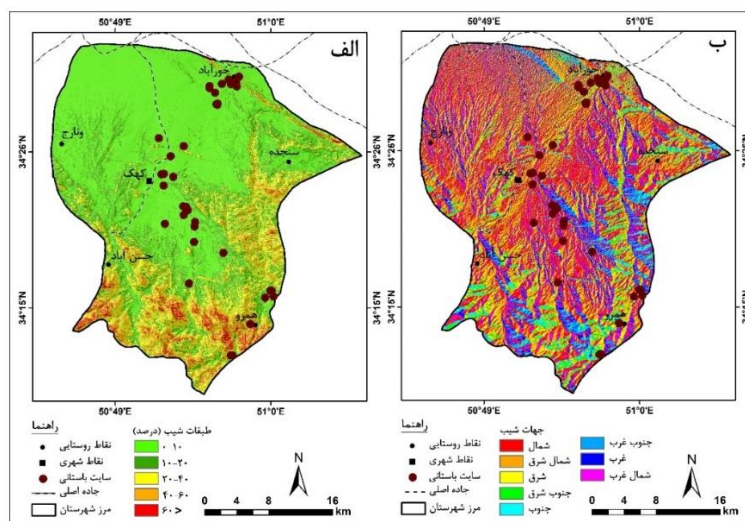
دوره	عصر فلز	تاریخی	اسلامی	مجموع
تعداد	۲	۲۵	۱۰	۳۷
درصد	۵/۴	۶۷/۶	۲۷	۱۰۰

فاصله از رودخانه و چشمه: یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که در پراکنش و شکل‌گیری استقرارگاه‌های باستانی نقش مهم و اساسی دارد، دسترسی به منابع آبی است به همین دلیل در این پژوهش از پارامترهای فاصله از چشمه و رودخانه‌ها به‌عنوان پارامترهای هیدرولوژی مؤثر استفاده شد (پیره و یمانی، ۱۴۰۳). در این بخش ابتدا لایه فاصله از رودخانه‌ها و چشمه‌های منطقه تهیه شد و سپس به ارزیابی پراکنش سایت‌ها در هرکدام از این طبقات پرداخته شد (شکل ۲). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در طبقات فاصله کم‌تر از یک کیلومتری از رودخانه و چشمه به ترتیب ۸۱ و ۴۶ درصد از سایت‌های شناسایی‌شده قرار دارند و با افزایش فاصله از رودخانه و چشمه، تراکم ژئوسایت‌ها کم شده است (جدول ۱). با توجه به نتایج حاصله، مناطق نزدیک به رودخانه و چشمه، بیش‌تر موردتوجه جهت استقرار سکونتگاه‌های باستانی بوده است.



شکل ۲. نقشه طبقات فاصله از رودخانه (الف) و چشمه‌های (ب) شهرستان کهک

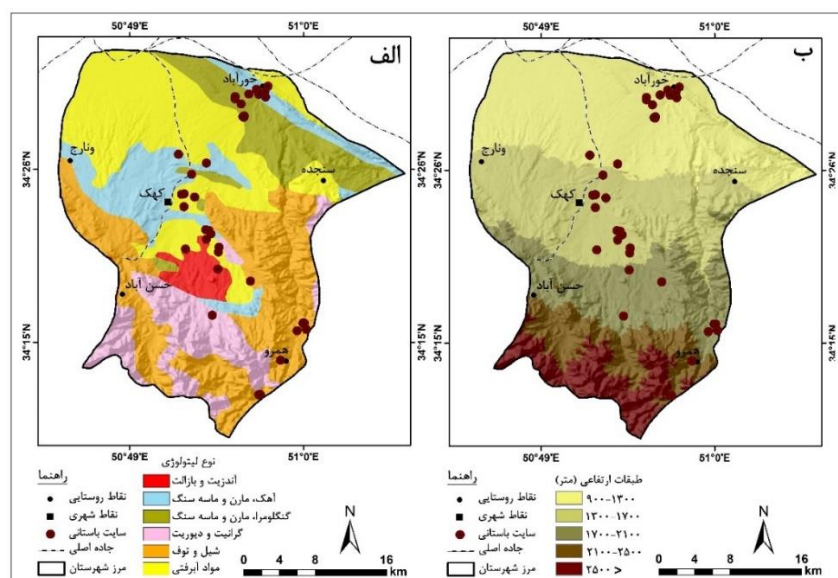
شیب و جهت شیب: از پارامترهای توپوگرافی مهم که نقش مؤثری در فعالیت‌های انسانی دارد، شیب و جهت شیب است. شیب زمین نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های محیطی از جمله فعالیت‌های کشاورزی و ساخت‌وسازها دارد (نیری و همکاران، ۱۳۹۶؛ سالاری و همکاران، ۱۳۹۶) و به‌طورمعمول مناطق کم شیب به دلیل پتانسیل بالایی که جهت اهداف کشاورزی دارند (یمانی و همکاران، ۱۳۹۹)، پتانسیل بیشتری جهت استقرار سکونتگاه‌های باستانی داشته‌اند و همین مسئله سبب شده تا ۶۰ درصد از سایت‌های شناسایی‌شده در طبقه شیب کمتر از ۱۰ درصد باشد و با افزایش شیب، میزان تراکم سایت‌ها کمتر شده است. علاوه بر شیب، جهت شیب نیز به دلیل تأثیرگذاری مستقیمی که بر میزان انرژی دریافتی از خورشید و رطوبت دارد، نقش مهمی در استقرار نواحی سکونتگاهی دارد (محمدخان و همکاران، ۱۳۹۸). با توجه به اینکه شهرستان کهک در منطقه خشک قرارگرفته است، جهات شیب‌شمالی به دلیل اینکه دارای رطوبت بیشتری هستند، پتانسیل بیشتری جهت استقرار نواحی سکونتگاهی دارند (چانگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). آنالیز وضعیت پراکنش سایت‌های شناسایی‌شده در جهات شیب نیز بیانگر این بوده است که بیش‌ترین تراکم مربوط به جهات شیب شمالی بوده است (شکل ۳ و جدول ۱).



شکل ۳. نقشه طبقات شیب (الف) و جهات شیب (ب) شهرستان کهک

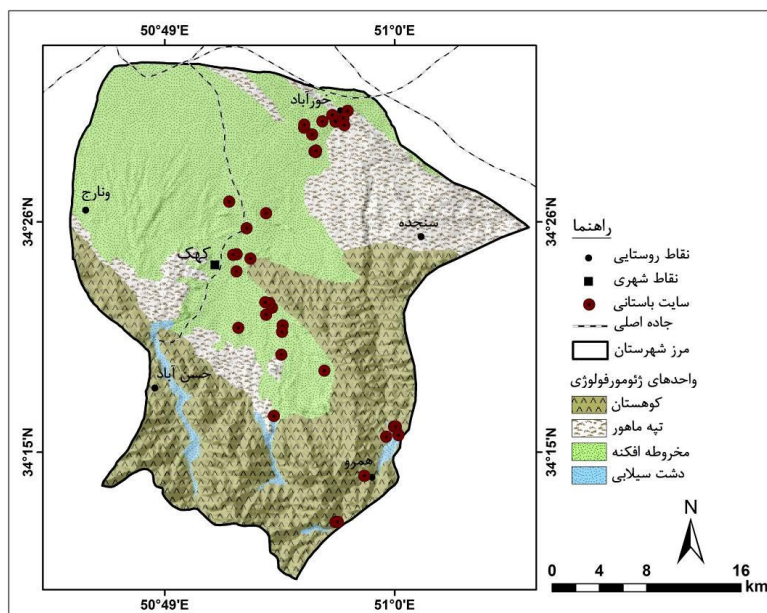
¹ Chang

ارتفاع و لیتولوژی: از دیگر پارامترهای توپوگرافی مهم که نقش زیادی در استقرار سکونتگاه‌ها دارد، ارتفاع است. مناطق مرتفع از یک طرف به دلیل توان دفاعی بالایی که دارند، مناسب جهت استقرار سکونتگاه‌های باستانی بودند ولی از طرف دیگر به دلیل پتانسیل کمی جهت توسعه اراضی کشاورزی داشته‌اند، کم‌تر مورد توجه قرار گرفته شده‌اند. در این پژوهش به منظور ارزیابی تأثیرگذاری ارتفاع، به بررسی وضعیت پراکنش سایت‌های باستانی در طبقات ارتفاعی پرداخته شد. بر اساس نتایج به دست آمده، ۳۸ درصد از سایت‌های شناسایی شده در طبقه ارتفاعی ۹۰۰ تا ۱۳۰۰ متری قرار دارند و در یک روند کلی با افزایش ارتفاع تراکم سایت‌ها کمتر شده است. بر این اساس می‌توان گفت که در محدوده شهرستان کهک مناطق کم ارتفاع بیش‌تر مورد توجه بوده است. همچنین نوع لیتولوژی نقش اصلی را در کیفیت و کمیت منابع آب دارد (مقصودی و همکاران، ۲۰۱۶؛ پیره و همکاران، ۱۴۰۳) و به علاوه، لیتولوژی به دلیل تأثیرگذاری مستقیم بر کیفیت خاک و اراضی کشاورزی نقش مهمی در استقرار سکونتگاه‌ها داشته است (نیری و همکاران، ۱۳۹۷). بر اساس نتایج به دست آمده، بیش‌ترین میزان تراکم سایت‌های شناسایی شده با ۲۷ درصد مربوط به واحدهای مواد آبرفتی بوده است (شکل ۴ و جدول ۱).



شکل ۴. نقشه واحدهای لیتولوژی (الف) و طبقات ارتفاعی (ب) شهرستان کهک

واحدهای ژئومورفولوژی: واحدهای ژئومورفولوژی تعیین‌کننده محدودیت‌ها، توانمندی‌ها و درواقع پتانسیل‌های هر منطقه جهت توسعه و استقرار نواحی سکونتگاهی است (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۸؛ گنجائیان، ۱۳۹۹). بررسی وضعیت ژئومورفولوژی شهرستان کهک بیانگر تنوع لندفرمی این شهرستان است. درواقع، در این شهرستان انواع واحدهای کوهستان، تپه‌ماهور، مخروطه‌افکنه و دشت‌های سیلابی را داریم. نتایج ارزیابی پراکنش سایت‌های باستانی شناسایی شده در واحدهای ژئومورفولوژی بیانگر این است که ۷۰ درصد از سایت‌های شناسایی شده مربوط به واحد مخروطه‌افکنه بوده است (شکل ۵ و جدول ۴). بر این اساس می‌توان گفت که این واحد به دلیل نداشتن موانع ژئومورفولوژی و پتانسیل بالایی که جهت اهداف کشاورزی دارد، پتانسیل بالای جهت استقرار سایت‌های باستانی دارد.



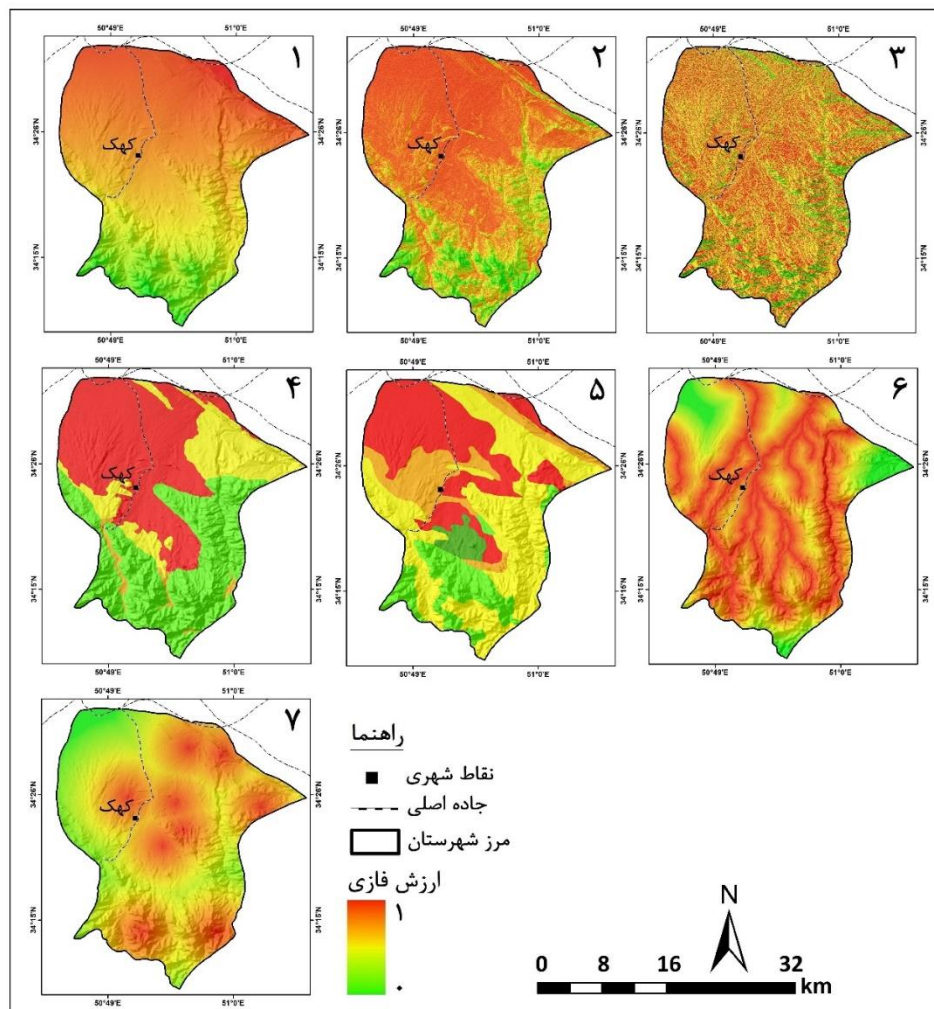
شکل ۵. نقشه واحدهای ژئومورفولوژی شهرستان کهک

جدول ۴. آنالیز وضعیت پراکنش سایت‌های شناسایی‌شده در زیر واحدهای مربوط به پارامترهای مورد استفاده

پارامتر	کلاس	تعداد سایت	درصد	پارامتر	کلاس	تعداد سایت	درصد
ارتفاع (متر)	۹۰۰-۱۳۰۰	۱۴	۳۷/۸	واحدهای ژئومورفولوژی	کوهستان	۴	۱۰/۸
	۱۳۰۰-۱۷۰۰	۱۳	۳۵/۱		تپه ماهور	۴	۱۰/۸
	۱۷۰۰-۲۱۰۰	۷	۱۸/۹		مخروطه فکنه	۲۶	۷۰/۳
	۲۱۰۰-۲۵۰۰	۳	۸/۱		دشت سیلابی	۳	۸/۱
	بیش از ۲۵۰۰	۰	۰		آندزیت و بازالت	۱	۲/۷
شیب (درصد)	۰-۱۰	۱۷	۴۵/۹	واحدهای لیتولوژی	گرانیت و دیوریت	۱	۲/۷
	۱۰-۲۰	۱۴	۳۷/۸		شیل و توف	۱۰	۲۷
	۲۰-۴۰	۵	۱۳/۵		آهک، مارن و ماسه سنگ	۸	۲۱/۶
	۴۰-۶۰	۱	۲/۷		کنگلومرا، مارن و ماسه سنگ	۷	۱۸/۹
	بیش از ۶۰	۰	۰		موا آبرفتی	۱۰	۲۷
جهات شیب	شمال	۸	۲۱/۶	فاصله از رودخانه (متر)	۰-۱۰۰۰	۳۰	۸۱/۱
	شمال شرق	۶	۱۶/۲		۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵	۱۳/۵
	شرق	۳	۸/۱		۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰	۰
	جنوب شرق	۲	۵/۴		۳۰۰۰-۴۰۰۰	۲	۵/۴
	جنوب	۲	۵/۴		بیش از ۴۰۰۰	۰	۰
	جنوب غرب	۴	۱۰/۸	فاصله از چشمه (متر)	۰-۱۰۰۰	۱۷	۴۵/۹
	غرب	۵	۱۳/۵		۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۴	۳۷/۸
	شمال غرب	۷	۱۸/۹		۲۰۰۰-۳۰۰۰	۵	۱۳/۵
					۳۰۰۰-۴۰۰۰	۱	۲/۷
					بیش از ۴۰۰۰	۰	۰

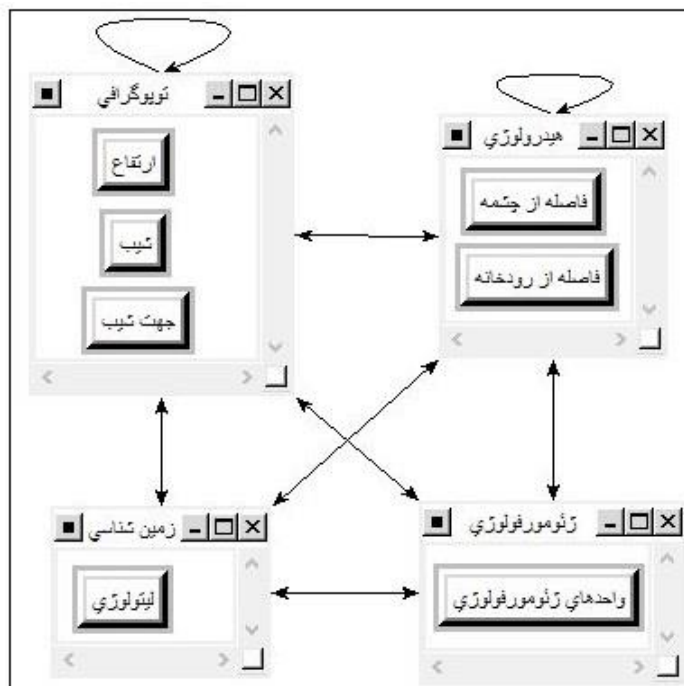
۳،۲ شناسایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی

استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی: پس از ارزیابی وضعیت پراکنش سایت‌های شناسایی شده در زیر واحدهای مربوط به پارامترهای موردنظر، در این بخش بر مبنای نتایج به دست آمده، لایه‌های اطلاعاتی استانداردسازی شد. به منظور استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی، به مناطق نزدیک رودخانه، مناطق نزدیک چشمه، مناطق کم شیب و کم ارتفاع، جهات شیب شمالی، لیتولوژی آبرفتی و واحد مخروطه افکنه، ارزش نزدیک ۱ داده شد. همچنین به مناطق دور از رودخانه و چشمه، مناطق مرتفع و پرشیب، جهات شیب جنوبی، مناطق دارای لیتولوژی آندزیتی و بازالتی و همچنین واحد کوهستان ارزش نزدیک صفر داده شد (شکل ۶).



شکل ۶. نقشه استانداردسازی شده لایه‌های اطلاعاتی ۱-ارتفاع ۲-شیب ۳-جهت شیب ۴-واحدهای ژئومورفولوژی ۵-لیتولوژی ۶-فاصله از رودخانه ۷-فاصله از چشمه

وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی: با توجه به اینکه ارزش و اهمیت لایه‌های اطلاعاتی یکسان نیست، در این بخش با استفاده از مدل ANP و بر مبنای نظرات کارشناسان به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شد. در این بخش ابتدا ساختار شبکه‌ای معیارها تهیه شد (شکل ۷) و سپس لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای مقایسه زوجی ارزش‌گذاری شدند (جدول ۵). بر اساس نتایج به دست آمده، پارامترهای فاصله از رودخانه و چشمه به ترتیب با وزن ۱ و ۲ دارای بالاترین ارزش و اهمیت هستند.

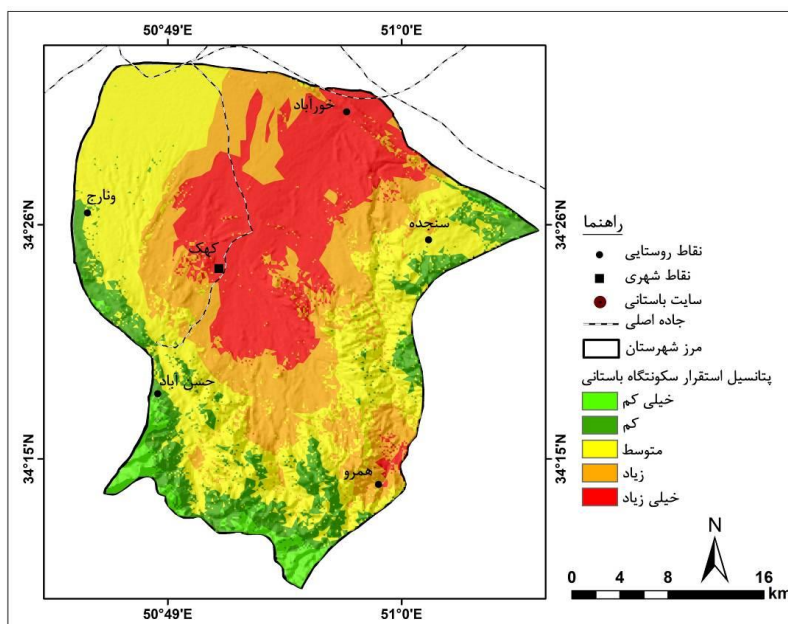


شکل ۷. ساختار شبکه‌ای معیارها

جدول ۵. وزن نهایی پارامترها

The inconsistency index is 0.0431. It is desirable to have a value of less than 0.1		
ارتفاع	0.108484	
جهت شیب	0.073005	
شیب	0.132244	
فاصله از رودخانه	0.239553	
فاصله از چشمه	0.196514	
لینتولوژی	0.088994	
واحدهای ژئومورفولوژی	0.161207	

اجرای مدل WLC: پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن به‌دست‌آمده بر روی لایه‌ها اعمال شد و سپس لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار TerrSet شد. در ادامه لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر WLC باهم ترکیب شد و به این صورت نقشه نهایی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی در شهرستان کهک تهیه شد (شکل ۸). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مناطق مرکزی و جنوبی شهرستان کهک به دلیل نزدیکی به چشمه‌ها و رودخانه‌ها، ارتفاع و شیب کم و همچنین نوع واحدهای ژئومورفولوژی، پتانسیل بیش‌تری جهت استقرار سکونتگاه‌های باستانی دارد.



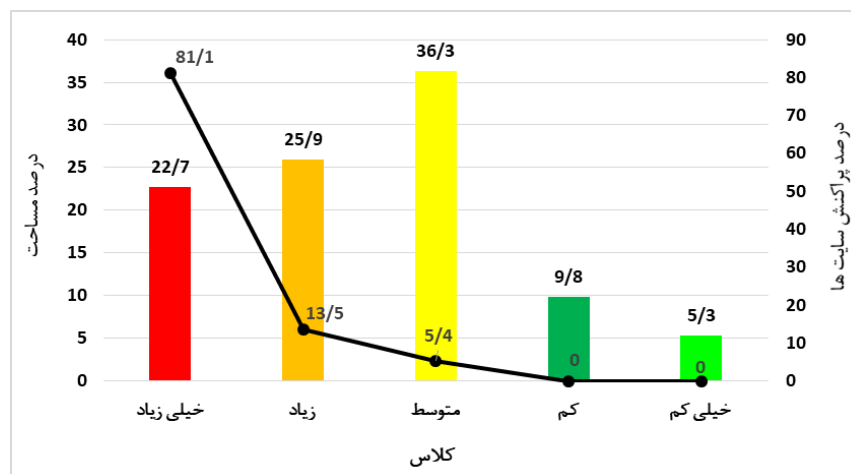
شکل ۸. نقشه مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی

۳/۳ ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج

نتایج ارزیابی وضعیت مساحت و در مساحت کلاس‌ها نشان داده است که ۴۰۳ کیلومترمربع از وسعت شهرستان کهک (معادل ۴۸/۶ درصد از وسعت این شهرستان)، به دلیل نزدیکی به رودخانه‌ها و چشمه‌ها، ارتفاع و شیب کم، پتانسیل زیادی جهت استقرار سکونتگاه‌های باستانی داشته است. همچنین ۱۲۵ کیلومترمربع از وسعت این شهرستان (معادل ۱۵/۱ از وسعت شهرستان) نیز به دلیل دور بودن از رودخانه‌ها و چشمه‌ها، پتانسیل کمی جهت استقرار سکونتگاه‌های باستانی داشته است. همچنین در این بخش به‌منظور صحت‌سنجی نتایج به‌دست‌آمده، به ارزیابی وضعیت پراکنش سایت‌های شناسایی‌شده در کلاس‌های مختلف پرداخته شد. بر اساس نتایج حاصله، ۳۰ سایت (معادل ۸۱/۱ درصد از کل سایت‌ها) در کلاس پتانسیل خیلی زیاد قرار دارد و ۵ سایت (۱۳/۵ درصد از کل سایت‌ها) نیز در کلاس پتانسیل زیاد قرار دارد (جدول ۶ و شکل ۹). همچنین هیچ‌کدام از سایت‌ها، در طبقات پتانسیل کم و خیلی کم قرار نداشته‌اند. با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که نتایج نهایی به‌دست‌آمده از صحت اطمینان بالایی برخوردار است.

جدول ۶. وضعیت پراکنش سایت‌های شناسایی‌شده در کلاس‌های مختلف

ردیف	کلاس (پتانسیل استقرار سکونتگاه‌های باستانی)	مساحت	درصد مساحت	تعداد سایت	درصد سایت
۱	خیلی کم	۱۸۸	۵/۳	۰	۰
۲	کم	۲۱۵	۹/۸	۰	۰
۳	متوسط	۳۰۱	۳۶/۳	۲	۵/۴
۴	زیاد	۸۱	۲۵/۹	۵	۱۳/۵
۵	خیلی زیاد	۴۴	۲۲/۷	۳۰	۸۱/۱



شکل ۹. نمودار وضعیت پراکنش سایت‌های شناسایی‌شده در کلاس‌های مختلف

۴ نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر باهدف ارزیابی تأثیر پارامترهای محیطی در پراکنش و استقرار سکونتگاه‌های باستانی در شهرستان کهک انجام شد. نتایج نشان داد که عوامل محیطی همچون دسترسی به منابع آبی، شرایط توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع)، ویژگی‌های لیتولوژی و واحدهای ژئومورفولوژی نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب مکان‌های استقرار داشته‌اند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، همانند سایت‌های شناسایی‌شده در دشت بسطام شاهرورد (فرخ‌نیا، ۱۳۹۵)، دشت مهاباد (جولائی و همکاران، ۱۴۰۰) و شهرستان پیرانشهر (پیره و یمانی، ۱۴۰۲)، بیش‌ترین تراکم محوطه‌های شناسایی‌شده در شهرستان کهک نیز در نزدیکی رودخانه‌ها و چشمه‌ها، در محدوده‌های کم‌شیب و کم‌ارتفاع، جهات شمالی شیب‌ها و واحدهای مخروطه‌افکنه و آبرفتی بوده است. این نتایج مؤید آن است که دسترسی به آب، زمین‌های حاصلخیز و شرایط مناسب برای کشاورزی، مهم‌ترین معیارهای جوامع باستانی در انتخاب مکان سکونت بوده است. یافته‌ها همچنین نشان داد که ۸۱ درصد از سایت‌ها در فاصله کم‌تر از یک کیلومتر از رودخانه و ۴۵ درصد در نزدیکی چشمه قرار دارند. حدود ۶۰ درصد از محوطه‌ها نیز در شیب‌های کم‌تر از ۱۰ درصد و بیش‌ترین تراکم در طبقه ارتفاعی ۹۰۰ تا ۱۳۰۰ متری مستقر بوده‌اند. علاوه بر این، ۷۰ درصد از سکونتگاه‌ها در واحدهای ژئومورفولوژی مخروطه‌افکنه جای گرفته‌اند که نشان‌دهنده اهمیت این واحدها در فرآیند استقرار است. درمجموع، نتایج حاصل از مدل‌سازی و صحت‌سنجی نشان داد که روش به‌کاررفته از دقت بالایی برخوردار بوده و می‌تواند به‌عنوان الگویی علمی در شناسایی و پیش‌بینی مناطق مستعد استقرار سکونتگاه‌های باستانی مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از داده‌های تکمیلی همچون پوشش گیاهی، کاربری اراضی و داده‌های باستان‌سنجی بهره گرفته شود تا دقت مدل ارتقا یابد. همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا می‌تواند در شناسایی دقیق‌تر محوطه‌های باستانی کمک‌کننده باشد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های مشابه در دیگر شهرستان‌های استان نیز انجام گیرد تا مقایسه‌ای میان الگوهای استقرار در مناطق مختلف صورت پذیرد. از منظر مدیریت منابع فرهنگی، ضروری است مناطق شناسایی‌شده با پتانسیل بالای استقرار سکونتگاه‌های باستانی، در فهرست اولویت‌های حفاظتی و ثبت آثار قرار گیرند تا از تخریب و تغییر کاربری مصون بمانند. همچنین می‌توان نتایج این پژوهش را در طرح‌های توسعه شهری و روستایی مدنظر قرار داد تا برنامه‌ریزی‌های عمرانی با رویکرد حفاظت از میراث فرهنگی همسو شوند. در نهایت، پیشنهاد می‌شود

همکاری میان باستان‌شناسان، جغرافیدانان و برنامه‌ریزان توسعه منطقه‌ای افزایش یابد تا الگوهای استقرار با دیدگاهی چندرشته‌ای تحلیل گردد.

References

- Afkham, B. I., Hosseini Nia, S. M., & Pur Esmail, N. (2025). Study of the role of environmental and geographical factors in the site selection of ancient sites using Geographic Information System (Case study: settlement sites in Khalkhal Township). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 8(1), 410-431. <https://www.srds.ir/article/222183.html?lang=fa>
- Balla, A., Pavlogeorgatos, G., & Pavlidis, G. (2013). Modelling Archaeological and Geospatial Information for Burial Site Prediction, Identification and Management. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 2(4). <https://doi.org/10.1260/2047-4970.2.4.585>
- Benjamin, J., Rovere, A., Fontana, A., Furlani, S., Vacchi, M., Inglis, R. H. M., & Gehrels, R. (2017). Late Quaternary sea-level changes and early human societies in the central and eastern Mediterranean Basin: An interdisciplinary review. *Quaternary International*, 449, 29-57. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.06.025>
- Byghy, F., Madadi, A., & Jabbari, I. (2020). Investigating the Role of Geomorphologic Factors on the Establishment of a Historical Site in Alshtar Plain of Lorestan Province. *Geographical planning of space quarterly journal*, 10(36), 91-106. <https://doi.org/10.30488/gps.2019.106564.2661> [In Persian]
- Carlucci, D. & Schiuma, G. (2008). Applying the analytic network process to disclose knowledge assets value creation dynamics. *Expert Systems with Applications*, 36 (4), 7687-7694. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.09.041>
- Casarotto, A., Pelgrom, J., & Stek, T. (2019). A systematic GIS-based analysis of settlement developments in the landscape of Venesia in the Hellenistic-Roman period. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, 735-753. <https://doi.org/10.1007/s12520-017-0561-y>
- Cheng, P., Liu, H., & Zhang, L. (2024). Research on the Spatial-Temporal Distribution and Morphological Characteristics of Ancient Settlements in the Sichuan Basin. *Land*, 13(10), 1622. <https://doi.org/10.3390/land13101622>
- Farokhnia, S. (2016). Spatial Analysis and Predictive Modelling Applied to the Archaeological Sites of Bastam Plain, Northeast of Iran. *Journal of Archaeological Studies*, 8(1), 151-170. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2016.59500> [In Persian]
- Feridonzadeh, H., & Taghizadeh, M. (2017). Factors Affecting on Location and Formation of Historical-Religious Villages, Case Study: Kazaj and Kalur Villages in Khalkhal of Ardabil Province. *JHRE*, 36(160), 45-58. <http://jhre.ir/article-1-946-fa.html>
- Ganjaeian, H. (2020). Geomorphological hazards of urban areas, study methods and control strategies. *Entekhab publication*, P144. <https://www.gisoom.com/book/11628118> [In Persian]

- Ganjaeian, H., Rezaei Arefi, M., Peysoozi, T., & Emami, K. (2021). Zonning susceptible areas of landslide using WLC and OWA methods -A case study in Mountain cliff Khan, Iran. *Sustainable Earth Trends*, 1(2), 35-43. <https://doi.org/10.52547/sustaineearth.1.2.43>
- Ganjaeian. H. (2024). Identification of areas prone to the establishment of ancient settlements based on environmental parameters (Case study: Sardasht County), First National Conference on Human Settlements of Iran, Tehran. <https://civilica.com/doc/2086473>
- Guo, A., Mao, L., Li, C., & Mo. D. (2025). Reconstruction of the paleoenvironmental context of Holocene human behavior at the Fenghuangzui site in the Nanyang Basin, Middle Yangtze River, China. *npj Herit. Sci.* 13, 2. <https://doi.org/10.1038/s40494-025-01631-z>
- <https://doi.org/10.22124/jsmd.2020.4096> [In Persian]
- Joolaei, V., Rezaloo, R., Hajizadeh, K., & Afkhami, B. (2021). Analysis of the role of natural environment factors in the establishment of ancient settlements (Case Study: Mahdasht Mahdasht Iron Ave). *Geography (Regional Planning)*, 11(44), 47-71. <https://doi.org/10.22034/jgeoq.2021.128868> [In Persian]
- Kvamme, K.L. (1992). A predictive site location model on the High Plains: An example with an independent test. *Plains Anthropologist*, 37(138), 19-40. http://www.mapaspects.org/biblio/ref_2388
- Labbaf-Khaniki, M. (2020). The Settlement Pattern of the Nishapur Plain in the Sasanian Period. National Museum of Iran Magazine, 1(1). <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14754210>
- Lee, S. (2007). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, 52, 615-623. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2007EnGeo..52..615L/doi:10.1007/s00254-006-0491-y
- Li, B. Zhu, C., Wu, L., Li, F., Sun, W., Wang, X., Meng, H., & Wu, D. (2013). Relationship between environmental change and human activities in the period of the Shijiahe culture, Tanjialing site, Jiangnan plain, China. *Quat. Int.* 308, 45-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.05.041>
- Liang, C., Guo, S., Su, R., & Wu, H. (2025). Spatial and temporal distribution of Neolithic settlement sites along the Hanjiang River corridor in southern Shaanxi and their driving factors. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5793698/v1>
- Maghsoudi, M. Zaman Zadeh, S. M., Fazeli Nashli, H., Yousefi Zoshk, R., Chazghe, S., & Ahmadpour, H. O. (2014). The Impact of Drainage Systems in the Selection of Site locations Case Study: Meymon Abad Sites. *Journal of Archaeological Studies*, 5(2), 145-161. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2014.50403>
- Maghsoudi, M., Ganjaeian, H., Talari, A., & Amani, K. (2016). Evaluation of the Contributing Factors in Development and Zoning Karst in Palangan Zone by Using Fuzzy Logic and ANP. *Open Journal of Geology*, 6(6), 468-483. <http://dx.doi.org/10.4236/ojg.2016.66039>

- Maghsoudi, M., Sharafi, S., & Sharafi, F. (2014). Natural Factors Affecting the Distribution Pattern of Archaeological Sites in the Silakhor Plain, Lorestan Province. *Journal of Geography and Regional Development*, 12(1). <https://doi.org/10.22067/geography.v12i22.32100> [In Persian]
- Maghsoudi, M., Zamanzadeh, S., Edhaei, A., Yusefi-Zeshk, R., Yamani, M., & Ahmadpour, H. (2015). Geoarchaeological survey of the Chaltasian prehistoric enclosure in Jajroun Fan, using micromorphological techniques. *Iranian Quaternary Quarterly*, 1(2), 113-123. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2022.329947.1335> [In Persian]
- Mirzaie Damirchi, F., Hejebri Nobari, A., & Mousavi Kouhpar, S.M. (2023). Research and Analysis of the Parthian Settlement Pattern in the West Plain of Urmia Lake, Based on Geographic Information System (GIS). *Journal of Archaeological Studies*, 15(1), 183-212. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2019.288384.142777> [In Persian]
- Mohammakhhan, S., Ganjaeian, H., Shahri, S., & Abbaszade, A. (2019). Predicting the trend of urban development toward hazardous areas using multi temporal images (Case Study: Marivan City). *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(110), 107-117. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.36615> [In Persian]
- Mostafa, S., Hatami, N., Espahbodi, K., & Asadi, F. (2022). Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) applied to evaluating the forest management approaches. *Journal of Forest Science*, 68(7), 1-14. <http://dx.doi.org/10.17221/27/2022-JFS>
- Nayyeri, H., Ganjaeian, H., & Amani, K. (2018). Evaluation of Environmental Indicator of Perimeters of the Land Suitability for the Development of the Sarvabad City by Combining Two Models of Network Analysis and Fuzzy Logic. *Journal of Urban Social Geography*, 5(1), 49-62. <https://doi.org/10.22103/JUSG.2018.1961> [In Persian]
- Nayyeri, H., Salari, M., Ganjaeian, H., & Amani, K. (2017). Geomorphological Assessment of Land Suitability for the Physical Expansion of Sanandaj City Applying Restricted Areas. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 5(1), 127-145. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2017.63213> [In Persian]
- Negahban, S., Ganjaeian, H., Feraydooni Kordestani, M., & Cheshmeh sefidi, Z. (2019). Assessing the physical development of cities and extending to geomorphological prohibited areas Using LCM (Case Study: Sanandaj City). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 8(20), 39-52. <https://doi.org/10.22111/jneh.2018.21943.1317> [In Persian]
- Oliaei, M.S. (2019). Investigating the Contribution of Natural Factors in the Distribution and Establishment of Rural Settlements in Zanjan Town. *Geographical Engineering of Territory*, 3(5), 45-57. https://www.jget.ir/article_93452.html?lang=en [In Persian]
- Pireh, M., & Yamani, M. (2023). Analysis of the effect of geomorphological factors on the distribution of ancient settlements (Case study: Piranshahr city). *Quantitative Geomorphological Research*, 12(3), 1-16. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2021.298713.1294> [In Persian]

- Pireh, M., Ghadimi, M., & Ganjaeian, H. (2024). Identification of Vulnerable Karst Areas Using the COP Model (Case Study: Tekab Basin). *Geography and Environmental Planning*, 35(3), 95-112. <https://doi.org/10.22108/gep.2024.141035.1640> [In Persian]
- Ravazzi, A., Cesare, M., Marchetti B., Marco Zanon A., Renata Perego C., Tommaso Quirino, D., Massimiliano Deaddis A., Mattia De Amicis E., & Davide, M. (2012). Lake evolution and landscape history in the lower Mincio River valley, unraveling drainage changes in the central Po Plain (N-Italy) since the Bronze Age. *Quaternary International*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.QUAINT.2011.11.031>
- Rezaei, M.H. (2017). The Role of Environment Factors on Formation of Bakun Period Settlements in the Kazeroun Plain, Southern Iran. *Archaeological Research of Iran*, 3(14), 7-24. <https://doi.org/10.22084/nbsh.2017.11288.1485> [In Persian]
- Saaty, T. L. (1999). Fundamentals of the Analytic Network Process, Proceedings of ISAHP 1999, Kobe, Japan. <https://www.researchgate.net/publication/228578822>
- Salari, M., Nayeri, H., Amani, K. & Ganjaeian, H. (2017). Locating Suitable Directions for Kamyaran Urban Development through a Hazardology Approach based on the Application of Geomorphologically Restricted Areas. *Environmental Management Hazards*, 4(4), 419-436. <https://doi.org/10.22059/jhsci.2018.252694.341> [In Persian]
- Shi, Z., Chen, T., Storozum, M.J., & Liu, F. (2019). Environmental and social factors influencing the spatiotemporal variation of archaeological sites during the historical period in the Heihe River basin, northwest China. *Quaternary International*, 507. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.12.016>
- Solaimani, K., Shokrian, F. & Darvishi, S. (2023). An Assessment of the Integrated Multi-Criteria and New Models Efficiency in Watershed Flood Mapping. *Water Resour Manage*, 37, 403-425. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03380-1>
- Tabesh, S., Noori khanyourdi, M., Dousti, M., & Ganjaeian, H. (2020). Presenting the proposed model for the location of sports places using the integrated model of WLC and AHP. *Sport Management and Development*, 9(1), 2-22.
- Tayefeh Ghahremani, N., Mafi, F., & Najafi A. (2020). The Analysis of the Geographic Factors Impact on the Spatial Distribution of the First Millennium Settlements in the Margin of the Peiqam-Chay River (East Azerbaijan-Kaleibar). *Parseh J Archaeol Stud*. 3(10), 69-85. <http://dx.doi.org/10.30699/PJAS.3.10.69> [In Persian]
- Valizadeh Qareh Aqaji, Z., & Malekzadeh, M. (2025). The Role of Environmental and Geographical Factors in the Dispersion of Median Sites. *Archaeological Research of Iran*, 15(44), 99-136. <https://doi.org/10.22084/nb.2023.26437.2588>
- Valsson, T., Ulfarsson, G.F., & Gardarsson. S.M. (2013). A theory of the evolution of settlement structures based on identification and use of patterns: Iceland as a case study. *Futures*, 54, 19-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2013.09.008>

- Verhagen, P. (2018). Spatial Analysis in Archaeology: Moving into New Territories. Digital Geoarchaeology. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25316-9_2
- Verhagen, P., Nuninger, L., & Groenhuijzen, M.R. (2019). Modelling of Pathways and Movement Networks in Archaeology: An Overview of Current Approaches, *Springer*. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-04576-0_11
- Wheatley, D., & Gillings, M. (2002). Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS. *CRC Press*. P269. <https://doi.org/10.1201/b12806>
- Yamani, M., Ganjaeian, H., Garoso, L., & Javedan, M. (2020). Identification of susceptible areas for the development of agricultural lands based on parameters Hydro geomorphology (Case study: Sanandaj city). *Journal of Hydrogeomorphology*, ۲۳(1), 20-1. <https://doi.org/10.22034/hyd.2020.11087> [In Persian]
- Zarei, M., & Solaimani Sardo, M. (2022). Evaluation of Meteorological Indices and Interpolation Methods to Drought Monitoring and Zoning in Arid and Semi-Arid Regions (A Case Study: Qoum-Kahak Basin). *Desert Ecosystem Engineering*, ۲۱(1), 59-74. <https://doi.org/10.22052/deej.2018.7.21.45> [In Persian]
- Zebardast, E. (2010). The Application of Analytic Network Process (ANP) in Urban and Regional Planning. *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning*, ۲(41), 79-90. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286020.1389.2.41.7.4>
- Zhang, T., Li, J., & Song, J. (2025). Spatial pattern and correlation of archaeological sites and cultural tourism resources in Shanxi Province, China. *npj Herit. Sci.* 13, 290. <https://doi.org/10.1038/s40494-025-01825-5>
- Zheng, M., Tang, W., Ogundiran, A., & Yang, J. (2020). Spatial Simulation Modeling of Settlement Distribution Driven by Random Forest: Consideration of Landscape Visibility. *Sustainability*, 12(11), 4748. <https://doi.org/10.3390/su12114748>