

Predictive Modelling of Iron Age Sites: A Case Study of the Eastern Kurdistan Region, Iran

Mozhgan Roštami¹ , Ardeshir Javanmardzadeh² ,
Amir Saed Mucheshi³ 

Type of Article: Research

Pp: 95-120

Received: 2022/09/14; Revised: 2022/10/23; Accepted: 2022/10/25

 <https://doi.org/10.66224/PJAS.788.583.2>

Abstract

Predictive models are a component of GIS-based statistical approaches, which hold an important place in archaeological research due to advances in relevant theories and tools. Predictive models, developed through the statistical processing and analysis of environmental variables that influence site location, aid in understanding the cultural and natural landscape of the study area and contribute to the development of plans for improved cultural heritage management. This article, employing a statistical-analytical approach and data from archaeological surveys, aims to present a predictive model for a part of the eastern Kurdistan region where archaeological surveys have not yet been conducted. Prediction modelling was performed using the MaxEnt machine learning method, with eleven factors as natural variables and presence data (areas) required for modelling. The model area was divided into two experimental sections (Bijar and Dehgolan) and a prediction area (Qorveh), as the prediction model for Qorveh city was based on the natural variables and presence data from Bijar and Dehgolan cities. Finally, the prediction map was divided into four classes: very high, high, medium, and low suitability areas. The very high suitability area, which comprises 10% of the total model area, contains 59% of the Iron Age sites in eastern Kurdistan. It was found that vegetation cover, land use, and distance from rivers were among the most influential factors in the model. Also, the initial data in Qorveh indicate that 62% of the sites are located in an area comprising 8% with very high desirability, supporting the accuracy of the prediction. The AUC statistic is 0.836, and the finding value for the model has been calculated as 0.82, which indicates a prediction model with an approach value close to 1.

Keywords: Archaeological Prediction Model, GIS, MaxEnt, Eastern Kurdistan, Iron Age.

Parseh Journal of Archaeological Studies (PJAS)

Journal of Archaeology Department of
Archaeology Research Institute, Cultural
Heritage and Tourism Research
Institute (RICT), Tehran, Iran

Publisher: Cultural Heritage and
Tourism Research Institute (RICT).

Copyright © 2026 The Authors.
Published by Cultural Heritage and
Tourism Research Institute (RICT).
This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-
NonCommercial 4.0 International
license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial
uses of the work are permitted, provided
the original work is properly cited.

© The Author(s)



1. PhD candidate in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Associate Professor, Department of Archaeology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (Corresponding Author).

Email: ajavanmard@uma.ac.ir

3. Associate Professor, Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Citations: Roštami, M., Javanmardzadeh, A. & Saed Mucheshi, A., (2026). "Predictive Modelling of Iron Age Sites: A Case Study of the Eastern Kurdistan Region, Iran". *Parseh J. Archaeol. Stud.*, 9(34): 95-120. <https://doi.org/10.66224/PJAS.788.583.2>

Homepage of this Article: <https://journal.richt.ir/mbp/article-1-788-en.html>

Introduction

The use of GIS and statistical modelling to map possible locations of archaeological sites has increased over the past decades. (Stefan & Sirbu, 2010; Niknami et al., 2007; Alirezaei et al., 2019). Currently, archaeological prediction models are a powerful tool for preventing natural and human damage to historical and cultural resources (Danese et al., 2014), and for increasing the efficiency of archaeological field activities and cultural heritage management (Howard et al., 2016; Balla et al., 2014). Statistical modelling, as a perspective for identifying suitable areas for selecting prehistoric settlements, has been widely used by geographers and archaeologists (Sharafi et al., 2016; Verhagen & Dragut, 2012; Kaimaris, 2018). This method can be effectively considered a form of archaeological exploration. This paper aims to develop a concept for creating a prediction model using the MaxEnt method in the Eastern part of Kurdistan, to evaluate similar studies in archaeology, and to determine settings and suggest ways to optimise such approaches. Simultaneously, using a statistical approach based on GIS, the prediction model, and archaeological survey data from the eastern part of Kurdistan, it identifies the most favourable locations for the formation of Iron Age settlements. Accordingly, using environmental and archaeological data from Bijar and Dehgolan counties, a prediction model for Qorveh county has been developed using the MaxEnt method. Due to the lack of access to archaeological data for Qorveh County, the study area has been divided into two sections: experimental and prediction. This approach allows for predictions in the Qorveh region based on data from the experimental area (Bijar and Dehgolan counties), despite the absence of the required data. This method can thus be proposed as a study approach, with related recommendations, for another similar research.

Research Method: This research employed field and library (descriptive-analytical) methods, utilising the Geographic Information System (GIS) for the preparation and interpretation of GIS maps to analyse the settlement habitats of 96 Iron Age sites in eastern Kurdistan (Bijar, Qorveh, Dehgolan). The MaxEnt model was used to predict the distribution of Iron Age sites in eastern Kurdistan.

Data

The present study used a digital elevation model with a spatial resolution of 28 metres. Any change in these data will result in changes in climate, livelihoods, and other factors (Khosrowzadeh & Habibi, 2015: 109). The digital elevation model is used to extract new information such as slope, slope direction, and land curvature. This information is relatively common and significant, and is generally used in predictive models in archaeology. Land curvature data have also been used, which are defined as the rate of slope change (Whitworth, 2011: 469). The prediction model in this paper will be

implemented using the principle of maximum entropy (MaxEnt). Such predictive modelling in archaeology requires two types of input data: environmental data (environmental variables that have a direct or indirect effect on the location of historical sites based on archaeological studies) and data related to archaeological sites, also known as presence data. The study area covers the political geography of Bijar, Qorveh, and Dehgolan counties. This study aims to make the most accurate prediction of Iron Age archaeological sites in Qorveh county using presence data (sites) from surrounding areas such as Bijar and Dehgolan counties. Given the similar climate and landscape in the eastern part of Iranian Kurdistan, the prediction of site formation locations in Qorveh County will be presented based on the MaxEnt prediction model.

Discussion

The final result of the prediction model for the eastern part of Kurdistan was based on the frequency ratio (FR) of the land cover and land use variables, which were among the most influential factors in the model. Their impact coefficients were estimated to be 24.3 and 32.6, respectively. Based on the classification of the forecast map, the low-desirability region covers the largest area within the forecast range, comprising 72% of the total. In contrast, better results can be observed due to the reduction in the area of regions in the high-desirability group. These regions, categorised as very high and high-desirability groups, comprise 10.5 percent and 7.5 percent of the total area, respectively. In contrast, it includes the largest number of areas, accounting for 89 percent of the total. These areas comprise 57 and 29 areas, respectively. While the areas with the highest potential are highlighted, they significantly reduce the area available for archaeological investigation.

Conclusion

MaxEnt modelling requires the use of presence data (areas). For this purpose, the prediction model is defined to include two categories of areas. First, the experimental area contains presence data (areas) as well as environmental factors and variables to configure the prediction model. Second: Prediction area; this section and perspective include the city of Qorveh in the eastern part of Kurdistan. The experimental area for this modelling contains 96 presence data points (areas) with an Iron Age chronology. Of these, 25% were used as test data and 75% as training data. Modelling with the MaxEnt method identifies the most influential variables by examining each one. Factors such as vegetation cover, land use, distance from the village, and distance from water sources are among the most influential variables on the model results. In this case, MaxEnt statistical analysis of other variables is also presented. Examination of the altitude variable shows that it has the greatest impact on sites within the altitude range

of 1378–1400. The greatest impact of rivers on the sites occurred at a distance of 1000 metres. From 1000 to 3000 metres, the impact was least, but from 3000 to 5000 metres, the influence on site location became significant again. It has been found that at a distance of 2000 metres from villages, the likelihood of site formation is greater than at greater distances. The prediction map is divided into four groups based on the specified threshold value mentioned earlier: very high, high, medium, and low suitability areas. According to this division, the very high suitability area covers 10.5% of the total model area, and 59% of the sites (occurrence data) are located within this area. The high, medium, and low suitability areas include 30%, 6.5%, and 4.5% of the sites within these areas, respectively. Given that the very high and low suitability prediction areas are small but contain the largest percentage of sites, the model can be considered predictive.

Acknowledgements

The authors wish to express their gratitude to the anonymous reviewers of the journal, whose valuable comments have enriched the content of this article.

Observation Contribution

This article is derived from the first author's dissertation, supervised by the second author and advised by the third author. Accordingly, the material was collected by the first author, and the manuscript was written under the supervision of the second and third authors.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest and that all ethical standards for Citation and publishing have been fully observed.

مدل سازی پیش بینی محوطه های عصرآهن: نمونه موردی منطقه شرق کردستان، ایران

مژگان رستمی^I، اردشیر جوانمردزاده^{II}، امیر ساعدموجشی^{III}

نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۹۵ - ۱۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۳

شناسه دیجیتال (DOI): <https://doi.org/10.66224/PJAS.788.583.2>

چکیده

مدل های پیش بینی بخشی از رویکردهای آماری مبتنی بر GIS هستند، که در میان پژوهش های باستان شناختی با توجه به توسعه تئوری ها و ابزارهای مورداستفاده، جایگاه مهمی دارند. مدل های پیش بینی در کنار پردازش و بررسی آماری متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر مکان گزینی محوطه و کمک به شناخت چشم انداز فرهنگی و طبیعی منطقه مورد مطالعه، منجر به ارائه برنامه برای مدیریت بهتر میراث فرهنگی می شوند. این نوشتار نیز با رویکردی آماری-تحلیلی و با به کارگیری داده های حاصل از بررسی باستان شناختی، سعی در ارائه مدل پیش بینی بخشی از منطقه شرق کردستان را دارد که در آن بررسی باستان شناختی صورت نگرفته است. مدل سازی پیش بینی به روش یادگیری ماشینی MaxEnt با استفاده از ۱۱ عامل به عنوان متغیر طبیعی و هم چنین داده های حضور (محوطه ها) که برای مدل سازی ضرورت دارند، انجام گرفته است. مساحت مدل به دو بخش آزمایشی (بیجار و دهگلان) و محدوده پیش بینی (قره) تقسیم شده است؛ چراکه مدل پیش بینی شهرستان قره براساس متغیرهای طبیعی و داده های حضور شهرستان های بیجار و دهگلان رخ داده است. در نهایت نقشه پیش بینی به چهار کلاس به عنوان محدوده با مطلوبیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم، تقسیم شد. محدوده خیلی زیاد که شامل ۱۰٪ مساحت کل مدل می شود دربر گیرنده ۵۹٪ محوطه های عصرآهن بخش شرقی کردستان می شود و در عین حال مشخص شد متغیرهای پوشش گیاهی، کاربری اراضی و فاصله از رودها از تأثیرگذارترین عوامل بر مدل بوده اند؛ هم چنین داده های اولیه در قره، ۶۲٪ از محوطه ها را در مساحت ۸٪ با مطلوبیت خیلی زیاد نشان می دهد که نشان از صحت پیش بینی دارد، و آماره AUC مقدار ۰٫۸۳۶ را نشان می دهد و مقدار یابش ۰٫۸۲ برای مدل محاسبه شده است که نشان از مدل پیش بینی با ارزش رویکردی ۱ دارد.

کلیدواژگان: مدل پیش بینی باستان شناختی، MaxEnt، GIS، شرق کردستان، عصر آهن.

I. دانشجوی دکتری باستان شناسی، گروه باستان شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

II. دانشیار گروه باستان شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول).

Email: ajavanmard@uma.ac.ir

III. دانشیار گروه باستان شناسی، دانشکده هنر و معماری دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

ارجاع به مقاله: رستمی، مژگان؛ جوانمردزاده، اردشیر؛ و ساعدموجشی، امیر، (۱۴۰۴). «مدل سازی پیش بینی محوطه های عصرآهن: نمونه موردی منطقه شرق کردستان، ایران». مطالعات باستان شناسی پارسه، ۹ (۳۴): ۹۵-۱۲۰. <https://doi.org/10.66224/PJAS.788.583.2>
صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: <https://journal.richt.ir/mbp/article-1-788-fa.html>

فصلنامه علمی مطالعات باستان شناسی پارسه
نشریه پژوهشکده باستان شناسی، پژوهشگاه
میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

ناشر: پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری

© حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده (گان) آن است. © ۱۴۰۴ ناشر این مقاله، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری است. این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.

Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

© The Author(s)



مقدمه

استفاده از GIS و مدل‌سازی آماری برای به تصویر کشیدن مکان‌های احتمالی محوطه‌های باستانی طی دهه‌های گذشته با روند صعودی مواجه بوده است (Stefan & Sirbu, 2010؛ نیکنامی و همکاران، ۱۳۸۶؛ علیرضایی و همکاران، ۱۳۹۸). در حال حاضر، مدل‌های پیش‌بینی باستان‌شناختی ابزاری قدرتمند برای پیش‌گیری آسیب‌های طبیعی و انسانی به منابع تاریخی- فرهنگی (Danese et al., 2014) و همچنین افزایش بهره‌وری از فعالیت‌های میدانی باستان‌شناختی و مدیریت میراث فرهنگی است (Howard et al., 2016; Balla et al., 2014). مدل‌های پیش‌بینی باستان‌شناسی با موفقیت در مناطق مختلف جغرافیایی جهان از جمله آفریقا (Klehm et al., 2019)، اروپا (Stefan & Sirbu, 2010; Balla et al., 2013; Sánchez, 2017)، آسیا (Sharafi et al., 2016)، و آمریکا (Zhu et al., 2018) و (Vaughn & Crawford, 2009; Carleton et al., 2017)، استفاده شده‌اند. برای شناسایی مکان‌های سکونتگاهی باستانی از روش‌های آماری شهودی (کیفی و کمی) متفاوتی استفاده شده است. پرکاربردترین روش ساخت مدل‌های پیش‌بینی کیفی، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی است (اسمعیلی جلودار و حیدری، ۱۳۹۹). مسائل اصلی این روش به قضاوت ذهنی کارشناسان مربوط می‌شود، و این‌که مدل‌های به‌طور شهودی به پایان رسیده می‌توانند به راحتی تحت تأثیر سوگیری‌های قبلی در پرونده باستان‌شناسی قرار گیرند. روش‌های کمی می‌توانند سوگیری را محدود کنند، که به کاهش اثرات این مشکل کمک می‌کند و می‌تواند تکرارپذیری کار را برای استفاده در مکان‌های دیگر بهبود بخشند. متداول‌ترین فرمول‌های مکانی مورد استفاده برای مدل‌سازی پیش‌بینی عبارتند از: حداکثر آنتروپی (MaxEnt) (Noviello et al., 2018; Nicu et al., 2019)، رگرسیون لجستیک (Wachtel et al., 2018)، استدلال شواهد است (Sharafi et al., 2016). مدل‌سازی آماری، چشم‌اندازی برای یافتن مناطق مناسب برای انتخاب سکونتگاه‌های ماقبل تاریخ به خوبی توسط جغرافی‌دانان و باستان‌شناسان استفاده شده است (Sharafi et al., 2016; Verhagen & Dragut, 2012; Kaimaris, 2018). این روش را می‌توان به‌طور مؤثر به عنوان شکلی از کاوش باستان‌شناسی در نظر گرفت.

در ایران نیز در سال‌های اخیر پژوهش‌های در حوزه مدل پیش‌بینی انجام شده است که می‌تواند در بررسی‌های باستان‌شناختی کارآمد باشد. بررسی و تحلیل الگوهای استقرار محوطه‌های اشکانی در شهرستان قروه، با استفاده از نقشه‌های GIS، و آزمون‌های یک بُعدی رگرسیون (رجیبون و همکاران، ۱۳۹۸)، تحلیل نقش عوامل محیطی در نظام استقرار سکونتگاه‌های باستانی (نمونه موردی: محوطه‌های عصر آهن III دشت مهاباد) براساس تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، (جولائی و همکاران، ۱۳۹۸)، استفاده از کاربرد GIS و منطق فازی در مدیریت منابع فرهنگی، ارائه مدل پیش‌بینی محوطه‌های مس‌وسنگ چهارمحال و بختیاری (علیرضازاده و همکاران، ۱۳۹۹)، تحلیل نقش عوامل طبیعی در توزیع فضایی سکونتگاه‌های قلعه‌ای استان اردبیل با استفاده از GIS و AHP (پورکریمی و همکاران، ۱۳۹۹)، تبیین الگوهای استقرار و فرهنگی شمال غرب دریاچه ارومیه در دوره مس‌وسنگ براساس تحلیل‌های GIS (گراوند و همکاران، ۱۴۰۰)، کنش انسان و محیط در دوران اسلامی دشت قروه، شمال غربی پهنه سنج-سیرجان براساس نقشه‌های GIS (شریفی و زارعی، ۱۴۰۰)، و... اشاره کرد.

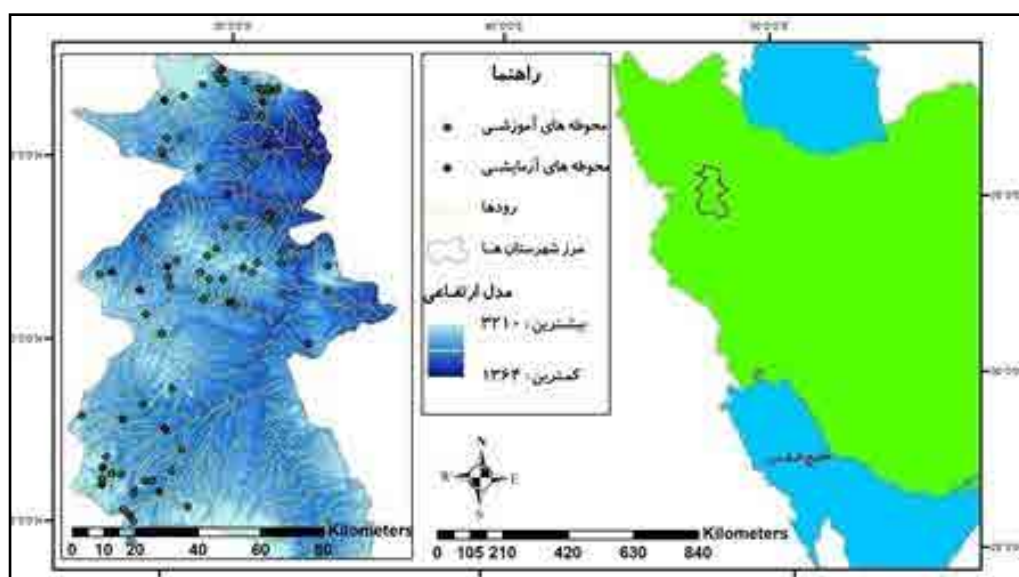
در پیش‌گرفتن یک ایده به منظور ایجاد مدل پیش‌بینی به روش MaxEnt در بخش شرقی کردستان و ارزیابی این‌گونه مطالعات در باستان‌شناسی و تعیین تنظیمات و پیشنهاد مواردی برای بهینه‌سازی این‌گونه رویکردها از اهداف این نوشتار است. در عین حال، با رویکردی آماری مبتنی بر GIS و استفاده از مدل پیش‌بینی، و همچنین استفاده از داده‌های بررسی باستان‌شناختی بخش شرقی کردستان، مطلوب‌ترین موقعیت‌ها را برای شکل‌گیری استقرارهای عصر آهن پیشنهاد

می نماید. بر این اساس با استفاده از داده های محیطی و باستان شناسی شهرستان های بیجار و دهگلان، مدل پیش بینی شهرستان قروه به روش MaxEnt ارائه شده است. با توجه به عدم دسترسی به داده های باستان شناختی شهرستان قروه، محدوده مطالعه شامل دو بخش آزمایشی و پیش بینی تعیین شده تا با وجود فقدان داده های مورد نظر، پیش بینی در منطقه قروه با استناد به داده های محدوده آزمایشی (شهرستان های بیجار و دهگلان) صورت گیرد تا به عنوان یک روش مطالعاتی با رویکردها و پیشنهاد های وابسته، برای دیگر مطالعات مشابه معرفی شود.

روش پژوهش: گردآوری اطلاعات این پژوهش براساس روش میدانی، کتابخانه ای (توصیفی-تحلیلی)، بهره گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه و تفسیر نقشه های GIS، جهت تحلیل زیستگاه های استقرار ۹۶ محوطه باستانی عصر آهن شرق کردستان (بیجار، قروه و دهگلان)، و کاربرد مدل پیش بینی از مدل MaxEnt در پیش بینی پراکندگی محوطه های باستانی عصر آهن شرق کردستان پرداخته است.

چشم انداز جغرافیایی منطقه مورد پژوهش

موقعیت جغرافیایی شرق کردستان شامل شهرستان های بیجار، قروه و دهگلان است با توجه به شرایط جغرافیایی آن که حد واسط شمال غرب، زاگرس مرکزی و غرب فلات مرکزی است، منطقه بسیار مهمی از لحاظ فرهنگی و ارتباطات این مناطق قلمداد می شود. از لحاظ جغرافیای طبیعی، استان کردستان دارای ناهمواری های اشکال ویژه ای است. رشته کوه های جبال زاگرس که در امتداد شمال غرب-جنوب شرق کشیده شده اند، تشکیل تعدادی کوهستان مجزا را داده اند. ناهمواری های کردستان که تحت عنوان -ناحیه کوهستانی زاگرس مرکزی- بررسی می شود، شامل دو بخش غربی و شرقی است. این دو قسمت از نظر شکل پستی و بلندی و جنس زمین متفاوتند. بخش کوهستانی شرقی در حدفاصل ناحیه غربی و شرقی یک رشته از ارتفاعات آتشفشانی شمالی-جنوبی را به وجود آورده است. در شرق این رشته کوه، شهرستان های قروه و بیجار قرار گرفته اند. از ویژگی های این ناحیه، وجود یک حصار کوهستانی متشکل از سنگ های دگرگونی و رسوبی است که دشت های مرتفع هموار و تپه ماهوری ها را احاطه کرده است. در این ناحیه به استثنای کوه های بیجار، دشت های نسبتاً وسیعی وجود دارد. این دشت ها به وسیله شعبه های رود قزل اوزن قطع شده و به صورت تپه ماهوره درآمده اند (خضری، ۱۳۸۴: ۷۵). از نظر مورفولوژی به علت همگنی و سستی طبقات اشکال نسبتاً یکسانی به وجود آمده که از مهم ترین خصوصیات آن ها کوه های گنبدی شکل باده با دهانه ملایم یکنواخت و دره های باز است. این ناحیه تمامی منطقه قروه و بیجار را دربر گرفته است و حد غربی آن را می توان محور کرمانشاه-سنندج، دیواندره و دشت اوباتو در نظر گرفت (فرهنگ جغرافیایی آبادی های استان کردستان، ۱۳۹۳: ۱۰). ناحیه شرقی و جنوب شرقی، که به طور کلی متأثر از روندهای حاکم بر زمین شناسی کل ایران مرکزی است و عوامل زمین زایی و زمین ساختی مربوط به دوران دوم و سوم زمین شناسی، محدوده وسیعی از ناحیه جنوبی را فراگرفته است و از رسوبات مربوط به دوران دوم، وجود سنگ های ژوراسیک و کرتاسه در این بخش مشاهده می شوند. به دلیل کوهستانی بودن استان و بارش مناسب و وجود آب های روان، به عنوان مهم ترین عامل فرسایش، بیشتر دشت های استان از نوع دشت های رودخانه ای است؛ و این دشت های کوچک و بزرگ در دره های رودخانه ای و نواحی کم شیب آن و در حواشی و در پیرامون شهرها پراکنده اند. مهم ترین دشت های استان کردستان دشت قروه و دشت دهگلان است (فرهنگ جغرافیایی آبادی های استان کردستان، ۱۳۹۳: ۲۰)، (نقشه ۱).



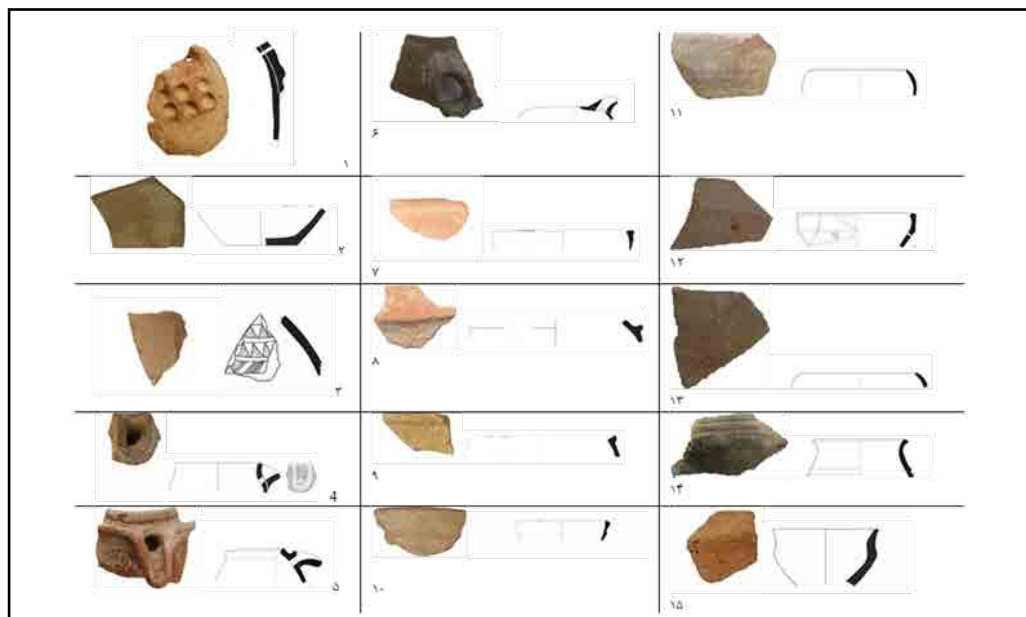
نقشه ۱: منطقه جغرافیایی مورد مطالعه، شامل شهرستان های قروه، دهگلان و بیجار در غرب ایران (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 1: The geographical area studied, including the counties of Qorveh, Dehgolan, and Bijar in Western Iran (Authors, 2022).

داده های پژوهش

داده های این پژوهش در راستای بررسی های باستان شناختی محوطه های عصر آهن در شرق کردستان که شامل سه شهرستان (بیجار، قروه و دهگلان) انجام شده است. بررسی های میدانی باستان شناسی شهرستان بیجار طی سال های ۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷، در راستای شناسایی آثار فرهنگی برای میراث فرهنگی استان کردستان توسط «محمد ابراهیم الیاسوند» در سه بخش (مرکزی، کرانی و چنگ الماس) انجام شده است. محوطه های باستانی مورد بررسی در این پژوهش شامل ۷۱ محوطه دوره عصر آهن شناسایی شده است. محوطه ها چند دوره ای (دوره مس و سنگ، آهن، تاریخی و اسلامی) و تعداد ۱۲ محوطه تک دوره ای مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته اند. بیشترین تعداد محوطه های عصر آهن در فازهای مختلف دوره آهن، در قالب عصر آهن III (۶۰ محوطه) عصر آهن I (۹ محوطه)، درصد کمی عصر آهن II (۲ محوطه) شناسایی شده اند. طی بررسی های میدانی باستان شناسی در سال ۱۳۸۸ ه.ش. شهرستان قروه، ۵۵ محوطه باستانی از دوره مس و سنگ تا دوره های متأخر اسلامی) توسط «علی بهنیا» در بخش سریش آباد شناسایی شده، که ۸ محوطه آن به دوره عصر آهن (I, II, III) تعلق دارد. سال ۱۳۸۵ بررسی های میدانی در شهرستان دهگلان به سرپرستی «زاهد کریمی» انجام گردید، که ۱۷ محوطه باستانی عصر آهن (I, II, III) از دهستان حومه، ئیلاق شمالی، قروچای، ئیلاق جنوبی، پنجه علی جنوبی شناسایی شده است. محوطه های عصر آهن شامل فازهای: عصر آهن III (۱۰ محوطه) عصر آهن I (۳ محوطه)، عصر آهن II (۴ محوطه) می شوند (جدول ۱). با مطالعه یافته های سطحی و بررسی گونه شناسی سفال های عصر آهن منطقه مورد پژوهش، دوره های سه گانه عصر آهن (I, II, III)، حائز اهمیت است. از لحاظ فرم ظرف، نوع لبه، کف و نیز نوع نقش تزئینی قابل مقایسه با دیگر محوطه های عصر آهن هستند؛ و نشان دهنده ارتباطات درون منطقه ای و برون منطقه ای می باشند؛ به طور کلی می توان ویژگی های سفال های عصر آهن شرق کردستان شامل: فرم های رایج کاسه ها، خمره ها، کوزه هستند. سفال ها اکثراً دارای قطعات لبه، بدنه، ساده، چرخ ساز هستند؛ هر چند سفال های دست ساز هم در میان آن ها دیده می شود. سفال ها دارای پخت کافی، آمیزه شن و ماسه-میکا، پوشش نخودی، قرمز، خاکستری، قهوه ای روشن، برخی نیز دارای نقش هندسی به صورت کنده-نقاشی هستند. سفال ها

با محوطه‌های باستانی نوشیجان (Stronach, 1968 & 1978)، گودین (Young, 1965; Gopink, 2005)، باباجان (Goff, 1985 & 1978; Young & Levine, 1978)، حاج‌نبی (خطیب‌شهیدی، ۱۳۸۹)، رضاآباد (محمدی‌فر، ۱۳۹۲)، یلفان (ملازاده، ۱۳۹۳)، موش‌تپه (Mohammadifar, 2015)، بیستون (علیزاده، ۱۳۸۲)، حسنلو (Dyson, 1965)، حسنلوی IV (کامبخش‌فرد، ۱۳۹۲)، قلاچی (Mollazadeh, 2008)، تخت‌سلیمان (فون و همکاران، ۱۳۸۲)، عقرب‌تپه (Muscarella, 1973)، زیویه (معمدی، ۱۳۷۶؛ 1974; Young, 1965)، کول‌تاریکه (Rezvani, 2007)، ملامچه (مهاجری‌نژاد، ۱۳۹۳)، پیش‌تکوه لرستان (Overlaet, 2005)، سرخ‌دم لکی (شیشه‌گر، ۱۳۸۴)، خورویین (نگهبان، ۱۳۷۶)، تپه‌ازبکی (مجیدزاده، ۱۳۸۹)، زارباغ قم (سعیدیان، ۱۳۹۰)، قلی‌درویش (سلیمانیان و همکاران، ۱۳۹۰)، قابل‌مقایسه هستند (ج‌دول ۱، تصویر ۱).



تصویر ۱: نمونه سفال‌های عصر آهن شرق کردستان (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 2: Pottery sample from the Iron Age - Eastern Kurdistan (Authors, 2022).

داده‌های محیطی

در این مطالعه از مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی ۲۸ متر استفاده شده است. هرگونه تغییر در این داده، تغییر در اقلیم، وزش باد، باران و... را در پی خواهد داشت؛ هم‌چنین تغییر در ارتفاع باعث تغییراتی در شیوه معیشتی می‌شود (خسروزاده و حبیبی، ۱۳۹۴: ۱۰۹). از مدل رقومی ارتفاعی برای استخراج اطلاعات جدید، مانند: شیب، جهت شیب و انحنای زمین استفاده شده است. این اطلاعات داده‌هایی نسبتاً مشترک و قابل‌توجهی هستند که عموماً در مدل‌های پیش‌بینی در باستان‌شناسی استفاده شده و هم‌چنین داده‌های انحنای زمین (یا: Land curvature) نیز مورد استفاده قرار گرفته است؛ که به عنوان نرخ تغییر شیب تعریف می‌شود (Whitworth, 2011: 469).

مطالعات باستان‌شناسی نشان می‌دهد که شکل‌گیری استقرارها ارتباط مستقیمی با منابع آبی سطحی دارد و این موضوع که جغرافیای ایران در اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته، به اهمیت منابع آبی افزوده است؛ و در منطقه مورد مطالعه نیز تأثیر به‌سزایی در مکان‌گزینی محوطه‌های باستانی داشته است (الیاسوند، ۱۳۸۵). در این پژوهش، هم‌چنین از نقشه پوشش گیاهی (Ghorbanian et al., 2020) و نقشه کاربری اراضی (Buchhorn, 2020) استفاده شده است.

جدول ۱: نمونه‌های سفالی شاخص عصر آهن برخی محوطه‌های بخش شرقی کردستان (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Tab. 1: Technical specifications of pottery Iron Age- Eastern Kurdistan (Authors, 2022).

ردیف	نام محوطه	نوع قطعه	رنگ خمیره	تکنیک ساخت	رنگ پوشش		دوره	مقایسه
					درونی	بیرونی		
۱	محوطه بان گناو، روستای قشلاق خانه، بیجار	بدنه	آجری	کامل	چرخ‌ساز	شن ریز	عصر آهن	
۲	تپه کاکوچک روستای بهرام آباد، بیجار	کف	خاکستری	کامل	چرخ‌ساز	کانی	آهن III	محوطه رضا آباد - جلو آسیاب (رستگاردفرد، ۱۳۹۴)، حاج‌نبی (خطیب‌شهیدی، ۱۳۸۹)
۳	محوطه کانی چای روستای گلبلاغ، بیجار	بدنه	نخودی	کامل	چرخ‌ساز	کانی	آهن III	
۴	تپه کماجار، روستای مقلی، بیجار	لبه و آبریز	آجری	کامل	چرخ‌ساز	کانی	آهن III	سرخ‌دم لکی (شیشه‌گر، ۱۳۸۴)، ازبکی (مجیدزاده، ۱۳۸۹)، حاج‌نبی (خطیب‌شهیدی، ۱۳۸۹)
۵	تپه چراغ‌آباد، روستای چراغ‌آباد، دهگلان	لبه و آبریز	قرمز	ناکافی	چرخ‌ساز	ماسه و میکا	آهن II	
۶	محوطه تپه ویس ۱ روستای بلدستی، دهگلان	لبه و آبریز	قهوه‌ای	ناکافی	چرخ‌ساز	ماسه و میکا	آهن II	Young, 1965: 65, fig. 7 (۳)
۷	قلعه و محوطه یحیی سلطان روستای خورخوره، بیجار	لبه	خاکستری	ناکافی	دست‌ساز	شن ریز		محوطه زیویه و گودین (کامبخش‌فرد، ۱۳۸۰: ۳۷۲، گودین ۱۰، زیویه ۱۰)، رضاآباد (رستگاردفرد، ۱۳۹۴)، حاج‌نبی، (خطیب‌شهیدی، ۱۳۸۹). حسنلوی III. یلفان Levine & Young, 1974: p129. 46.18. / Godin II / Iron III Young, 1961: P 119, 43(5). / Godin II / Iron III
۸	محوطه پشت باغ روستای زاغه فولاد، بیجار	لبه	قهوه‌ای	کامل	چرخ‌ساز	کانی	آهن III	محوطه ازبکی / سفال عصر آهن و مادی دوشانتپه؛ مجیدزاده، ۱۳۸۹: طرح ۶۶، ۹ و ۱۷ و ۱۱.
۹	محوطه پشت‌قلا روستای جعفرآباد، بیجار	لبه	نارنجی روشن	کامل	چرخ‌ساز	ماسه ریز	آهن I	قلی‌درویش / سلیمانان و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۸۳ سفال ۳۳.
۱۰	محوطه ساری‌قیه روستای اسلام‌آباد (شاه‌نشین)، بیجار	لبه	خاکستری	کافی	چرخ‌ساز	شن	عصر آهن	محوطه ازبکی، سفال عصر آهن دوشان تپه (مجیدزاده، ۱۳۸۹: ۵۵، ۱۰)
۱۱	تپه چراغ‌آباد، روستای چراغ‌آباد، دهگلان	لبه	قرمز	کافی	چرخ‌ساز	ماسه نرم و میکا	آهن II	
۱۲	محوطه تپه ویس ۱ روستای بلدستی، دهگلان	لبه	نارنجی	کامل	چرخ‌ساز	شن نرم و میکا	آهن II	Godin Tape: Young & Livne, 1974: 127 fig. 45 (۳۳)
۱۳	تپه کهریز، روستای جوانمردآباد، دهگلان	لبه و بدنه	قهوه‌ای	ناکافی	چرخ‌ساز	ماسه و میکا	آهن III	Stronach & Roaf, 1978: 17: fig. 6(3) فون درواستن و ناومان، ۱۳۸۲: ۱۹۳: (۱۸).
۱۴	تپه پشت و بنه روستای فیروزآباد، قروه	لبه	خاکستری	کافی	چرخ‌ساز	شن نرم	آهن II	حسنلوی IV (کامبخش‌فرد، ۱۳۹۲: ۲۳۸-۲۳۹) و خروین (نگهبان، ۱۳۷۶: ۴۷۴-۴۷۸) و گودین II (Yong, 1965: 145)
۱۵	تپه گلاذگر، روستای مقلی، بیجار	لبه	آجری	کامل	چرخ‌ساز	کانی	آهن III	Muscarella, 1974: fig. 15.3. / Agrab Tepe / Iron III Mollazadeh, 2008: PL 8, 5 / Qalaichi / Iron III, Dyson, 1997: fig. 7. D / Hasanlu IIIa, Young, 1961: P 123, 44(18) / Godin II / Iron III

در کنار داده های فوق، از متغیر فاصله از راه ها و روستاها با الگوریتم فاصله اقلیدوسی در نرم افزار ArcGIS برای بررسی فاصله محوطه ها از متغیرها به کار گرفته شده است. مطالعات چشم انداز فرهنگی نشان دهنده تأثیرپذیری راه ها و روستاها از چشم انداز فرهنگی قدیمی تری هستند. در این حالت در منطقه مورد مطالعه تنها ۴۰٪ از محوطه های عصر آهن در فاصله ۳۰۰۰ متری راه ها قرار دارند، و تصدیق این ارتباط را می توان در مطالعات دیگر پیدا کرد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۷؛ علیرضایی و همکاران، ۱۳۹۸). پیش تر باستان شناسان نشان دادند که وضعیت مکان گزینی محوطه های باستان شناختی در هر کدام از رده های خاکی نمایشگر اطلاعات مهمی از جوامع باستانی هستند. آن چنان که ۶۲٪ محوطه های دوره پیش از تاریخ منطقه شمال غرب دریاچه ارومیه در رده های خاک مناسب برای کشاورزی قرار دارند (گراوند و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۹۶)؛ هم چنین مکان گزینی محوطه های تاریخی در هر رده خاکی تأثیر مستقیمی در مساحت محوطه ها و حتی نشانگر وضعیت معیشتی جوامع باستانی است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۰۶-۱۰۷). هم چنین نقشه زمین شناسی و نحوه مکان گزینی محوطه ها در هر یک از سازندها چشم انداز متفاوتی را ایجاد می کند؛ محیطی با ناهمواری، شیب زیاد و سازندهای مختلف درجه اهمیت متفاوتی دارند (جدول ۲: انواع متغیرهای طبیعی استفاده شده همراه با مشخصات آنان).

جدول ۲: متغیرهای محیطی تأثیرگذار در پیش بینی مطلوبیت چشم انداز برای شکل گیری محوطه ها (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Tab. 2: Environmental variables influencing the prediction of landscape suitability for sites formation (Authors, 2022).

ردیف	نام متغیر	دامنه تغییرات	میزان تأثیر پذیری (%)
۱	ارتفاع (DEM)	۱۳۶۴-۳۳۱۰ متر	۱۶
۲	شیب	۰-۷۰ درجه	۱۴
۳	انحنای زمین	۱۸۰۰۰-۲۱۰۰۰ متر	۰۳
۴	پوشش زمین	شامل ۸ نوع پوشش سطح زمین	۲۴۳
۵	کاربری اراضی	شامل ۱۳ نوع کاربری سطح زمین	۳۲۶
۶	زمین شناسی	شامل ۸ کلاس سازند زمین شناسی	۳۶
۷	فاصله از رود	۰-۵۰۰۰ متر	۸۱
۸	فاصله از راه	۰-۸۰۰۰ متر	۶۴
۹	فاصله از روستا	۰-۲۰۰۰ متر	۱۷۲
۱۰	خاک	شامل ۳ رده خاکی	۱۸
۱۱	جهت شیب	جهات اصلی	۲۸

مدل سازی به روش MaxEnt

در این نوشتار، مدل پیش بینی با استفاده از اصل حداکثر آنتروپی (MaxEnt) به اجرا در خواهد آمد. این گونه مدل سازی های پیش بینی در باستان شناسی نیازمند دو نوع داده ورودی: شامل داده های محیط زیستی (متغیرهای محیطی که براساس مطالعات باستان شناختی در مکان گزینی محوطه های تاریخی تأثیر مستقیم و غیرمستقیم دارند) و هم چنین داده های مربوط به محوطه های باستان شناختی که تحت عنوان داده های حضور نیز شناخته می شوند، است. MaxEnt یکی از الگوریتم های بسیار رایج یادگیری ماشینی است که به حداکثر آنتروپی یا نزدیک به واقعیت برمی گردد؛ بنابراین، در غیاب تأثیر عوامل محدودکننده دیگر نسبت به محدودیت های اعمال شده در مدل، پراکندگی چشم اندازی داده های حضور (محوطه ها یا هرگونه داده تاریخی) تمایل به حداکثر آنتروپی یا تأثیرپذیری از اکثریت را دارد (زمانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴). بر این اساس

مدل‌سازی مبتنی بر حداکثر بی‌نظمی است که برای پیش‌بینی حضور محوطه‌ها در زمانی که دسترسی به آن‌ها مقدور نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش، احتمال پراکندگی حضور محوطه‌ها را براساس محدودیت‌های به دست آمده از داده‌های موجود (داده‌های حاصل از مقادیر زیست‌محیطی و بررسی‌های باستان‌شناسی) تخمین می‌زند. نکته مهم در این مدل پیش‌بینی، میزان مطلوبیت هر سلول است که براساس تابعی از متغیرهای محیطی بیان می‌شود (Alwi, 2019: 2); ارزش بالای هر سلول نشان‌دهنده این است که آن سلول شرایط مطلوب‌تری برای شکل‌گیری محوطه‌های باستان‌شناسی در چشم‌انداز را دارا می‌باشد.

مساحت مدل

محدوده منطقه مورد مطالعه، شامل جغرافیای سیاسی شهرستان‌های بیجار، قروه و دهگلان است. هدف از این مطالعه، انجام بهترین پیش‌بینی محوطه‌های باستان‌شناختی عصر آهن شهرستان قروه با استفاده از داده‌های حضور (محوطه‌ها) مناطق پیرامونی چون شهرستان‌های بیجار و دهگلان است. با توجه به اقلیم و چشم‌انداز مشابه حاکم بر بخش شرقی کردستان ایران پیش‌بینی محل شکل‌گیری محوطه‌های شهرستان قروه براساس مدل پیش‌بینی MaxEnt ارائه خواهد شد. در (جدول ۳) تمام داده‌های حضور (محوطه‌ها) ارائه شده، ۹۶ محوطه است. از این تعداد، ۲۴ محوطه (۲۵٪) به صورت تصادفی به عنوان داده‌های آزمایشی برای سنجش مدل انتخاب شده‌اند (برای آشنایی با گروه کنترلی یا داده‌های آزمایشی ر. ک. به: Wachtel et al., 2018: 33); و ۷۲ محوطه (۷۵٪) برای آموزش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مدل MaxEnt در این نوشتار دو ناحیه را تعریف می‌کند؛ منطقه نخست، که به عنوان محدوده آموزشی شناخته می‌شود شامل تعداد ۹۶ داده حضور (محوطه‌ها) است که محدود به محوطه‌های عصر آهن شهرستان‌های بیجار و دهگلان در شرق کردستان می‌شوند (تصویر ۲: A). منطقه دیگر، که به عنوان منطقه پیش‌بینی شناخته می‌شود، شامل شهرستان قروه است که با داده‌های حضور فوق‌الذکر، مطلوب‌ترین نقاط برای شکل‌گیری محوطه‌های استقراری عصر آهن، پیش‌بینی خواهد شد (تصویر ۲: B).

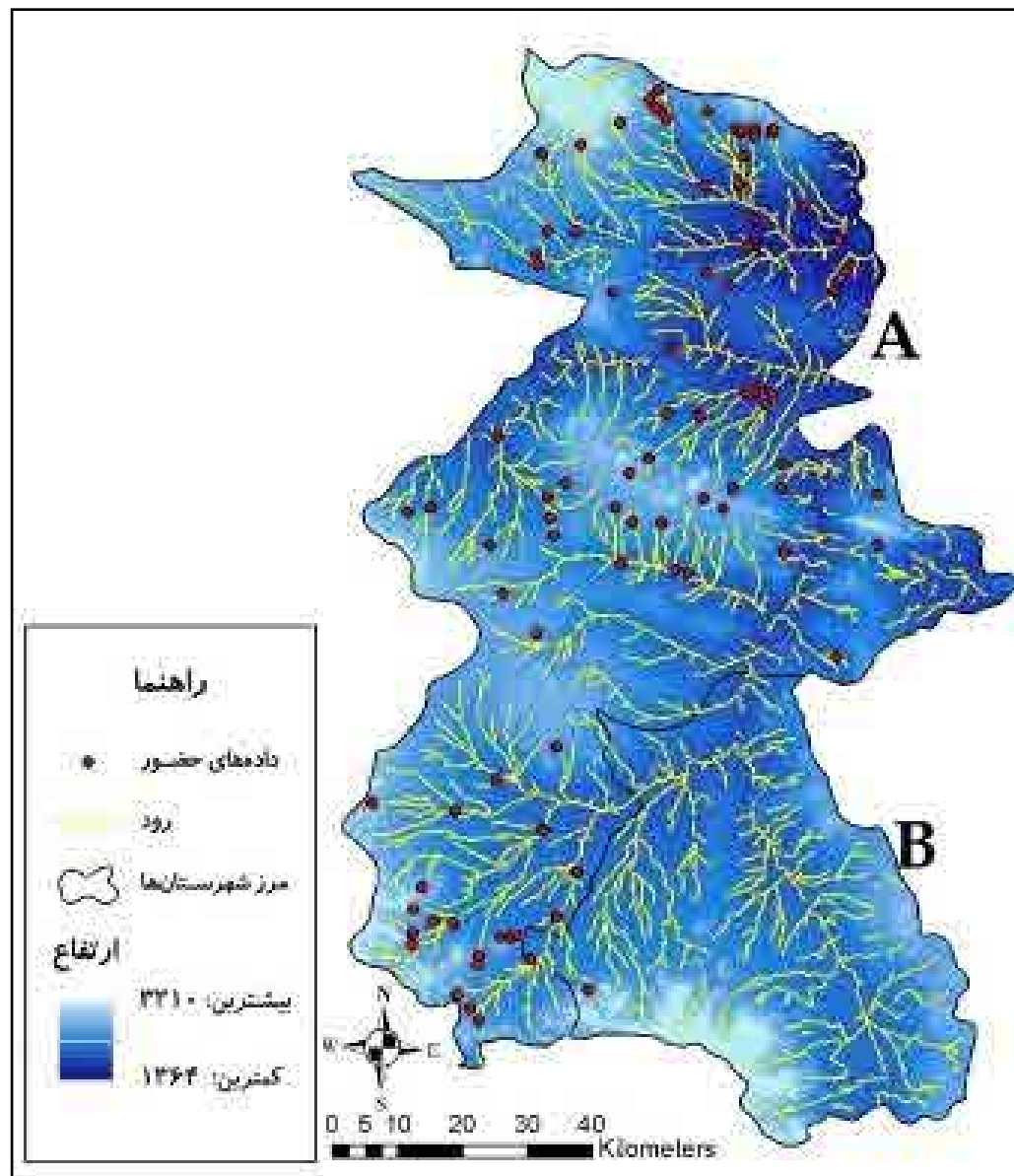
جدول ۳: مجموع داده‌های حضور مدل پیش‌بینی MaxEnt (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Tab. 3: Total attendance data for the MaxEnt prediction model (Authors, 2022).

درصد	تعداد	نوع داده	داده‌های حضور (محوطه‌ها)
۷۵	۷۲	داده‌های آموزشی	۹۶ محوطه
۲۵	۲۴	داده‌های آزمایشی	

کارایی نتایج

مدل‌های حداکثر آنتروپی را می‌توان با توجه به آمارهایی که نمونه‌هایی از خروجی مدل محسوب می‌شود، مورد ارزیابی قرار داد. پارامترهایی که در ادامه بدان اشاره خواهد شد، موضوع قابل اهمیتی است که باستان‌شناسان می‌توانند صحت کار خود را با آن بررسی کنند. آن چه که به عنوان میزان حساسیت مدل شناخته می‌شود؛ اهمیت هر کدام از متغیرهای محیطی را برای دستیابی به نتیجه نهایی نشان می‌دهد. در این شرایط می‌توان میزان تأثیرگذاری هر متغیر را بر مطلوبیت هر بخش از چشم‌انداز به منظور شکل‌گیری محوطه‌ها را مشاهده نمود. می‌توان متغیرهای کم‌اهمیت را از مدل‌سازی خارج نمود یا بر این اساس، جایگاه مناسبی در تفسیرهای باستان‌شناختی به آن اختصاص داد. آماره حساسیت مدل که تحت عنوان جک نایف شناخته می‌شود؛ سهم هر یک از متغیرها را در توسعه مدل پیش‌بینی محوطه‌های باستان‌شناسی شهرستان قروه نشان می‌دهد.



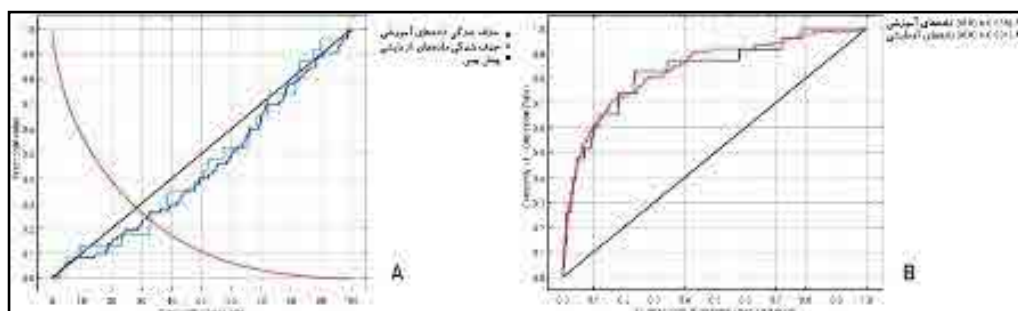
تصویر ۲: محدوده آموزشی مدل (A) و محدوده مدل سازی پیش بینی شهرستان قروه (B)، شرق کردستان (نگارندگان، ۱۴۰۱).
Fig. 4: Model training area (A) and prediction modelling area (B) of Qorveh County-Eastern Kurdistan (Authors, 2022).

(میرسنجری و سخنگو، ۱۳۹۷: ۲۶). وزنی که برای هر کدام از متغیرها محاسبه می شود، توسط مدل پیش بینی براساس معادله زیر ارائه می شود (Nicu et al., 2019: 6):

$$APM = \sum FRI$$

در اینجا FRI نسبت فراوانی (Frequency Ratio) هر متغیری است که در آن مساحت و محدوده محوطه های عصر آهن ایجاد و شکل گرفته اند؛ بر این اساس، حساسیت مدل برای داده های آموزشی، آزمایشی و AUC یا سطح زیر منحنی در دسترس است. متغیرهای محیطی تأثیرگذار در داده های آموزشی: متغیرهای پوشش گیاهی، کاربری اراضی و فاصله از روستا هستند که در مورد داده های آزمایشی نیز صادق است و به همین شکل متغیرهای خاک، انحنای زمین و زمین شناسی کمترین تأثیرگذاری را بر مدل پیش بینی دارند. در عین حال، آزمون حساسیت جک نایف برای AUC ارزیابی کلی مدل نشان دهنده بیشترین تأثیرگذاری پوشش گیاهی، فاصله از رود، فاصله از

روستا و ارتفاع است. همان‌گونه که مشخص است جک نایف به ارزیابی تک‌تک متغیرهای وارد شده به مدل می‌پردازد. از موارد دیگر برای صحت‌سنجی مدل MaxEnt آماره ROC یا آن‌چه که در این‌گونه مدل‌سازی به‌عنوان AUC خوانده می‌شود (کرمی و اسمعیلی‌رینه، ۱۳۹۹: ۳۱۷)، نیز ابزار مناسبی برای برآورد صحت کلی فرآیندهای انجام‌شده در طول مدل‌سازی است. نتایج این‌گونه نشان می‌دهد که مدل در ۱۰ تکرار خود نتایج موفق‌تری را کسب کرده و نه تنها مشکلی در اجرا نداشته، بلکه نزدیک به استنباط تصادفی نبوده است. میانگین AUC با دفعات اجرای مدل برابر ۰٫۸۳۶ محاسبه شده که نتیجه‌ای مطابق با ماهیت مدل‌سازی است. چنان‌که هرچه این مقدار به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده تأیید نتایج و هرچه به ۰٫۵ نزدیک‌تر باشد، تصادفی بودن مدل پیش‌بینی را محتمل می‌نماید و متغیر کاربری اراضی تأثیرگذارترین عامل بر نتیجه مدل معرفی می‌شود. در برخی مطالعات مشابه مقدار مساحت زیرمنحنی (AUC) عدد ۰٫۷۲ به‌دست آمده است (Nicu et al., 2019: 6)، و حتی مقدار ۰٫۶۵ را نیز در مطالعات باستان‌شناختی به‌عنوان نتیجه صحیح تفسیر نموده‌اند (Ondrejka & Šabatová, 2018: 273؛ به نقل از: Nicu et al., 2019: 7). برخی تحلیل‌های آماری مدل MaxEnt درک نحوه اجرا و درستی تنظیمات باستان‌شناس را بیان می‌کند. چنان‌چه نسبت ۲۵٪ از داده‌های آزمایشی به‌صورت تصادفی برای مدل استفاده شود؛ تحلیل‌هایی در خروجی مدل ارائه می‌شود. در این تحلیل‌ها از مقدار آستانه برای مرزبندی پیش‌بینی مناسب/نامناسب استفاده می‌شود. چنان‌که نمودار نشان می‌دهد، چگونه داده‌های آموزش و آزمایش و محدوده پیش‌بینی با انتخاب مقدار آستانه تغییر می‌کند. در این نوشتار نیز نمودار (تصویر ۳: A) نرخ حذف شدگی و مساحت پیش‌بینی به‌عنوان تابعی از مقدار آستانه ارائه شده است؛ بدین معنی که نرخ حذف شدگی بر روی هر دو داده‌های حضور آموزشی و داده‌های آزمایشی محاسبه شده است؛ و بر این اساس آن‌چنان‌که مشخص است نرخ حذف شدگی باید نزدیک به پیش‌بینی بوده باشد؛ چراکه مقدار آستانه به دفعات در طول پردازش در حال محاسبه و روند صحیح را ارائه می‌کند و زمانی بسیار دورتر از خط پیش‌بینی قرار می‌گیرد که داده‌های آموزشی و آزمایشی مستقل نباشند؛ هم‌چنین، می‌توان میزان نرخ پیش‌بینی را به نسبت مقدار AUC مورد بررسی قرار داد. این موضوع که قراردادی برای داده‌های آزمایشی و آموزشی مدل است، میزان کارایی مدل و صحت آن را نشان می‌دهد. مهم است که بدانیم برای داده‌های آموزشی (خط قرمز) اگر مقدار AUC بالاتر از داده‌های آزمایشی (خط آبی) باشد، نرمال خواهد بود. چنان‌که در این مطالعه مطابق نمودار (تصویر ۳: B) تعریف شده است. براساس نمودار، هرچه داده‌های آزمایشی به سمت چپ بالای نمودار حرکت کند، مدل در پیش‌بینی مطلوبیت حضور داده‌های آزمایشی بهتر عمل کرده است.

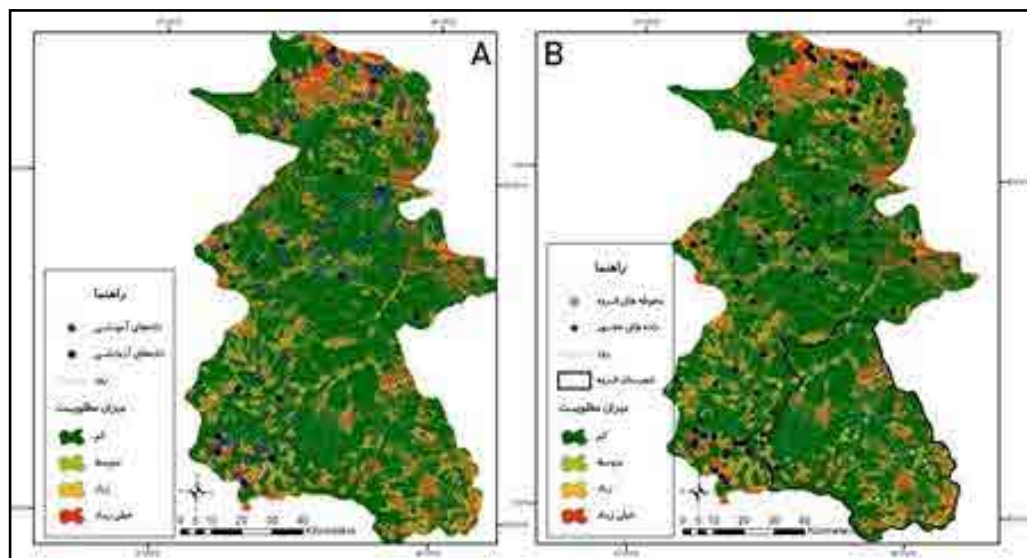


تصویر ۳: (A) نمودار آماری میزان حذف شدگی پیش‌بینی، (B) نمودار آماری حساسیت آماره AUC برای داده‌های حضور نگارندگان. (۱۴۰۱).

Fig. 5: (A) Statistical Chart of the prediction deletion rate. (B) Statistical plot of the sensitivity of the AUC statistic for the attendance data (Authors, 2022).

بحث و تحلیل

نتیجه نهایی مدل پیش بینی برای بخش شرقی کردستان در تصویر ۴: A، قابل مشاهده است. همان گونه که پیش تر عنوان شد براساس نسبت فراوانی (FR) متغیر پوشش زمین و کاربری اراضی از تأثیرگذارترین ها بر مدل پیش بینی بوده اند و ضریب تأثیرگذاری آن ها به ترتیب ۲۴/۳ و ۳۲/۶ برآورد شده است. در جدول ۲، تمام ضرایب هر متغیر محاسبه شده است. به منظور دستیابی به فهم بهتر از خروجی مدل، نقشه پیش بینی در کلاس های مختلف ارائه شده است. کلاس بندی نقشه در نرم افزار ARCGIS با مقدار آستانه به روش شکست طبیعی^۱ صورت گرفته است. نقشه پیش بینی در کلاس های با مطلوبیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم تهیه شده است. این روش امکان انجام برخی محاسبات آماری را بر روی نقشه پیش بینی فراهم می کند که در (جدول ۴) ارائه شده است. هرکدام از سلول ها در نقشه ارائه شده ۲۸×۲۸ متر است و می توان نتیجه به توان دو رسیده هر سلول را در تعداد سلول ها ضرب کرد و مساحت هر کلاس تعریف شده را به متر مربع محاسبه نمود.



تصویر ۴: A) خروجی مدل پیش بینی بخش شرقی کردستان و کلاس بندی مساحت مدل، B) مدل پیش بینی شهرستان قروه و قرارگیری محوطه های عصر آهن در مدل (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Fig. 6: A) Output of the prediction model for the Eastern part of Kurdistan and classification of the model area, B) Prediction model for Qorveh County and location of Iron Age sites within the model (Authors, 2022).

براساس کلاسه بندی نقشه پیش بینی، منطقه با مطلوبیت کم، بیشترین مساحت محدوده پیش بینی را دربر می گیرد و شامل ۷۲٪ کل محدوده می شود. در مقابل، نتایج بهتری را نیز به دلیل کاهش مساحت مناطق در گروه با مطلوبیت زیاد می توان بررسی کرد. این مناطق که در گروه های با مطلوبیت خیلی زیاد و زیاد دسته بندی شده اند، و به ترتیب ۱۰/۵ و ۷/۵٪ مساحت کل را شامل می شود و در مقابل بیشترین تعداد محوطه ها که شامل ۸۹٪ محوطه ها است را دربر می گیرد، این محدوده ها به ترتیب تعداد ۵۷ و ۲۹ محوطه را نشان می دهند؛ در عین حال که مناطق با بیشترین مطلوبیت را یادآور می شود، مساحت بررسی باستان شناختی را به میزان بالایی کاهش می دهند. رابطه ای که «کوام» در مطالعات مدل های پیش بینی در باستان شناختی پیشنهاد کرده است (Kvamme, 1988: 329-335) و به عنوان «یابش کوام»^۲ شناخته می شود را بسیاری از باستان شناسان برای سنجش کیفیت مدل پیش بینی کاربردی داشته اند (Nicu et al., 2019: 7; Wachtel, 2018).

23) که درصد درست پیش‌بینی را نشان می‌دهد. بعد از نمایش نتیجه مدل‌سازی پیش‌بینی، چنان‌چه مساحت مدل پیش‌بینی (در این نوشتار محدوده با مطلوبیت خیلی زیاد) شامل بخش کوچکی از کل مساحت مدل بود و در عین حال درصد بالایی از داده‌های حضور (محوطه‌ها) را شامل شود، مانند آن‌چه در این نوشتار ارائه شده است، می‌توان موفقیت‌آمیز بودن مدل‌سازی را تأیید کرد؛ بدین‌گونه‌ها، مدل‌های با رویکرد ارزشی ۱ نیز گفته می‌شود (Kvamme, 1988: 344)؛ در مقابل، اگر مساحت مدل پیش‌بینی شامل بخش بیشتری از مساحت کل باشد و دربرگیرنده درصد محدودی از محوطه‌ها باشد، نمی‌توان انتظار مدل پیش‌بینی صحیحی را داشت. در این شرایط رابطه یابش کوام کاربردی است. برخلاف آن‌چه برخی باستان‌شناسان عنوان می‌کنند، صرفاً ارائه درصد از داده‌های موجود مدل پیش‌بینی، صحت مدل را تصدیق نمی‌نماید؛ یابش را از رابطه زیر می‌توان محاسبه نمود:

$$(Kvamme's\ Gain = 1 - (Area\ Percentage/Percentage\ of\ Sites))$$

با نزدیک شدن به مقدار ۱، قابلیت پیش‌بینی و صحت مدل افزایش می‌یابد. اگر نزدیک یا صفر باشد مدل کاربرد پیش‌بینی کمی دارد یا فاقد چنین کاربردی است. اگر مقدار یابش منفی باشد (>۰) مدل دارای کاربرد پیش‌بینی معکوس است؛ بدین شکل که تراکم بیشتری از سایت‌ها در خارج از منطقه مشخص شده توسط مدل رخ داده است (Nicu et al., 2019: 7; Kvamme, 1988: 329). این مطالعه، محدوده با مطلوبیت خیلی زیاد ۱۰٫۵٪ مساحت مدل را پوشش می‌دهد و شامل ۵۹٪ محوطه‌ها نیز می‌شود؛ در این حالت:

$$Gain = 1 - \frac{10.5}{59} = 0.82$$

جدول ۴: نتایج آماری نسبت فراوانی برای مدل پیش‌بینی محدوده آزمایشی، شهرستان‌های بیجار و دهگلان (نگارندگان، ۱۴۰۱).
Tab. 4: Statistical results of the frequency ratio for the experimental area prediction model in Bijar and Dehgolan counties (Authors, 2022).

کلاس‌ها	تعداد سلول‌ها	مساحت (%)	تعداد محوطه‌ها	محوطه‌ها (%)
خیلی زیاد	۱۳۳۶۰۰۳	۱۰۵	۵۷	۵۹
زیاد	۹۵۴۴۴۶	۷۵	۲۹	۳۰
متوسط	۱۳۴۶۸۹۷	۱۰	۶	۶۵
کم	۹۵۳۱۸۱۱	۷۲	۴	۴۵
کل	۱۳۱۵۹۱۵۷	۱۰۰	۹۶	۱۰۰

نکته: مقدار سلول‌های محدوده آزمایشی و محدوده پیش‌بینی شهرستان قروه به‌طور مشترک محاسبه گردیده است.

تصویر ۴: B، محدوده مدل پیش‌بینی شهرستان قروه را نشان می‌دهد. در یک بررسی اولیه برای شناسایی میزان دقت مدل ایجاد شده، تعدادی از محوطه‌های شاخص عصر آهن منطقه که در طول سالیان خارج از یک برنامه بررسی مدون، شناسایی شده‌اند (آرشیو اداره میراث فرهنگی شهرستان قروه) به پیش‌بینی صورت گرفته، اضافه شدند. از مجموع ۸ محوطه عصر آهن، تعداد ۵ محوطه (۶۲٪) در محدوده با مطلوبیت خیلی زیاد و تعداد ۲ محوطه (۲۵٪) در محدوده مطلوبیت زیاد و ۱ محوطه در محدوده مطلوبیت کم قرار گرفته‌اند (جدول ۵). با توجه به این‌که داده‌های آزمایشی و آموزشی مدل شامل محدوده شهرستان قروه نبوده و نتیجه ارائه شده براساس محدوده آزمایشی بوده است، میزان دقت ۶۲٪ در منطقه با مطلوبیت خیلی زیاد، از نتایج موفقیت مدل پیش‌بینی ارائه شده برای بخش شرقی کردستان با گاهنگاری عصر آهن ایران است. مقدار یابش کوام برای مدل پیش‌بینی شهرستان قروه نیز ۸۶٪ است که نشان از کاربرد بالای پیش‌بینی رخ داده دارد.

جدول ۵: نتایج آماری نسبت فراوانی برای مدل پیش بینی محدوده شهرستان قروه (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Tab. 5: Statistical results of the frequency ratio for the area prediction model Range Qorveh County (Authors, 2022).

کلاس ها	تعداد سلول ها	مساحت (%)	تعداد محوطه ها	محوطه ها (%)
خیلی زیاد	۳۰۴۷۰۲	۸.۵	۵	۶۲.۵
زیاد	۲۴۷۶۶۰	۷	۲	۲۵.۵
متوسط	۳۷۶۹۵۷	۱۰.۵	۱	۱۲
کم	۲۶۳۳۸۰۴	۷۴	۰	۰
کل	۳۵۶۳۱۲۳	۱۰۰	۸	۱۰۰

نتیجه گیری

مدل سازی به روش MaxEnt نیازمند استفاده از داده های حضور (محوطه ها) است و در غیر این صورت مدل سازی پیش بینی بدین روش امکان پذیر نخواهد بود. این نوشتار با ایده ایجاد مدل پیش بینی بدون داده های حضور شکل گرفته است. بدین منظور، مدل پیش بینی شامل دو دسته مساحت تعریف شده است؛ نخست، محدوده آزمایشی؛ این محدوده دارای داده های حضور (محوطه ها) و هم چنین عوامل و متغیرهای محیطی برای پیکربندی مدل پیش بینی است. دوم، محدوده پیش بینی؛ این بخش و چشم انداز شامل شهرستان قروه در بخش شرقی کردستان است. محدوده پیش بینی فاقد داده های حضور به عنوان ابزاری مهم در مدل سازی است. براساس این نوشته در صورت انتخاب چنین روشی رعایت نکاتی از موارد بنیادی پژوهش خواهد بود؛ نخست، در انتخاب دو منطقه، ویژگی های مشترک چشم اندازی و عوامل محیطی قابل اهمیت است. ویژگی های مشترک محیطی و امتیازهای برابر طبیعی بین دو منطقه مورد مطالعه قابل توجه است. برخی ویژگی های طبیعی در دیگر چشم اندازها و مناطق به عنوان یک عامل بیگانه شناخته می شود؛ درواقع، ویژگی های نابرابر محیطی و چشم اندازی امکان پیش بینی با این رویکرد را منتفی می نماید. دوم، باید مورد توجه باستان شناسان باشد که حدالمقدور دو منطقه دارای یک مرز مشترک باشند؛ محدودیت های نرم افزاری انتخاب دو منطقه جدا را میسر نمی سازد و هم چنین سیستم مختصات مشترک از ویژگی های مهم دو منطقه انتخابی هستند و در مدل سازی پیش بینی باید این نکته رعایت شود.

محدوده آزمایشی این مدل سازی دارای ۹۶ داده، حضور (محوطه) با گاهنگاری عصر آهن انجام شده است؛ و از این تعداد ۲۵٪ از داده ها به عنوان داده های آزمایشی و ۷۵٪ به عنوان داده های آموزشی به مدل معرفی شدند. مدل سازی به روش MaxEnt با بررسی تک تک متغیرهای تأثیرگذارترین آن ها را معرفی می نماید. عواملی چون: پوشش گیاهی و کاربری اراضی، فاصله از روستا و فاصله از منابع آبی از تأثیرگذارترین متغیرهای بر نتیجه مدل معرفی شده اند. در این حالت تحلیل آماری MaxEnt از دیگر متغیرها نیز ارائه شده است. بررسی متغیر ارتفاع نشان می دهد این متغیر در طیف ارتفاعی ۱۳۷۸-۱۴۰۰ متر از سطح آب های آزاد بیشترین تأثیرگذاری را بر محوطه ها دارد. بیشترین تأثیر بر محوطه ها از سوی رودخانه ها در فاصله ۱۰۰۰ متری بوده و از فاصله ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متری کمترین تأثیرگذاری و دوباره از ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متری تأثیر مؤثری را بر مکان گزینی محوطه ها داشته و مشخص شده است که در فاصله ۲۰۰۰ متری روستاها شانس شکل گیری محوطه ها بیشتر از فاصله های دورتر است. نقشه پیش بینی به کلاس های مختلفی براساس مقدار آستانه مشخصی که پیش تر به آن اشاره شده، به چهار گروه تقسیم شده است؛ مناطق با مطلوبیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم. با توجه به این تقسیم بندی مناطق و مساحت با مطلوبیت خیلی زیاد ۱۰/۵٪

از مساحت کل مدل را شامل می‌شود و ۵۹٪ محوطه‌ها (داده‌های حضور) درون این ناحیه قرار گرفته‌اند. مناطق با مطلوبیت زیاد و متوسط و کم به ترتیب شامل ۳، ۶، ۵ و ۴۷٪ محوطه‌هایی هستند که درون این مناطق رخ داده‌اند. با توجه به این که مساحت منطقه پیش‌بینی با مطلوبیت خیلی زیاد، کم و در عین حال شامل بیشترین درصد محوطه‌ها نیز می‌شود؛ می‌توان مدل را دارای کاربرد پیش‌بینی دانست؛ هم‌چنین براساس یابش کوام، که پیش‌تر رابطه آن ذکر شد، مقدار نزدیک به یک، تداعی‌کننده مدل ارزش رویکردی ۱ است و به معنای صحت مدل توسط باستان‌شناسان تصدیق شده است. مقدار یابش برای محدوده آزمایشی و هم‌چنین محدوده پیش‌بینی به ترتیب ۰٫۸۲ و ۰٫۸۶ رخ داده است. این مدل نشان داد می‌توان اقدام به مدل‌سازی پیش‌بینی برای منطقه‌ای بدون داده‌های حضور اقدام کرد و در عین حال پیکربندی بهینه مدل MaxEnt دیگر باستان‌شناسان را قادر خواهد ساخت، در عین مطالعه متغیرهای محیطی تأثیرگذار در مطالعات باستان‌شناختی، مناطق پرریسک طبیعی و انسانی را به منظور مدیریت منابع فرهنگی شناسایی و تجزیه و تحلیل نمایند. به‌کارگیری درست این‌گونه مدل‌ها، پیش‌برد نظریه‌های باستان‌شناختی در زمینه مطالعات چشم‌انداز فرهنگی را در پی خواهد داشت.

سپاسگزاری

در پایان نویسندگان برخورد لازم می‌دانند که از داوران ناشناس نشریه با نظرات ارزشمند خود به غنای متن مقاله افزودند، قدردانی نمایند.

درصد مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از رساله نویسنده اول به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم بوده است، برهمین اساس گردآوری مطالب توسط نویسنده اول و نگارش آن تحت نظارت نویسندگان دوم و سوم بوده است.

تضاد منافع

نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع دهی، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

پی‌نوشت

1. Natural Breaks (Jenks) method
2. Kvamme's Gain

کتابنامه

- الیاسوند، ابراهیم، (۱۳۸۵). «گزارش بررسی‌های باستان‌شناختی بخش سیلتان و خورخوره شهرستان بیجار». آرشیو میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی استان کردستان (منتشر نشده).
- الیاسوند، ابراهیم، (۱۳۸۶). «گزارش بررسی‌های باستان‌شناختی بخش طغامین و سیاه منصور شهرستان بیجار». آرشیو میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی استان کردستان (منتشر نشده).
- الیاسوند، ابراهیم، (۱۳۸۷). «گزارش بررسی‌های باستان‌شناختی بخش کرانی و گرگین شهرستان بیجار». آرشیو میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی استان کردستان (منتشر نشده).
- بهنیا، علی، (۱۳۸۸). «بررسی باستان‌شناسی شهرستان قروه (بخش سریش‌آباد)». آرشیو میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری استان کردستان (منتشر نشده).
- پورکریمی، پرویز؛ حاجی‌زاده، کریم؛ رضالو، رضا؛ و افخمی، بهروز، (۱۳۹۹). «تحلیل نقش عوامل طبیعی در توزیع فضایی سکونتگاه‌های قلعه‌ای استان اردبیل با استفاده از GIS و AHP».

- مطالعات باستان شناسی، ۱۲(۱): ۴۰-۱۹. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.261578.142594>
- جولائی، واحد؛ رضالو، رضا؛ و حاجی زاده، کریم، (۱۳۹۸). «تحلیل نقش عوامل محیط طبیعی در نظام استقرار سکونتگاه های باستانی (نمونه موردی: محوطه های عصر آهن ۳ دشت مهاباد)». <https://doi.org/10.22034/jgeoq.2021.128868>. ۴۷-۷۱: (۴)۱۱.
- حیدری، رضا؛ اسمعیلی جلودار، محمداسماعیل؛ و طغریایی، محمود، (۱۳۹۷). «تحلیل باستان شناختی چشم انداز فرهنگی شهرستان بردسکن در دوران اسلامی (از ابتدا تا قرن ۱۳ ق.)». <https://doi.org/20.1001.1.22516131.1397.8.30.7.7>. ۹۷-۱۱۵: (۳۰).
- اسمعیلی جلودار، محمداسماعیل؛ و حیدری، رضا، (۱۳۹۹). «پیشنهادی بر جای نام شناسی شهر اسلامی ترضیز براساس مطالعات میان رشته ای (متون نوشتاری، داده های باستان شناختی و GIS)». <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.249157.142520>. ۱-۲۱: (۲)۱۲.
- خسروزاده، علیرضا؛ و حبیبی، حسین، (۱۳۹۴). «مطالعه الگوی استقرار دوره ساسانی دشت میان کوهی فارسان در استان چهارمحال بختیاری». پژوهش های باستان شناسی ایران، ۵ (۸): ۹۹-۱۱۸.
- خضری، سعیدی، (۱۳۸۴). جغرافیای طبیعی کردستان موکریان، حوضه رودخانه زاب. تهران، انتشارات ناقوس.
- خطیب شهیدی، حمید، (۱۳۸۹). «گزارش مقدماتی کاوش های نجات بخشی باستان شناختی تپه حاج نبی-چهل امیران (حوضه آبگیر سد تالوار، شهرستان بیجار، استان کردستان)». آرشیو میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان کردستان (منتشر نشده).
- رستگارفرد، مینا، (۱۳۹۴). «بررسی و مطالعه سفال های عصر آهن III براساس کاوش های تپه جلی آسیاب رضاآباد شهرستان بیجار». پایان نامه کارشناسی ارشد باستان شناسی، به راهنمایی حسن فاضلی نشلی، تهران: دانشگاه تهران، دانشکده ادبیات و علوم انسانی (منتشر نشده).
- رجبیون، زهرا؛ بهنیا، علی؛ و ساعد موچشی، امیر، (۱۳۹۸). «بررسی و تحلیل الگوهای استقرار محوطه های اشکانی در شهرستان قروه». مطالعات باستان شناسی پارسه، ۴ (۱۱): ۹۱-۱۱۳. <https://doi.org/10.30699/PJAS.4.11.91>
- زمانی، نوید؛ زیدی، امیر؛ مومنی اصل، مسلم؛ کلیوند، حبیب؛ و گنجی، رستم، (۱۳۹۲). «معرفی روش maxent برای ارزیابی زیستگاه حیات وحش در ایران». اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران. <https://civilica.com/doc/265065>
- سعیدیان، سعدی، (۱۳۹۰). «مطالعه سفال های عصر آهن III مرکز فلات ایران بررسی و کاوش محوطه زارباغ قم». پایان نامه کارشناسی ارشد باستان شناسی، به راهنمایی: بهمن فیروزمندی شیرجینی، تهران: دانشگاه تهران، دانشکده ادبیات و علوم انسانی (منتشر نشده).
- سلیمانیان، فاطمه؛ رفیعی، هادی؛ سرلک، سیامک، (۱۳۹۰). «سفال های عصر برنز قدیم تا آهن ۱ فصل نخست تا سوم کاوش و لایه نگاری محوطه قلی درویش». در: باستان شناسی و تاریخ قم، اداره کل سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان قم، چاپ اول، شاخص: ۳۶۹-۵۹۴.
- شریفی، فرشته؛ و زارعی، محمدابراهیم، (۱۴۰۰). «کنش انسان و محیط در دوران اسلامی دشت قروه، شمال غربی پهنه سنج- سیرجان». مطالعات باستان شناسی، ۱۳(۳): ۱۴۰-۱۱۷. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.297419.142848>
- شیشه گر، آرمان، (۱۳۸۴). «گزارش کاوش محوطه باستانی سرخ دم لکی کوه دشت-لرستان». فصل های دوم، سوم، چهارم، تهران: پژوهشکده باستان شناسی (منتشر نشده).
- علی بیگی، سجاد؛ و خسروی، شکوه، (۱۳۸۸). «شواهدی از نهادهای اقتصادی اجتماعی (?)

- جوامع عصر آهن در مرکز فلات ایران». مطالعات باستان‌شناسی، ۱(۱): ۵۸-۱۰۸.
- علیرضایی، ساسان؛ نقشینه، امیرصادق؛ و کرمی، جلال، (۱۳۹۸). «پیش‌بینی احتمال وجود محوطه‌های باستانی پیش‌ازتاریخ، از دوره مس‌وسنگ تا عصر آهن با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در محیط GIS، مطالعه موردی: دشت هرسین- بیستون». سنجش از دور و GIS ایران، ۱۱(۳): ۴۳-۵۸. <https://doi.org/10.52547/gisj.11.3.43>
- علیزاده، کریم، (۱۳۸۱). «معرفی سفال‌های دژ مادی بیستون، کرمانشاه، کاوش‌های ۱۳۸۱». در: گزارش‌های باستان‌شناسی ۲، تهران: پژوهشکده باستان‌شناسی (منتشر نشده).
- علیرضازاده، مهدی؛ حیدریان، محمود؛ و خسروزاده، علیرضا، (۱۳۹۹). «کاربرد GIS و منطق فازی در مدیریت منابع فرهنگی؛ ارائه مدل پیش‌بینی محوطه‌های مس‌وسنگ چهارمحال و بختیاری». مطالعات باستان‌شناسی، ۱۲(۳): ۲۱۶-۱۹۳. <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.269316.142640>
- فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های استان کردستان، (۱۳۹۳). سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سرشماری عمومی نفوس و مسکن.
- فون درواستن، هانس هینگ؛ و رودلف، ناومان، (۱۳۸۲). تخت سلیمان. ترجمه فرامرز نجدسمیعی، تهران: انتشارات سازمان میراث فرهنگی.
- کامبخش‌فرد، سیف‌الله، (۱۳۹۲). سفال و سفالگری در ایران از ابتدای نوسنگی تا دوران معاصر. چاپ ۵، تهران: انتشارات ققنوس.
- کریمی، زاهد، (۱۳۸۵). «بررسی باستان‌شناسی بخش مرکزی شهرستان دهگلان». آرشیو اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان کردستان (منتشر نشده).
- کرمی، پیمان؛ و اسمعیلی‌رینه، سمیه، (۱۳۹۹). «استفاده از روش مدل‌سازی آنتروپی بیشینه (MaxEnt) و خوشه‌بندی K-mean برای تحلیل زیستگاه‌های زیرزمینی جنس Niphargus در ایران». پژوهش‌های جانوری (مجله زیست محیطی ایران)، ۳۳(۴): ۳۲۳-۳۱۰. <https://doi.org/10.1001.1.23832614.1399.33.4.1.7>
- گراوند، افراسیاب؛ جوانمردزاده، اردشیر؛ عابدی، اکبر؛ و ملک‌پور، فاطمه، (۱۴۰۰). «تبیین الگوهای استقرار و فرهنگی شمال غرب دریاچه ارومیه در دوره مس‌وسنگ براساس تحلیل‌های GIS». پژوهش باستان‌سنجی، ۷(۱): ۱۸۷-۲۰۴. <https://doi.org/10.52547/jra.7.1.187>
- میرسنجری، میرمهرداد؛ و سخنگو، فرنگیس، (۱۳۹۷). «مدلسازی مطلوبیت زیستگاه کل و بز (Aegagrus Capra) در منطقه حفاظت شده دنا با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه (MAXENT)». محیط زیست جانوری، ۱۰(۲): ۳۰-۲۳.
- مجیدزاده، یوسف، (۱۳۸۹). کاوش‌های محوطه باستانی ازبکی. جلد دوم، اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان تهران.
- محمدی‌فر، یعقوب؛ نوروزی، آصف؛ و شریفی، علی، (۱۳۹۲). «کاوش نجات بخشی تپه جلو آسیاب رضاآباد». مجموعه مقالات اولین همایش ملی باستان‌شناسی ایران، دانشکده هنر دانشگاه بیرجند: ۱۹-۱. <https://civilica.com/doc/370742>
- ملازاده، کاظم، (۱۳۹۳). باستان‌شناسی ماد. تهران: انتشارات سمت.
- معتمدی، نصراله، (۱۳۷۶). «زیویه». چکیده مقالات دومین گردهمایی باستان‌شناسی ایران: ۱۰۸-۱۱۰.
- معتمدی، نصراله، (۱۳۷۶). «زیویه، کاوش‌های سال ۱۳۷۴، معماری و شرح سفال». گزارش‌های باستان‌شناسی: ۱۷۰-۱۴۳.
- مهاجری‌نژاد، عبدالرضا، (۱۳۹۳). «گورستان ملامچه کردستان». کاتالوگ نمایشگاه گزیده‌ای از

یافته های پژوهش های باستان شناسی ایران ۱۳۹۱، به کوشش: معصومه مصلی، تهران، پژوهشکده باستان شناسی: ۳۵-۳۸.

- نگهبان، عزت الله، (۱۳۷۶). مروری بر پنجاه سال باستان شناسی ایران. تهران: انتشارات سازمان میراث فرهنگی.

- نیکنامی، کمال الدین؛ خطیب شهیدی، حمید؛ و سعیدی هرسینی، محمدرضا، (۱۳۸۶). «تئوری و تکنیک های پیش بینی (تخمین)، مکان ها و پراکنش های سایت های پیش از تاریخی در پهن دشت های باستان شناختی با کاربرد GIS و رگرسیون لجستیک؛ (مطالعه موردی: حوضه رودخانه گاماسب زاگرس مرکزی)». دانشگاه تهران، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، ۵۸ (۵): ۲۱۲-۱۹۳.

- ولی پور، حمیدرضا، (۱۳۹۹). «گزارش کوتاه فصل نخست کاوش لایه نگاشتی تپه قلعه بالا بیجار کردستان». مجموعه مقالات کوتاه هجدهمین گردهمایی باستان شناسی ایران، پژوهشکده باستان شناسی: ۸۸۷-۸۹۸.

References

- Alden, I. R. (1982). "Trade and Politics in Proto-Elamite Iran". *Current Anthropology*, 23: 613-640. <https://doi.org/10.1086/202914>
- Alirezai, S., Naghshineh, A. S. & Khosrowzadeh, A., (2019). "Prediction of the Possibility of Prehistoric Archaeological Sites from Chalcolithic to Iron Age using Logistic Regression Model in GIS, Case study: Harsin_Bisotun Plain". *Remote Sensing & GIS*, 11(3): 43-58. (In Persian). <https://doi.org/10.52547/gisj.11.3.43>
- Alirezazadeh, M. A., Heydarian, M. & Khosrowzadeh, A., (2020). "GIS and Fuzzy Logic in the Management of Cultural Resources: Presenting the Predictive Model of Chalcolithic Sites in Chaharmahal and Bakhtiari". *Journal of Archaeological Studies*, 12(3): 193-216. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.269316.142640>
- Alizadeh, K., (2002). "Introduction to the Pottery of the Bistoun Fortress, Kermanshah, Excavations of 2002". in: *Archaeological Reports 2*, Tehran: Archaeological Research Institute. (In Persian).
- Alwi Muttaqina, L., Murti, S. H. & Susilo, B., (2019). "MaxEnt (Maximum Entropy) Model for Predicting Prehistoric Cave Sites in Karst Area of Gunung Sewu, Gunung Kidul, Yogyakarta". *Sixth Geoinformation Science Symposium*: 1-9. <https://doi.org/10.1117/12.2543522>.
- Balla, A., Pavlogeorgatos, G., Tsiafakis, D. & Pavlidis, G., (2013). "Efficient predictive modelling for archaeological research". *Mediterr. Archaeol. Archaeom.*, 14: 119-129.
- Balla, A., Pavlogeorgatos, G., Tsiafakis, D. & Pavlidis, G., (2014). "Recent advances in archaeological predictive modeling for archaeological research and cultural heritage management". *Mediterr. Archaeol. Archaeom.*, 14: 143-153. <https://www.researchgate.net/publication/286126847>
- Brigand, R. & Weller, O., (2018). "Neo-Eneolithic settlement pattern and salt exploitation in Romanian Moldavia". *J. Archaeol. Sci. Rep.*, 17: 68-78. <https://dx.doi.org/10.3390/rs11080915>.

- Buchhorn, M., Lesiv, M., Tsendbazar, N.-E., Herold, M., Bertels, L. & Smets, B., (2020). "Copernicus Global Land Cover Layers—Collection 2". *Remote Sensing*, 12(6): 108, 1044. <https://doi.org/10.3390/rs12061044>
- Behnia, A., (2008). "Archaeological survey of Qorveh County (Sarishabad District)". Cultural Heritage, Handicrafts, and Tourism Organization of Kurdistan Province. (Unpublished), (In Persian).
- Carleton, W. C., Cheong, K. F., Savage, D., Barry, J., Conolly, J. & Iannone, G. A., (2017). "Comprehensive test of the Locally-Adaptive Model of Archaeological Potential (LAMAP)". *Journal of Archaeological Science Reports*, 11: 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.027>
- Danese, M., Masini, N., Biscione, M. & Lasaponara, R., (2014). "Predictive modeling for preventive Archaeology: Overview and case study". *Cent. Eur. J. Geosci.*, 6: 42–55.
- Dyson, R. Jr., (1965). "Problems of Protohistoric Iran as Seen from Hasanlu". *Journal of Near Eastern Studies*, 24(3): 193-217.
- Dyson, R. Jr., (1965). *Problems in the relative chronology of Iran, 6000-2000 B.C. In Chronologies in Old World Archaeology*. (Ed). R. W. Ehrich. Chicago: University of Chicago Press.
- Eliasvand, M. I., (2006). "Archaeological survey of the Silatan and Khur Khurreh regions of Bijar County". Cultural Heritage, Tourism, and Handicrafts Organization of Kurdistan Province Archives. (Unpublished), (In Persian).
- Eliasvand, M. I., (2007). "Archaeological survey of the Toghameen and Siyah Mansour regions of Bijar County". Cultural Heritage, Tourism, and Handicrafts Organization of Kurdistan Province Archives. (Unpublished), (In Persian).
- Eliasvand, M. I., (2008). "Archaeological survey of the Kani and Gergin regions of Bijar County. Cultural Heritage, Tourism, and Handicrafts Organization of Kurdistan Province Archives. (Unpublished), (In Persian).
- Goff, M. C., (1985). "Excavation at Babajan: The architecture and Pottery of Level I". *Iran*, XXIII: 1-20
- Ghorbanian, A., Kakooei, M., Amani, M., Mahdavi, S., Mohammadzadeh, A. & Hasanlou, M., (2020). "Improved land cover map of Iran using Sentinel imagery within Google Earth Engine and a novel automatic workflow for land cover classification using migrated training samples". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 167: 276-288.
- Gopnik, H., (2005). "The Shape of Sherds: Function and Style at Godin II". *Iranica Antiqua*, XL: 249-269.
- Garavand, A., Javanmardzadeh, A., Abedi, A. & Malekpour, F., (2021). "Explanation of the Settlement and Cultural Patterns of the Northwestern Basin of Lake Urmia During the Chalcolithic Period". *Journal of Research on Archaeometry*, 7(1): 187-204. (In Persian). <https://dx.doi.org/10.52547/jra.7.1.187>

- Howard, A. J., Knight, D., Coulthard, T., Hudson-Edwards, K., Kossof, D. & Malone, S., (2016). "Assessing riverine threats to heritage assets posed by future climate change through a geomorphological approach and predictive modelling in the Derwent Valley Mills WHS". *UK. J. Cult. Herit.*, 19: 387–394. <https://hdl.handle.net/10871/29823>
- Ismaili Jolodar, M. I. & Heydari, R. (2020). "A proposal to replace the nomenclature of the Islamic city of Tarshiz based on interdisciplinary studies (historical texts, archaeological data, and GIS)". *Archaeological Studies*, 12(2): 1-21. (In Persian). <https://10.22059/jarcs.2020.201712.142520>
- Ido Wachtel, R. Z., Garti, Sh. & Shelach-Lavi, G., (2018). "Predictive modeling for archaeological site locations: Comparing logistic regression and maximal entropy in north Israel and north-east China". *Journal of Archaeological Science*, 92: 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.02.001>
- Jarosław, J. & Hildebrandt-Radke, I., (2009). "Using multivariate statistics and fuzzy logic system to analyse settlement preferences in lowland areas of the temperate zone: An example from the Polish Lowlands". *J. Archaeol. Sci.*, 36: 2096–2107. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jas.20009.06.004>
- Joolae, V., Rezalou, R., Hajizadeh, K. & Afkhami, B., (2021). "Analysis of the Role of Natural Environment Factors in the Establishment of Ancient Settlements (Case Study: Mahdasht Iron Age)". *Quarterly of Geography (Regional Planning)*, 11(4): 47-71. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jgeoq.2021.128868>
- Kaimaris, D., (2018). "Ancient Theaters in Greece and the Contribution of Geoinformatics to Their Macroscopic Constructional Features". *Sci. Cult.*, 4: 9–25.
- Klehm, C., Barnes, A. & Follett, F., (2019). "Simon, K., Kiahtipes, C., Mothulatshipi, S. Toward archaeological predictive modeling in the Bosutswe region of Botswana: Utilizing multispectral satellite imagery to conceptualize ancient landscapes". *J. Anthropol. Archaeol.*, 54: 68–83. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2019.02.002>
- Kvamme, K. L., (1988). *Development and testing of quantitative models*. In Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological.
- Kambakhsh Fard, S. A., (2013). *Pottery and Pottery in Iran from the Early Neolithic to the Contemporary Era*. 5th Edition, Tehran: Qoqnos. (In Persian).
- Karimi, Z., (2006). "Archaeological Survey of the Central Part of Dehgolan County". Archives of the General Directorate of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism of Kurdistan Province. (Unpublished), (In Persian).
- Khosrowzadeh, A. & Habibi, H., (2015). "A study of the settlement pattern of the Sassanid era of the Farsan intermountain plain in Chaharmahal Bakhtiari province". *Archaeological Researches of Iran*, 8 (5): 99-118. (In Persian).
- Khazri, S., (2005). *Natural Geography of Mokrian Kurdistan, Zab River Basin*. Tehran: Naqos Publications. (In Persian).

- Khatib Shahidi, H., (2010). "The preliminary report of the archaeological rescue excavations of Hajj Nabi - Hill - Chihl Amiran (Talwar dam catch basin - Bijar city - Kurdistan province". Archive of Cultural Heritage, Tourism, and Handicrafts of Kurdistan Province. (In Persian).
- Mertel, A., Ondrejka, P. & Šabatová, K., (2018). "Spatial predictive modeling of prehistoric sites in the Bohemian-Moravian Highlands based on graph similarity analysis". *Open Geosci*, 10: 261–274. <https://doi.org/10.1515/geo-2018-0020>.
- Mohammadifar, Y., (2015), "A Preliminary Report on Four Seasons of Excavation at Moush Tepe, Hamadan, Iran". *Iranica Antiqua*, L: 231- 248. <https://dx.doi.org/10.2143/IA.50.0.3053521>
- Mollazadeh, K., (2008). "The Pottery from the Mannean Site of Qalaichi, Bukan (NW-IRAN)". *Iranica Antiqua*, XLIII: 107-127.
- Muscarella, O. W., (1973). "Excavation at Aghrab Tepe, Iran". *Metropolitan Museum*, 8: 47-76.
- Mirsanjari, M. & Sokhango, F., (2018). "Modeling the suitability of the habitat of the goat (*Capra aegagrus*) in the Dena Protected Area using the Maximum Entropy Algorithm (MAXENT)". *Quarterly Journal of Animal Ecology*, 10 (2): 23-30. (In Persian). <https://civilica.com/doc/1305705>
- Majidzadeh, Y., (2010). *Excavations of the Uzbek Ancient Site*. Volume 2, General Administration of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism of Tehran Province. (In Persian).
- Mohammadifar, Y., Norouzi, A. & Sharifi, A., (2013). "An excavation to rescue the hill front of Rezaabad Mill". *The First National Conference on Archaeology of Iran*, Faculty of Art, University of Birjand: 1-19. (In Persian). <https://civilica.com/doc/370742>
- Mollazadeh, K., (2013). *Median Archaeology*. Tehran: Samt. (In Persian).
- Motamedi, N., (1997). "Ziwiye, 1997 excavations, Architecture and Description of Pottery". *Archaeological Reports*, 1: 143-170. (In Persian).
- Motamedi, N., (1997). "Ziwiye". *Abstract of articles of the second Iranian archeology meeting*: 108-110. (In Persian).
- Mohajerinezhad, A., (2014). "Molamchah Cemetery, Kurdistan". *Exhibition catalog of a selection of the findings of archaeological research in Iran, 2012*, by Masoumeh Mosli, Tehran: Research Institute of Archeology: 35-38. (In Persian).
- Nicu, I. C. & Asăndulesei, A., (2018). "GIS-based evaluation of diagnostic areas in landslide susceptibility analysis of Bahluiet, River Basin (Moldavian Plateau, NE Romania). Are Neolithic sites in danger?". *Geomorphology*, 314: 27–41. <https://10.1016/j.geomorph.2018.04.010>
- Nicu, I. C., Miha-Pintilie, A. & Williamson, J., (2019). "GIS-Based and Statistical Approaches in Archaeological Predictive Modelling (NE Romania)". *Sustainability*, 11 (5969): 1-13.

- Niknami, K. A., Shahidi Khatib, H. & Saidi Harsini, M. R., (2007). "Modeling theories and techniques for predicting (estimating) the locations and distributions of prehistoric sites in archaeological regions using GIS and logistic regression, case study: Gamasab River Basin, Central Zagros". Tehran, *Journal of Faculty of Literature and Human Sciences*, 58(5): 193-211. (In Persian).
- Nagheban, E., (1997). *A review of fifty years of Iranian archaeology*. Tehran: Cultural Heritage Organization Publications. <https://doi.org/10.3390/su11215969>
- Overlaet, B., (2005). "The Chronology of the Iron Age in The Pusht-i Kuh, Lurištan". *Iranica Antiqua*, XL: 1-33. <https://doi.org/10.2143/IA.40.0.583198>
- Pourkarimi, P., Hajizadeh, K., Rezalou, R. & Afkhami, B., (2020). "Analysis of the role of natural factors in the spatial distribution of castle settlements in Ardabil Province using GIS and AHP". *Archaeological Studies*, 12(1): 19-40. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.261578.142594>
- Rezvani, H. & Roustaei, K., (2007). "A Preliminary report on two seasons of Excavation at Kultarike cemetery, Kurdistan, Iran". *Extrait d Iranica Antiqua*, XLXII. <https://doi.org/10.2143/IA.42.0.2017874>
- Rastegarfar, M., (2015). "Investigation and study of Iron Age III pottery based on excavations of the hill in front of the Reza Abad mill in Bijar city". Master's thesis, University of Tehran, supervisor Hassan Fazeli Nashali. (In Persian).
- Rajabioun, Z., Behnia, A. & Saed Muchashi, A., (2020). "The Analysis of Settlement Patterns of Parthian Period Sites in the City of Qorveh". *Parseh J. Archaeol Stud.*, 4(11): 91-113. (In Persian). <https://doi.org/10.30699/PJAS.4.11.91>
- Stefan, D. & Sirbu, V., (2010). "Statistical tools in Landscape Archaeology". *Archaeol. Calc*, 21: 339-356.
- Sánchez, J. C., Pelgrom, J. & Stek, T. D., (2017). "Comparing re-surveys in Isernia and Venosa (Molise and Basilicata, Italy)". *Mediterr. Archaeol. Archaeom*, 17: 39-52.
- Saadian, S., (2011). "Study of Iron Age III pottery from the center of the Iranian Plateau, Survey and excavation of the Zarbolagh site in Qom". Master's thesis, University of Tehran, Supervisor: Bahman Firouzmandi. (In Persian).
- Soleimaniyan, F., Rafiei, E. & Sarlak, S., (2011). "Pottery from the Early Bronze Age to Iron Age III, Chapters One to Three: Excavation and Stratigraphy of the Qoli Darvish Site". in: *Archaeology and History of Qom*, General Directorate of Cultural Heritage, Tourism and Handicrafts of Qom Province, 1th Edition, Shakhsh, 369-594. (In Persian).
- Sharafi, S., Fouladvand, S., Simpson, I. & Barcelo Alvarez, J. A., (2016). "Application of pattern recognition in detection of buried archaeological sites based on analysing environmental variables, Khorramabad Plain, West Iran". *J. Archaeol. Sci. Rep.*, 8: 206-215. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.06.024>
- Sharifi, F. & Zarei, M. E., (2021). "Human and Environmental Interactions in the Archeology of the Islamic Period of Qorveh Plain, Northwest of Sanandaj-Sirjan

Ran". *Journal of Archaeological Studies*, 13(3): 117-140. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jarcs.2020.297419.142848>

- Shishehgar, A., (2005). "Excavation report of the ancient site of Sorkh Dam Laki, Kohdasht-Lorestan". Chapters two, three, and four, Organization of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Tehran, Research Deputy, Archaeological Research Institute. (Unpublished), (In Persian).

- Stronach, D., (1968). "Tepe Nush-I Jan: A Mound in Media". *The Metropolitan Museum of Art Bulletin, New Series*, 27 (3): 177-186.

- Vaughn, S. & Crawford, T., (2009). "A predictive model of archaeological potential: An example from northwestern Belize". *Appl. Geogr*, 29: 542-555. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.01.001>

- Valipour, H. R., (2020). "Brief report of the first season of stratigraphic excavation at Talwar Dam, Bijar, Kurdistan". *The 18th Annual Symposium of Iranian Archaeology*, 887-898. (In Persian).

- Wachtel, I., Zidon, R., Garti, S. & Shelach-Lavi, G., (2018). "Predictive modeling for archaeological site locations: Comparing logistic regression and maximal entropy in north Israel and north-east China". *J. Archaeol. Sci.*, 92: 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.02.001>

- Whitworth, M., Ian, A. & Graham, H., (2011). "Geomorphological Assessment of Complex Landslide Systems Using Field Reconnaissance and Terrestrial Laser Scanning". in: *Geomorphological Mapping: Methods and Applications*, Edited: Mike J. Smith, Paolo Paron, James S. Griffiths, Developments in Earth Surface Processes, 15: 459-474, Elsevier, Nederland.

- Young, C., (1965). "A Comparative Ceramic Chronology for Western Iran, 1500-500 B.C". *Iran*, 3: 53-85.

- Young, T. C. & Levine, L., (1974). *Excavations of the Godin Project: Second Progress Report*. Royal Ontario Museum of Art and Archaeology, Occasional Paper 26, Toronto.

- Zhu, X., Chen, F. & Guo, H. A., (2018). "Spatial Pattern Analysis of Frontier Passes in China's Northern Silk Road Region Using a Scale Optimization BLR Archaeological Predictive Model". *Heritage*, 1: 15-32. <https://doi.org/10.3390/heritage1010002>

- Zamani, N., Zaidi, A., Momeni Asl, M., Klivand, H. & Ganji, R., (2013). "Introducing the Maxent method for assessing wildlife habitat in Iran". *First National Conference on Environment, Energy and Biodefense*, Tehran. (In Persian). <https://civilica.com/doc/265065>