



GIS and Fuzzy Logic in the Management of Cultural Resources; Presenting the Predictive Model of Chalcolithic Sites in Chaharmahal and Bakhtiari

Mahdi Alirezazadeh¹ & Mahmood Heydarian² & Alireza Khosrowzadeh³
(193-216)

Archaeologists have identified and recorded only some of the innumerable archaeological sites, while thousands of sites are destroyed each year to make way for ongoing land development. One way to help us understand and protect these sites is to create Predictive models. It is obvious that when it comes to modeling, in fact, with Reductionist approaches, it is an attempt to simulate a phenomenon that has occurred in very distant times. However, predictive models are tools that can help archaeologists in many cases. This research tries to introduce the most suitable locations for the formation of the Chalcolithic settlements of Chaharmahal and Bakhtiari with ArcMap software and based on utilizing the relationship between ancient settlements and landscapes, investigating the role of factors affecting these settlements and predictive models. To achieve this, at first, 75 Chalcolithic sites in this area were surveyed relative to the environmental variables of altitude from the sea level, slope percent, distance from the water resources, vegetation, and soil texture class. Then using fuzzy logic analysis in GIS, the most suitable places for the existence of Chalcolithic sites were identified. Finally, after analyzing the situation of the spatial distribution of the sites concerning the factors mentioned above, and examining the accuracy of the proposed model based on using 15 control sites, proved that this model has come up well from the forecast of the most suitable locations for the formation of the Chalcolithic settlements of Chaharmahal and Bakhtiari.

In addition to saving time and money, such models can help to better understand the environmental potentials and factors influencing the formation of prehistoric sites. It is very clear that in archeological surveys, a process similar to modeling is subconsciously formed in the mind of the survey team so that after a few days of fieldwork in a particular landscape, the survey team subconsciously understands in which part of the environment the "possibility" of the site is more and in which parts it is less. It should be noted that environmental factors affecting ancient settlements are diverse and abundant. But some of them can be selected as the most important factors. It can never involve all the influencing factors in modeling. The nature of modeling takes advantage of this reductionist perspective. In the meantime, to provide a predictive model for Chalcolithic sites of Chaharmahal and Bakhtiari, 75 Chalcolithic sites in the region are used. These sites have been identified in archaeological surveys in the region. However, from the environmental variables, five variables of Altitude, Percentage of Land Slope, Distance from the Waterway, Vegetation, and Soil Texture Class were selected. Another point involved in selecting variables is that they do not change much over time.

The way it works is that these five variables are added information layers in the ArcMap software. Then the geographical UTM of the desired sites will be added to each of these layers separately. It is easy to determine the distribution of the Chalcolithic sites of the region concerning these

1. Corresponding Author Email: Alirezazadeh.Mahdi@gmail.com . Ph.D. student, Department of Archaeology, University of Tarbiat Modares. Tehran. Iran.

2. Assistant Professor, Department of Archaeology, University of Shahrekord. Shahrekord. Iran.

3. Associate Professor, Department of Archaeology, University of Shahrekord. Shahrekord. Iran.

layers. These distributions will be presented in the form of diagrams. Here the required information is extracted from 75 sites. This information extracted in the next step forms the basis for the production of "Fuzzy" layers. These fuzzy layers are made with the help of the extracted data of the previous step and by selecting the desired Fuzzy Functions. Finally, by overlay the five fuzzy layers produced, a prediction model is presented for the Chalcolithic sites of the area. The questions that arise here are how ArcMap software can help to better understand environmental factors on ancient settlements? What are the advantages of fuzzy logic modeling? Are such proposed models effective in practice or are they purely theoretical? How accurate is this model and where are the position of important sites and regional indicators in this model? It should be noted that ArcMap software has many capabilities. Among other things, it can easily provide researchers with a view of an area with the help of a digital elevation model (DEM). Using DEM, the location of the sites to environmental factors can be determined. Suppose you have identified a large number of sites, with the help of this software you can easily and with a few commands to determine what distribution the sites have taken with rivers and other factors. These are just a few of the many features of ArcMap software. Using this software, different layers can be analyzed and models can be presented. One of the advantages of the fuzzy prediction model for researchers is that it provides infinite continuous values for the possibility of having a site in a landscape. That is, based on the input information, it can determine the possibility of a site in a landscape as a continuous spectrum (from zero to one). Therefore, the study area can be divided into very desirable, desirable, moderate, etc. in terms of the possibility of the existence of an ancient site. This capability is due to the continuous quantification of fuzzy logic to each of these environmental factors. Also, the prediction model presented in this method is testable. That is, if a model is presented based on the number of sites, it can be tested by several other sites. It can even be determined in the model where the position of the index sites of the region is and what number this model considers for the geographical location of those sites.

In fuzzy logic modeling, the performance of fuzzy functions plays a key role. The proposed model can only provide a near-realistic explanation if these functions are used correctly. For example, it is very obvious that in the analysis of variables of altitude and percentage of land slope, different fuzzy functions should be used. As the following theoretical studies will show, the percentage of slope changes compared to altitude changes are more decisive in determining the location of the site. That is, if a few percent is added to the slope, this factor moves to the critical point, while the altitude variable is not so sensitive. That is, in this particular example, the fuzzy function for the slope of the land must be more sensitive than the fuzzy function for the altitude variable. Therefore, it is necessary to model each of the variables with the most appropriate fuzzy function available. That is, the sensitivity of the variable is in good agreement with the sensitivity of the fuzzy function.

Considering all these cases, a fuzzy prediction model was presented for the location of Chalcolithic sites of Chaharmahal and Bakhtiari. In this model, it was determined what distribution the sites of the region have adopted concerning the mentioned five variables. The desired geography was determined for the possibility of the existence of Chalcolithic sites in this area. In this model, the entire surface of the area was presented as a map, which is colored with a range of black (zero) to white (one). White areas are desirable places for the existence of Chalcolithic sites in the region. However, the black dots indicate that the possibility of a site in those areas is very low. Significant sites of the region, such as Choghate Eskandari, Tape Jamalo, Koganak, Aloni, Tape Afghan, Gerde Chelehgah, and the like, are in white dots in this model. Also, the fuzzy value of these areas can be determined with great accuracy, as shown in the table in this text. Therefore, by using these models, it is possible to determine the desired landscape for placing the Chalcolithic site in practice, not just on paper. While the importance of environmental factors involved in this modeling can be seen. This modeling can save time and money. Also, the reasons for the formation of sites in different landscapes can be examined, and vice versa, why the distribution and existence of sites in such parts of the study area are so low.

Keywords Chalcolithic, Chaharmahal and Bakhtiari, Spatial Analysis, Predictive Model, Fuzzy Logic

کاربرد GIS و منطق فازی در مدیریت منابع فرهنگی؛ ارائه مدل پیش‌بینی محوطه‌های مس-وسنگ چهارمحال و بختیاری

مهدي عليرضا زاده*

دانشجوی دکتری باستان‌شناسی پیش از تاریخ، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

محمود حیدریان

استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

علیرضا خسرو زاده

دانشیار گروه باستان‌شناسی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۳۰

چکیده

باستان‌شناسان تنها کسری از بی‌شمار محوطه باستانی را شناسایی و ثبت کرده‌اند. در حالی که هزاران محوطه در سال برای توسعه مداوم زمین‌ها تخریب می‌شوند. یکی از راه‌ها برای کمک به درک و شناسایی این مکان‌ها، مدل‌های پیش‌بینی هستند. بسیار مشخص است که وقتی صحبت از مدل‌سازی می‌شود، در واقع با رویکرد تقلیل‌گرایانه، سعی در شبیه‌سازی آن پدیده‌ای است که در زمان‌های بسیار دور رخ داده است. با این حال مدل‌های پیش‌بینی ابزارهایی هستند که می‌توانند در بسیاری از موارد به کمک باستان‌شناسان بیایند. این پژوهش به کمک نرم‌افزار ArcMap سعی می‌کند تا با بهره‌گیری از رابطه استقرارهای باستانی با چشم‌انداز و بررسی عوامل تاثیرگذار بر این استقرارها، براساس مدل پیش‌بینی، مناسب‌ترین موقعیت‌ها را برای شکل‌گیری محوطه‌های دوران مس‌وسنگ چهارمحال و بختیاری معرفی کند. برای دستیابی به این مهم، ابتدا موقعیت جغرافیایی ۷۵ محوطه مس‌وسنگی این منطقه نسبت به متغیرهای زیست‌محیطی ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب زمین، فاصله از آبراهه، پوشش گیاهی و کلاس بافت خاک بررسی شد. سپس با استفاده از تحلیل منطق فازی در GIS مناسب‌ترین مکان‌ها را که پتانسیل بالقوه برای وجود محوطه‌های دوران مس‌وسنگ دارند، معرفی شدند. در نهایت و بعد از تجزیه و تحلیل وضعیت توزیع فضایی محوطه‌ها نسبت به عوامل ذکر شده و بررسی میزان دقت و صحت مدل پیشنهادی با استفاده از ۱۵ محوطه شاهد، مشخص شد که این مدل به خوبی از عهده پیش‌بینی مطلوب‌ترین مکان‌ها برای شکل‌گیری استقرارهای مس‌وسنگ منطقه برآمده است.

واژه‌های کلیدی: مس‌وسنگ، چهارمحال و بختیاری، تحلیل فضایی، مدل پیش‌بینی، منطق فازی

۱. مقدمه

مدل‌سازی پیش‌بینی یکی از محبوب‌ترین برنامه‌های کاربردی در زمینه مدل‌سازی زیست‌محیطی است. یکی از دلایل ظهور این مدل در باستان‌شناسی، به نگرانی‌های مدیران منابع فرهنگی در مورد مدیریت زمین و روش‌های نمونه‌برداری برمی‌گردد. مدیران از یک سو نگران این مسئله بودند که در چه مناطقی مطالعات میدانی باستان‌شناسی را انجام دهند، و از سوی دیگر در پی این موضوع بودند که در چه مناطقی امکان وجود محوطه‌های باستانی بیشتر است (Kohler and Parker, 1986). در واقع مدل‌های پیش‌بینی باستان‌شناختی به وجود آمدند تا با استفاده از اطلاعاتی چون ارتفاع از سطح دریا، شیب زمین، بافت خاک، آب و غیره، و بر مبنای فاصله تا منابع موجود، مطلوب‌ترین مکان‌های پیش از تاریخی را شناسایی کرده و نشان دهند. بنابراین تمامی فرضیه‌های این مدل‌ها، بر اساس بررسی منابع زیست‌محیطی موجود در منطقه‌ای که برای پیش‌بینی موقعیت محوطه باستانی انتخاب شده است، استوار است. لازم به ذکر است که مدل‌های پیش‌بینی به عنوان جزء مهمی از پژوهش‌های باستان‌شناسی درآمده‌اند (Carr, 1985; Kohler, 1988; Kohler and Parker, 1986).

رمز موفقیت مدل‌های پیش‌بینی این است که محوطه‌های باستانی تمایل دارند تا در بسترهای محیطی مطلوب برای سکونت انسان شکل بگیرند. این مدل‌ها از تفاوت و تضاد ویژگی‌های زیست‌محیطی مناطق بهره می‌برند؛ چرا که در مناطقی شکل‌گیری محوطه‌ها دیده می‌شود، در حالی که مناطقی هم وجود دارند که هیچ محوطه‌ای در آنها شکل نگرفته است. از این رو با استفاده از داده‌های مناسب در این مدل‌ها و با کمک یک نمونه نسبتاً کوچک از مناطق شناخته شده، پیش‌بینی یک منطقه بسیار وسیع‌تر ممکن خواهد شد. بیشتر مدل‌های پیش‌بینی باستان‌شناختی بر دو فرض اساسی استوار هستند: اول آنکه مردم گذشته تحت تأثیر ویژگی‌های زیست‌محیطی محل شکل‌گیری استقرارهای خود را انتخاب می‌کردند، و دوم اینکه این عوامل تاثیرگذار را حداقل به طور غیر مستقیم در نقشه‌های مدرن تنوع زیست‌محیطی در سراسر منطقه مورد مطالعه به تصویر بکشند.

با توجه به این فرضیات، توسعه تجربی مدل پیش‌بینی هر منطقه خاص، زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که آن منطقه به اندازه کافی مورد بررسی باستان‌شناختی قرار گرفته باشد. قضاوت در مورد کیفیت بررسی‌ها نیز با چند معیار امکان‌پذیر است. مهم‌ترین معیار این است که بررسی‌ها به طور مداوم تمایز بین مناطق دارای محوطه و مناطق بدون محوطه باستانی (محوطه‌ها در مقابل غیرمحوطه‌ها)^۱ را مشخص نمایند (Wescott and Brandon, 2005: 7). از آنجا که تمایز بین محوطه‌ها و غیرمحوطه‌ها در محاسبه احتمالات، یک چارچوب را به وجود می‌آورد، پس پرداختن به یک مسئله ضروری می‌نماید. مسئله‌ای که ممکن است با محاسبه یک مدل طبقه‌بندی آماری انجام شود به گونه‌ای که بر تفاوت قابل اندازه‌گیری زیست‌محیط میان دو گروه تأکید داشته باشد (Kvamme, 1983). چنین مدل‌هایی امکان وجود یک محوطه در یک موقعیت خاص را براساس اندازه‌گیری مجموعه‌ای مناسب از متغیرهای محیطی ممکن می‌سازند. موفقیت مدل‌های پیش‌بینی در این است که اشتباهات طبقه‌بندی (محوطه در مقابل غیرمحوطه) را به حدی کاهش می‌دهد که نسبت به این مدل‌ها از دقت بیشتری برخوردار می‌شود.

^۱ Off-site

مزایای عملی مدل‌های پیش‌بینی از این واقعیت نشأت می‌گیرند که این مدل‌ها می‌توانند برای بخش‌های بررسی نشده، که در آن موقعیت محوطه‌ها و غیرمحوطه‌ها هنوز شناسایی نشده است، به کار روند. پراکندگی‌های پیش‌بینی شده از جهات مختلف مفید هستند: اول اینکه نه تنها تصاویری از الگوهای استقراری پیش از تاریخ منطقه ارائه می‌دهند، بلکه شواهدی از مهم‌ترین عوامل زیست‌محیطی موقعیت محوطه‌ها را در اختیار باستان‌شناسان قرار می‌دهند. دوم اینکه با ارائه توزیع مورد انتظار منابع فرهنگی (محوطه‌ها و آثار باستانی)، به کمک برنامه‌ریزان و مدیران می‌آیند. در نهایت، با راهنمایی اولیه در مورد مکان‌هایی که منابع فرهنگی آنها به احتمال زیاد با اجرای پروژه‌های ساخت و سازهای عمرانی آینده تحت تاثیر و یا تخریب قرار می‌گیرند، برنامه‌ریزان توسعه را حمایت می‌کنند.

با توجه به پیشگفتار فوق پژوهش پیش‌رو، سعی دارد تا با استفاده از مدل پیش‌بینی، وضعیت استان چهارمحال و بختیاری را در یکی از دوره‌های پیش از تاریخ (مس‌وسنگ) بررسی نماید. برای دستیابی به این هدف ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ArcMap به تحلیل فضایی و تاثیر عوامل زیست‌محیطی بر میزان پراکنش و تمرکز این استقرارها پرداخته می‌شود و سپس با توجه به این توزیع فضایی و استفاده از منطق فازی، مدل پیش‌بینی ارائه خواهد شد. در مدل مذکور، مکان‌های دارای پتانسیل بالقوه برای وجود محوطه‌های دوران مس‌وسنگ بررسی می‌شود و در نهایت بعد از ارائه مدل مورد نظر، میزان صحت عملکرد آن نیز سنجیده خواهد شد.

۲. وضعیت جغرافیایی و باستان‌شناسی منطقه مورد مطالعه

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۵۳۲ کیلومتر مربع بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و نیز ۴۹ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این استان در بخش مرکزی کوه‌های زاگرس بین پیش کوه‌های داخل و استان اصفهان واقع شده است (اشرفی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳). چهارمحال و بختیاری از شمال و شرق به استان اصفهان، از غرب به استان خوزستان، از جنوب به کهگیلویه و بویراحمد و از شمال غرب به استان لرستان محدود است (شیوندی و همکاران، ۱۳۸۵: ۵) (شکل ۱). چهارمحال و بختیاری منطقه‌ای است کوهستانی که تقریباً ۷۶٪ آن را کوه‌ها و تپه‌ها و ۲۴٪ دیگر را دشت‌های آبرفتی و فلات‌ها تشکیل می‌دهد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۳: ۷). این استان دارای ۱٪ از کل وسعت ایران است و در بستر سلسله جبال زاگرس واقع شده است. با وجود مساحت کم، ۱۰٪ از منابع آب کشور را در اختیار دارد. به علت ماهیت کوهستانی مرتفع، که در مسیر بادهای مرطوب سیستم‌های مدیترانه‌ای قرار دارد و موجب صعود و تخلیه بار این سامانه‌ها می‌گردد، دارای بارش نسبتاً مناسب است. غالباً در مناطق مرتفع نوع بارش به صورت برف بوده و وجود ارتفاعات پوشیده از برف یکی از ویژگی‌های اقلیمی این استان است (شجاعی و همکاران، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴: ۱۳).



شکل ۱. نقشه موقعیت استان چهارمحال و بختیاری در ایران و ناهمواری‌های آن.

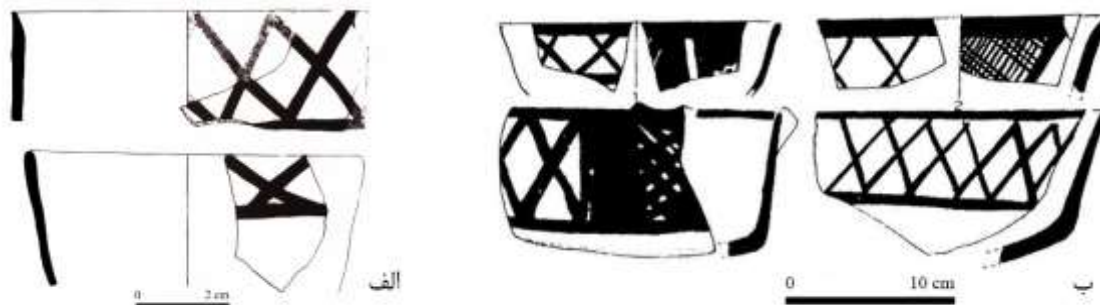
Figure 1. Location of Chaharmahal and Bakhtiari province in Iran and its Landscape.

این منطقه کوهستانی، که حد شمالی و شمال شرقی خوزستان را تشکیل می‌دهد، در درک تحولات فرهنگی دشت‌های آبرفتی ایران اهمیت حیاتی دارد. این منطقه همواره به طور سنتی در حیات اقتصادی و سیاسی سرزمین‌های پست فلات و تا حد کمتری فلات مرکزی ایران، نقش داشته است (زاگارل، ۱۳۸۷: ۲۴). لازم به ذکر است با توجه به دیدگاه اشاعه فرهنگی^۱، فلنری منطقه بختیاری را بخش قابل توجه‌ای از بین‌النهرین بزرگ^۲ می‌داند (Flannery, 1965). براساس مطالعات باستان‌شناسی، در دوره مورد بحث در این پژوهش (مس‌وسنگ) سه مرحله اصلی رخ داده است:

۱-۲. مس‌وسنگ قدیم: که متناظر با مرحله جعفرآباد در خوزستان است. از نظر مفهومی، مس‌وسنگ قدیم شامل نیمه نخست مرحله چغامیش خوزستان و مرحله خزینه دهلران است (زاگارل، ۱۳۸۷: ۴۰). فرهنگ مس‌وسنگ قدیم بهتر از هر جا در محوطه S12، که تپه مرکزی مجموعه چغات اسکندری، درست در غرب هفشجان است، شناسایی شده و زاگارل مس‌وسنگ قدیم منطقه را تحت عنوان «مرحله فرهنگی اسکندری» نام‌گذاری کرده است. ظروفي که از این محوطه به دست آمده به طور قطع آن را با مرحله جعفرآباد خوزستان مرتبط می‌سازد. در این رابطه تغارهایی که در شکل ۲-الف نشان داده شده اهمیت زیادی دارند. مشابه این ظروف بزرگ و نقش‌مایه‌ای به شکل نوار Xها بر لبه ظرف را می‌توان در محوطه‌هایی همچون جعفرآباد (شکل ۲-ب)، جوی، چغامیش و چغاسفید یافت (همان، ۴۱). زاگارل به ظروف منقوش دیگری اشاره می‌کند که قابل مقایسه با ظروف به دست آمده از لایه‌های ۴-۶ جعفرآباد است.

^۱ Cultural Diffusion

^۲ Great Mesopotamia



شکل ۲. الف) تگراهایی با نقش ایکس به دست آمده از محوطه S12 (Zagarell, 1982: 157); ب) ظروف با نقش ایکس، به دست آمده از جعفرآباد (Dollfus, 1978: 159).

Figure 2. The large Vat and the band of X's painted along the rim; a: S12 (Zagarell, 1982: 157); b: Jafarabad (Dollfus, 1978: 159).

۲-۲. مس‌وسنگ میانی: که دوره رونق و شکوفایی در سراسر منطقه بختیاری بود. زاگارل در بررسی‌های خود محوطه‌های مس‌وسنگ میانی را دارای بیشترین فراوانی پس از دوره اسلامی عنوان کرده است. مواد منسوب به این مرحله بهتر از هر جا در محوطه گرد چله‌گاه (RI) در دشت ریگ شناسایی شده است و سفال‌های زیادی با نقش‌مایه‌های اواخر مرحله باکون ب گردآوری شده است. زاگارل از این دوره تحت عنوان «مرحله فرهنگی چله‌گاه» یاد کرده که نمایان‌گر نیمه دوم مرحله چغامیش است. این مرحله به‌طور کلی هم‌زمان با لایه‌های m-3n جعفرآباد، لایه‌های ۲۲ تا ۱۱ بندبال، مرحله‌های مهمه و بیات در تپه سبز و باکون ب در فارس است (زاگارل، ۱۳۷۸: ۴۳). «مرحله فرهنگی افغان» مرحله فرهنگی مس‌وسنگ میانه، مرتبط با دوره باکون A1-4 که شاخص استان فارس است، مرحله نسبتاً متداول در منطقه بختیاری است. مرحله فرهنگی افغان در تمام محوطه‌ها همراه با مرحله چله‌گاه و نیز چند مرحله دیگر دیده شده است. زاگارل مرحله فرهنگی چله‌گاه را قدیمی‌تر از مرحله فرهنگی افغان می‌داند و مس‌وسنگ میانی منطقه را با این دو مرحله توضیح داده است. به این ترتیب که مرحله فرهنگی چله‌گاه بیشتر با خوزستان مشابهت داشته و مرحله فرهنگی افغان بیشتر به فارس متمایل است (همان، ۵۲).

۲-۳. مس‌وسنگ جدید: محدوده زمانی مس‌وسنگ جدید اساساً متناظر با دوره‌های اوروک^۱ قدیم و جدید و جم‌دات نصر^۲ در بین‌النهرین و خوزستان است. زاگارل پیشنهاد داده که مجموعه سفال‌های این دوره در ۳ یا احتمالاً ۴ گروه سفالی^۳ تقسیم شوند و یادآور می‌شود که بدون کاوش، تنها می‌توان گاه‌شناسی نسبی ارائه داد. این گروه‌های سفالی عبارت‌اند از: ۱. گروه سفالی شهرک، ۲. گروه سفالی S17 و ۳. گروه سفالی برجویی (زاگارل، ۱۳۷۸: ۵۲، ۵۷ و ۶۱). در مرحله مس‌وسنگ جدید، هم در تعداد کل محوطه‌ها و هم در اندازه آن‌ها کاهش دیده می‌شود. همراه با این کاهش، نوع جدیدی از محوطه ظاهر می‌شود که احتمالاً با فعالیت‌های دام‌پروری مرتبط

^۱ Uruk

^۲ Jamdat Nasr

^۳ Aspect (بنگرید به زاگارل، ۱۳۷۸: ۵۲ - پاورقی)

است. شواهد استفاده از غارها نیز در این مرحله دیده می‌شود. هرچند سفال بخش‌های مختلف منطقه بختیاری با هم متفاوت‌اند، پیوستگی بسیار نزدیکی بین سفال این منطقه و دیگر مناطق مرتفع دیده می‌شود (تا با خوزستان). بدون تردید منطقه بختیاری را نمی‌توان در این مقطع زمانی منطقه‌ای تک افتاده توصیف کرد و شاید به‌راستی یکی از راه‌های ارتباطی فلات مرکزی و خوزستان بوده است (زاگارل، ۱۳۷۸: ۷۷). وضعیت گاهنگاری دوره مورد مطالعه را می‌توان در جدول ۱ مشاهده نمود.

جدول ۱. گاهنگاری نسبی منطقه بختیاری با مناطق همجوار (زاگارل، ۱۳۸۷: ۱۴۲).

Table 1. Relative chronology of Bakhtiari region with neighboring regions (Zagarel, 2008: 142).

بختیاری	فارس	کنگاور	بین‌النهرین
نوسنگی بی‌سفال			
قلعه رستم			
قلعه رستم III			
قلعه رستم II	موشکی		
قلعه رستم I			
مس‌وسنگ قدیم			عبید ۱
			عبید ۲
مس‌وسنگ میانه	باکون ب (متأخر)	گودین X	عبید ۳
چله‌گاه			
افغان	باکون A ₁₋₄	گودین IX	عبید ۴
		گودین VII	اوروک قدیم
		گودین VI	
مس‌وسنگ جدید			
R1	باکون A5		
شهرک، برجویی		گودین V	اوروک جدید
S17	باناش		جمدت‌نصر

۳. روش‌شناسی و جامعه آماری

به منظور تحلیل فضایی جوامع مس‌وسنگ منطقه مورد مطالعه، از هر دو منابع باستان‌شناختی و زیست‌محیطی استفاده شده است. محوطه‌های مس‌وسنگ و ویژگی‌های فرهنگی آنها داده‌های باستان‌شناختی و مدل رقومی ارتفاع، خروجی‌ها و نقشه‌های لازم، داده‌های زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهند. از میان متغیرهای زیست‌محیطی پنج متغیر ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب زمین، فاصله از آبراهه، پوشش گیاهی و کلاس بافت خاک که در تعیین محل محوطه‌های باستانی بسیار تاثیر گذار هستند، انتخاب شدند. موقعیت جغرافیایی محوطه‌های مورد نظر در لایه‌های متناظر با متغیرهای بالا، پیاده شد تا اطلاعات لازم برای تحلیل مدل پیش‌بینی از آن‌ها برداشت شود. ضمن اینکه تأثیر هر کدام از این متغیرها بر پراکنش محوطه‌ها نیز مشخص می‌شود.

در کل دو نوع مدل‌سازی اصلی در پیش‌بینی محوطه‌های باستانی وجود دارد: مدل پیش‌بینی استقرایی و مدل پیش‌بینی استنتاجی. مدل‌های استنتاجی مبتنی بر نظریه‌های رفتار فرهنگی هستند تا ارتباط بین

محوطه‌های باستانی و متغیرهای زیست‌محیطی را نتیجه‌گیری کنند. مدل‌های استقرایی از مشاهده الگوها برای معلوم کردن ارتباط بین محوطه‌های باستانی و متغیرهای زیست‌محیطی بهره می‌برند. مدل‌های استنتاجی زمانی موفق هستند که باستان‌شناس تا حد زیادی با فرهنگ و چشم‌انداز محوطه‌های استقراری آشنایی داشته باشد (Wright, 2016: 10). روش منطق فازی که در این پژوهش به کار می‌رود، یک روش استنتاجی است. روش منطق فازی، متغیرهای زیست‌محیطی استفاده شده در مدل پیش‌بینی را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد تا موقعیت‌های مناسب برای محوطه‌های باستانی را مشخص کند. متغیرهای زیست‌محیطی مطلوب بر اساس فرضیه‌های پژوهشگر مشخص می‌شوند (Wright, 2016: 10). مدل‌سازی منطق فازی در باستان‌شناسی در دهه ۱۹۸۰ میلادی متداول شد (Judge and Sebastian, 1998). مفهوم منطق فازی برای شبیه‌سازی دنیای واقعی استفاده می‌شود که در آن شرایط زیست‌محیطی می‌تواند مناسب یا نامناسب باشد و یا مانند یک طیف گسترده باشد که قسمتی از آن مناسب و قسمت‌هایی هم نامناسب باشد.

منطق فازی در باستان‌شناسی بر این ایده استوار است که رخ‌دادهای باستان‌شناختی می‌توانند بی‌نهایت مقدار را اتخاذ کنند. این در حالی است که منطق بولی^۱ فقط می‌تواند «درست» یا «نادرست بودن» و «وجود محوطه» یا «عدم وجود محوطه» را بیان نماید. این منطق توسط لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ ارائه شد. ایده اصلی لطفی‌زاده این بود که می‌توان بین اعضای یک گروه مفروض با یک تابع، شباهت‌ها را به گونه‌ای برقرار ساخت که آن تابع مقادیر بین صفر و یک را اتخاذ کند. لطفی‌زاده یک مجموعه فازی را به عنوان «یک کلاس از اعضا با درجه عضویت پیوسته» تعریف می‌کند (Zadeh, 1965). مینک و همکارانش در مورد استفاده از روش منطق فازی در ArcMap برای مدل‌سازی موقعیت استقرارهای پیش از تاریخ وودفورد- کنتاکی بحث می‌کنند (Mink et al., 2009). آنها این مطالعات را به منظور ارائه کردن یک مدل پیش‌بینی انجام دادند تا احتمال یافتن ابزارهای سنگی پیش از تاریخی را افزایش دهند. از طرفی نیکولوچی و هرمان از روش منطق فازی در بازسازی‌های باستان‌شناختی استفاده کرده‌اند. همچنین آنها بر اساس روش‌هایی که ارائه می‌دهند، ارزیابی علمی از چنین بازسازی‌هایی را فراهم می‌آورند (Nicolucci and Hermon, 2010).

از جمله کارهای انجام شده در ایران که به ارتباط بین منطق فازی و باستان‌شناسی می‌پردازد می‌توان به «ریاضیات فازی در باستان‌شناسی» اشاره کرد که نویسندگان تاکید دارند با توجه به مبهم و غیر قطعی بودن داده‌های باستان‌شناختی، زمینه برای حضور منطق فازی در باستان‌شناسی مهیا می‌شود. همچنین یکی از بزرگترین کمک‌هایی که منطق فازی می‌تواند به باستان‌شناسی برساند را در «پس‌بینی» محل وجود داده‌های باستانی یا همان محوطه‌های باستانی می‌دانند و در این زمینه به همین اشاره کوتاه بسنده کرده‌اند (طاهری و همکاران، ۱۳۹۶). در پژوهشی دیگر، استفاده از منطق فازی برای مکان‌گزینی سکونتگاه‌های پیش از تاریخ دشت ورامین مورد مطالعه قرار گرفته است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۳). مقصودی و همکاران فقط به نام «منطق فازی» اشاره کرده و دقیقاً مشخص نکرده‌اند که از کدامین توابع فازی در تحلیل‌های خود استفاده کرده‌اند و بدون اشاره به فرآیند کار، دشت ورامین را به پنج ناحیه با قابلیت محیطی بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، مناسب و

^۱ Boolean Logic/ Boolean Algebra

بسیار مناسب برای استقرارهای انسانی تقسیم کرده‌اند. اما پژوهش حاضر از منطق فازی استفاده کرده تا «مدل پیش‌بینی» برای موقعیت محوطه‌های مس‌وسنگ در چشم‌انداز استان ارائه کند در این خصوص کلیه توابع فازی استفاده شده و مراحل کار کاملاً شرح داده می‌شود.

یکی از مشخصه‌های منطق فازی بر خلاف روش‌های دیگر که مساعد بودن را در نظر می‌گیرند، در نظر گرفتن هر دو جنبه مثبت و منفی با ارزش‌گذاری‌های متفاوت در بازه یک و صفر است. با ذکر یک مثال و در نظر گرفتن متغیر ارتفاع از سطح دریا این مطلب بیشتر توضیح داده می‌شود. ممکن است در مدلی فقط به کلاس ارتفاعی مطلوب اشاره شود، حال آنکه منطق فازی علاوه بر بازه مطلوب، دیگر بازه‌ها را نیز ارزش‌گذاری می‌کند و همه نامساعدها را به یک چشم نمی‌بیند و می‌تواند بی‌نهایت مقدار به آن کلاس‌ها نسبت دهد. منطق فازی می‌تواند کلاس‌های ارتفاعی را به بخش‌های خیلی مطلوب (نزدیک به یک فازی)، مطلوب، کمی مطلوب، متوسط، کمی از متوسط پایین‌تر و .. تقسیم کند. جامعه آماری این پژوهش تعداد ۷۵ محوطه مس‌وسنگ است که در بررسی‌های باستان‌شناختی شناسایی و ثبت شده‌اند. از جمله آن‌ها می‌توان به ۲۹ محوطه مربوط به دشت فارس (خسروزاده، ۱۳۸۶)، ۱۴ محوطه بخش میانکوه شهرستان اردل (خسروزاده، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰)، ۳ محوطه مربوط به شهرستان بن (عرب و محمدی، ۱۳۹۵؛ جولایی و محمدی، ۱۳۹۶) و در نهایت شماری محوطه که در بررسی‌های زاگبار و کارهای منتشر شده معرفی شده‌اند، اشاره کرد (زاگبار، ۱۳۸۷؛ *Esmaeili Jelodar and Shirazi et al., 2015; Zolghadr, 2014*).

۴. یافته‌های پژوهش

در این قسمت از پژوهش، در دو بخش جداگانه یافته‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند: ابتدا پنج متغیر موثر بر پراکنش محوطه‌ها معرفی می‌شوند تا با ارائه نقشه‌ها و نمودارهای مختلف تاثیر هر کدام از آن‌ها بر موقعیت مکانی محوطه‌ها بررسی شود. سپس بر پایه تحلیل‌های صورت گرفته، هر کدام از این پنج متغیر را به کمک جعبه ابزار *Fuzzy membership* و توابع متناسب موجود در آن، به لایه فازی مطلوب منتقل کرده و در نهایت در بخش دوم، با قرار دادن این لایه‌های فازی روی هم (*Fuzzy overlay*) و استفاده از عملگر منطقی *AND*، مدل پیش‌بینی برای محوطه‌های مس‌وسنگ منطقه مورد مطالعه ارائه خواهد شد.

۴-۱. بخش اول: همان‌طور که قبلاً ذکر شد، پنج متغیر مورد نظر عبارت‌اند از: ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب زمین، فاصله از رودخانه، پوشش گیاهی و کلاس بافت خاک. لازم به یادآوری است که هیچ‌کدام از این عوامل به تنهایی برای استقرار مناسب نیستند؛ به عبارت دیگر پنج عامل نام‌برده شده در این بخش، شروط لازم برای استقرار هستند نه این‌که شرط کافی باشند. در ادامه هر کدام از این پنج متغیر به طور جداگانه بررسی خواهند شد.

۴-۱-۱. ارتفاع از سطح دریا: یکی از عوامل مهم در پراکنش استقرارهای انسانی، عامل ارتفاع از سطح دریا است. این عامل معرف توپوگرافی منطقه بوده و در ایجاد رژیم‌های اقلیمی و در نتیجه نوع زندگی مردم منطقه

تاثیرگذار است. منطقه از نظر ارتفاعی به ۷ کلاس تقسیم شد و تعداد ۷۵ محوطه مس‌وسنگ در این ۷ کلاس در شکل ۹- الف مکان‌یابی شده‌اند. از این تعداد ۵ محوطه در بازه ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر، ۳۰ محوطه در بازه ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، ۳۷ محوطه در بازه ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر، دو محوطه در بازه ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر و یک محوطه در بازه ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر قرار دارد (شکل ۳). ضمن اینکه هیچکدام از محوطه‌های مورد مطالعه در بازه ارتفاعی ۳۵۰۰ تا ۴۱۹۰ متر قرار ندارند. با کمی دقت متوجه می‌شویم که ۶۷ محوطه از جامعه آماری مورد مطالعه در بازه ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر قرار دارند. بازه‌های ۷۷۷ تا ۱۰۰۰ متر، ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر و ۳۵۰۰ تا ۴۱۹۰ متر هیچ محوطه‌ای ندارند.

با استفاده از تابع گاوسی^۱، به کلاس‌بندی مجدد لایه ارتفاعی می‌پردازیم تا مقادیر ارتفاعی استان را که بین ۷۷۷ متر و ۴۱۹۰ متر هستند به بازه صفر و یک فازی منتقل کنیم. عملکرد تابع گاوسی در شکل ۱۰ (الف) مشخص شده است. این تابع بازه‌های مطلوب استقرار را به عنوان «یک» فازی فرض می‌کند و بازه‌های نامطلوب را تحت عنوان «صفر» فازی در نظر می‌گیرد. بدیهی است کلیه مقادیر بازه‌های دیگر بین صفر و یک ارزش‌گذاری خواهند شد. بنابراین سه کلاس نام برده شده (که هیچ محوطه‌ای در آنها قرار نداشت) همان صفر فازی بوده و دو بازه ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر و ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر همان یک فازی هستند. کلیه ارتفاعات بین این کلاس‌ها (یک و صفر) ارزش‌گذاری می‌شوند و هرچه از ارتفاع مطلوب ۲۰۰۰ متر دورتر شویم ارزش فازی آن نیز از یک دورتر می‌شود. در واقع ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا جزء مناسب‌ترین ارتفاعات برای استقرارهای دوران مس‌وسنگ استان بوده و این نتیجه با بررسی ۷۵ محوطه این دوران حاصل شده است.



شکل ۳. پراکندگی محوطه‌های مورد مطالعه در کلاس‌های مختلف ارتفاعی (نگارندگان).

Figure 3. Distribution of sites in different altitude classes.

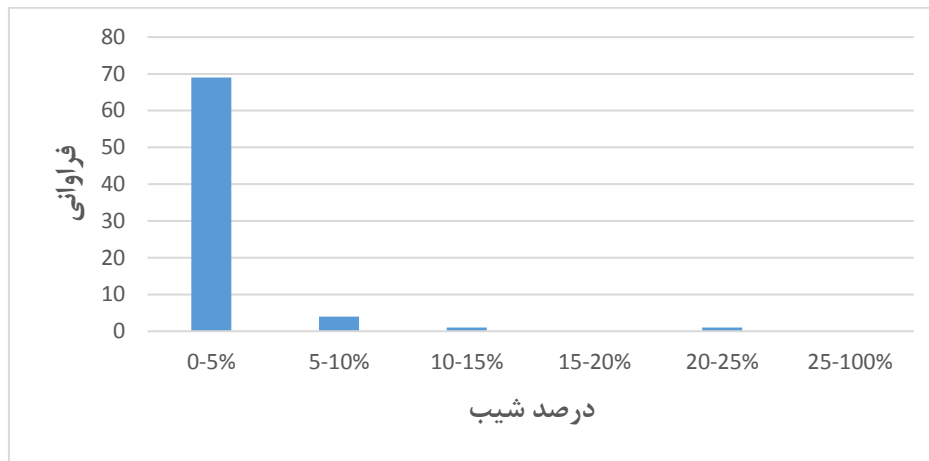
^۱ Gaussian function

۲-۱-۴. درصد شیب زمین: در شرایط فلات ایران می‌توان شیب اصلی (طولانی‌ترین شیب واحد زمین) و حداکثر شیب جانبی (در جهت عمود بر شیب اصلی) را در ارزیابی تناسب اراضی در نظر گرفت. شیب اراضی برای کشت آبی (آبیاری سطحی) اهمیت بیشتری نسبت به کشت دیم دارد. گیوی طی جدولی کلاس سطح محدودیت و درجه‌بندی اراضی با شیب‌های مختلف را برای نباتات زراعی بجز برنج ارائه کرده است. در این جدول شیب اصلی تا ۵٪ در حالی که شیب فرعی نیز تا حداکثر ۵٪ باشد، مطلوب برای انواع نباتات زراعی معرفی شده است. البته در شیب اصلی ۵٪ در حالی که شیب فرعی در بازه ۲ تا ۵٪ باشد، محدودیت‌هایی به وجود می‌آید (گیوی، ۱۳۷۶: ۲۱ و ۲۲). یکی دیگر از عواملی که به شدت به درجه شیب وابسته است، فرسایش است و یکی از معروف‌ترین فرسایش‌ها، فرسایش آبی است. رفاهی استدلال می‌کند که اگر شیب زمین ۴ برابر گردد آنگاه سرعت جریان آب ۲ برابر شده و ذره‌ای که می‌تواند انتقال یابد، نزدیک به ۳۲ برابر می‌شود (رفاهی، ۱۳۸۸: ۶۹ و ۷۰).

توضیحات بالا فقط گوشه‌ای از تأثیرات شیب زمین در زندگی مبتنی بر پرورش نباتات زراعی بود. بنابراین می‌توان گفت که یکی از عوامل تأثیرگذار بر پراکندگی استقرارها، درصد شیب زمین است. بسیار مشخص است که سکونت‌گاه‌ها در شیب‌های بالا ایجاد نمی‌شود و شیب‌های بسیار کم، مطلوب هستند. با این توضیحات، پراکندگی محوطه‌های مورد مطالعه در کلاس‌های مختلف شیب استان معرفی و نقشه و نمودار مربوطه ارائه می‌شود. در ابتدا شیب استان به ۶ کلاس تقسیم شد (شکل ۹-ب) که عبارت‌اند از: ۰ تا ۵٪، ۵ تا ۱۰٪، ۱۰ تا ۱۵٪، ۱۵ تا ۲۰٪، ۲۰ تا ۲۵٪ و ۲۵ تا ۱۰۰٪. سپس شیب ۷۵ محوطه مورد نظر، محاسبه شد. از این تعداد ۶۹ محوطه در بازه شیب ۰ تا ۵٪، ۴ محوطه در بازه شیب ۵ تا ۱۰٪، بازه‌های ۱۰ تا ۱۵٪ و ۲۰ تا ۲۵٪ هر کدام یک محوطه و دو بازه باقی‌مانده هیچ محوطه‌ای نداشتند (شکل ۴). همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد بیشتر استقرارها در شیب پایین‌تر از ۵٪ قرار دارند. در واقع شیب‌های کم برای استقرارهای مس‌وسنگی استان بسیار مناسب است و برعکس، شیب‌های زیاد فاقد محوطه‌های استقرار هستند.

با استفاده از تابع *Near* کلیه مقادیر شیب در کلاس‌بندی جدید (بین ۰ و ۱) قرار گرفت. عملکرد تابع *Near* در شکل ۱۰ (ب) با رسم نموداری مشخص شده است. با توجه به اینکه ۹۲ درصد محوطه‌ها در کلاس ۰ تا ۵٪ قرار دارند، شیب میانگین این کلاس برای تحلیل فازی مطلوب در نظر گرفته شد در واقع شیب میانگین این بازه به عنوان مقدار *near* در نظر گرفته شد و بقیه شیب‌ها مقدار فازی متناسب به خود را از بین ۰ تا ۱ اخذ خواهند کرد. برای کلاس‌بندی شیب مناسب‌ترین تابع فازی، همان تابع *Near* است. شاید با نگاه به نمودار تابع گاوسی، به نظر برسد که آن تابع نیز می‌تواند در اینجا مناسب باشد، اما نگارندگان یادآور می‌شوند که حساسیت تابع گاوسی نسبت به تابع *Near* بسیار کمتر است (شیب نمودار تابع گاوسی نسبت به تابع *Near*) این در حالی است که تغییرات شیب هرچند اندک، بسیار تعیین‌کننده خواهد بود. بنابراین تابع *Near* کلاس‌بندی جدیدی منطبق با کلاس‌بندی قبلی فراهم می‌کند با این تفاوت که لایه خروجی این تابع، یک لایه فازی است که کلیه مقدارها بین صفر و یک واقع شده‌اند. ذکر این نکته در پایان این قسمت خالی از لطف نیست که کلاس‌های بدون مقدار در تحلیل مدل پیش‌بینی بسیار کمک خواهند کرد؛ چرا که مقدار کمینه را به منطقه تحت پوشش خود در مدل رقومی ارتفاع استان اختصاص خواهند داد. البته مقدار فازی کلاس ۲۵-۱۰۰ درصد، بسیار کمتر از مقدار

فازی کلاس ۱۵-۲۰ درصد خواهد بود. این موارد سبب می‌شوند که نواحی مطلوب استقرار، با دقت بیشتری پیش‌بینی و مشخص شوند.



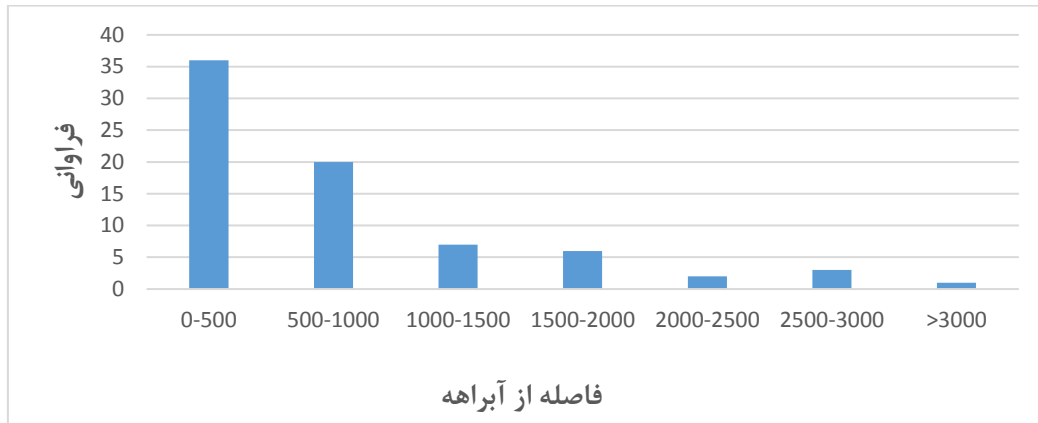
شکل ۴. پراکندگی محوطه‌های مورد مطالعه در بازه‌های مختلف درصد شیب (نگارندگان).

Figure 4. Distribution of sites in different classes of slope percentage.

۳-۱-۴. فاصله از آبراهه: رودخانه‌ها از عوامل بسیار مهم در پراکندگی استقرارها هستند. دلیل این امر بسیار واضح است، انسان، حیوان و گیاه هر سه وابسته به آب هستند و بدون آب هیچ‌کدام از این سه گروه نمی‌توانند زنده بمانند. یکی از مهم‌ترین منابع آب شیرین، رودخانه‌ها هستند. بنابراین این طور به نظر می‌رسد که محوطه‌های دوران مس‌وسنگ استان در حاشیه رودخانه‌ها شکل گرفته باشند. با توجه به اینکه رودخانه‌ها در برخی از نقاط، مرزهای استان را تشکیل می‌دهند و ممکن است که در مدل رقومی ارتفاع استان لحاظ نشده باشند، نگارندگان از مدل رقومی گسترده‌تری (شکل ۹-ج) استفاده کرده‌اند تا تمامی آبراهه‌های مرزی استان هم لحاظ شوند و در نتیجه فاصله دقیق محوطه‌های مرزی از این آبراهه‌ها حساب شود تا در تحلیل‌های بعدی خطا به حداقل مقدار برسد.

بعد از ترسیم آبراهه‌های استان و اعمال عملگر فاصله اقلیدسی، فاصله محوطه‌ها از آبراهه‌ها محاسبه شد و این فاصله از آبراهه‌ها در ۷ کلاس تقسیم‌بندی شد که تعداد ۳۶ محوطه در کلاس ۰ تا ۵۰۰ متر، ۲۰ محوطه در کلاس ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر، ۷ محوطه در کلاس ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر، ۶ محوطه در کلاس ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، ۲ محوطه در کلاس ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر، ۳ محوطه در کلاس ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر و فقط ۱ محوطه در فاصله بیشتر از ۳۰۰۰ متری آبراهه‌ها قرار داشت (شکل ۵). برای انتقال این تحلیل‌ها به دنیای فازی، از تابع *Small* استفاده شد. نحوه عملکرد این تابع در شکل ۱۰ (ج) مشخص شده است. همان‌طور که مشخص است، تابع *Small* با انتخاب نقطه میانی مطلوب این قابلیت را دارد که علاوه بر برگرداندن مقادیر (کمترین فاصله تا آبراهه، بیشترین ارزش فازی) به نحو مطلوبی بقیه مقادیر را ارزش‌گذاری کند. مثلاً با انتخاب ۲۰۰۰ متر (برای این مثال خاص) به عنوان نقطه میانی تابع *Small* مقادیر نزدیک به یک فازی برای بازه‌های ۰-۵۰۰ و ۵۰۰-۱۰۰۰

اختصاص می‌یابد و هرچه از این مقدار میانی دورتر شویم با شیب ملایمی به صفر فازی نزدیک می‌شویم. بنابراین تابع Small یک لایه فازی مطلوب را در خروجی تحویل می‌دهد.



شکل ۵. فاصله محوطه‌های مورد مطالعه از آبراهه‌ها (نگارندگان).

Figure 5. The distance of Sites from Drainage lines.

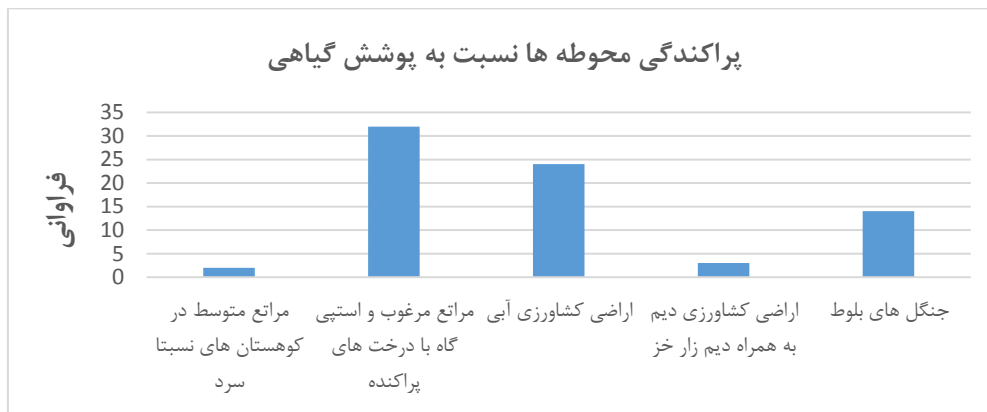
۴-۱-۴ پوشش گیاهی: پوشش گیاهی هر استان به صورت نقشه‌های پلی‌گونی^۱ ارائه می‌شود. هر نقطه دلخواه از استان را می‌توان در این نقشه مکان‌یابی نموده و به پوشش گیاهی آن نقطه و محوطه مورد نظر پی‌برد. پوشش گیاهی استان چهارمحال و بختیاری دارای پنج کلاس متفاوت است که عبارت‌اند از: ۱- مراتع متوسط در کوهستان‌های نسبتاً سرد، ۲- مراتع مرغوب و استپی‌گاه با درخت‌های پراکنده، ۳- اراضی کشاورزی آبی، ۴- اراضی کشاورزی دیم به همراه دیم‌زارهای خز و ۵- جنگل بلوط و ارس و گاه پسته و بادام و گز. محوطه‌های مورد مطالعه در این نقشه مکان‌یابی شده‌اند (شکل ۹-د). از ۷۵ محوطه، تعداد ۳۲ محوطه تحت پوشش مراتع مرغوب و استپی‌گاه با درخت‌های پراکنده قرار گرفته‌اند که بالاترین فراوانی نیز محسوب می‌شود. دومین پلی‌گونی که بیشترین محوطه را به خود اختصاص داده اراضی کشاورزی آبی است که دارای ۲۴ محوطه است. ۱۴ محوطه در جنگل‌های بلوط و ارس و گاه پسته و بادام و گز واقع شده‌اند که این محوطه‌ها مربوط به بخش‌هایی از شهرستان اردل می‌باشند. اراضی کشاورزی دیم و مراتع متوسط در کوهستان‌های سرد به ترتیب ۳ و ۲ محوطه را در خود جای داده‌اند (شکل ۶).

لازم به ذکر است که لایه پوشش گیاهی به صورت پلی‌گون در اختیار پژوهشگران قرار می‌گیرد بنابراین لازم است برای تحلیل‌های فازی، ابتدا این لایه از پلی‌گون به رستر^۲ تبدیل شود سپس بازه‌های زیر (شکل ۶) به سه کلاس مطلوب (در این مثال خاص، مراتع مرغوب و اراضی کشاورزی) با مقداردهی ۱، کلاس متوسط (جنگل‌های بلوط) با مقداردهی ۳ و کلاس ضعیف (اراضی دیم و مراتع کوهستان‌های سرد) با مقداردهی ۵ تبدیل شوند. در نهایت از تابع Small کمک گرفته می‌شود تا این لایه را با مقادیر فازی به عنوان خروجی تحویل دهد. حال با انتخاب نقطه میانی مناسب می‌توان به کلاس ۱ مقدار نزدیک به یک فازی و به کلاس ۵ مقدار نزدیک به صفر فازی اختصاص

^۱ Polygon

^۲ Raster

داد ضمن اینکه کلاس ۳ مقداری بین صفر و یک اتخاذ می‌کند. در این مثال خاص مقدار میانی تابع *Small* عددی در بازه ۲٫۷ تا ۲٫۸ در نظر گرفته شد.

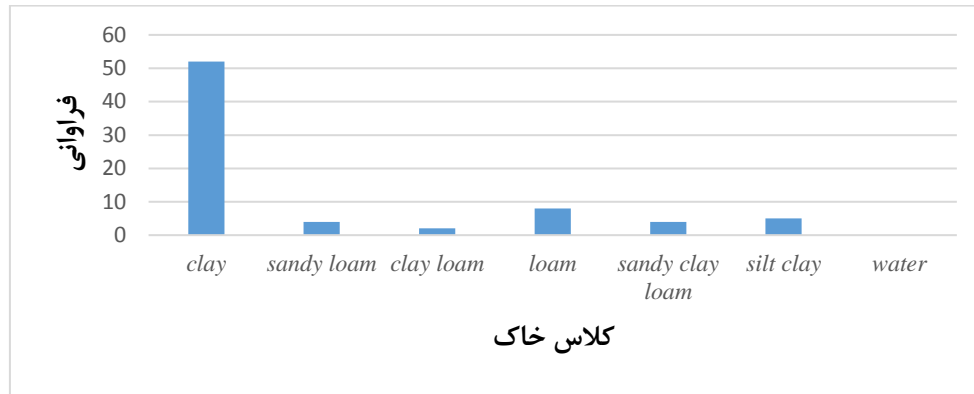


شکل ۶. پراکندگی محوطه‌های مورد مطالعه در پوشش‌های مختلف گیاهی (نگارندگان).

Figure 6. Distribution of Sites in different vegetation classes.

۵-۱-۴. کلاس بافت خاک: بافت خاک یکی از مشخصات پایای آن بوده و معمولاً تغییرپذیر نیست. بافت خاک در تغذیه و رشد و نمو گیاهان نقش مهمی را ایفا می‌کند. هرچه ذرات شن و سیلت در خاک زیادتر باشد، ذخیره عناصر غذایی و رطوبتی قابل استفاده گیاه کمتر بوده و نفوذپذیری آن نسبت به آب و هوا قابل توجه است. برعکس، وجود رس فراوان در خاک، متضمن توانایی خاک برای رشد گیاهان مختلف است. همچنین تعداد دفعات آبیاری و یا تناوب آن در خاک‌های رسی، کم‌ترین و در خاک‌های شنی، بیش‌ترین است (بای‌بوردی، ۱۳۹۳: ۱۸). واژه رس برای تعریف مواد گوناگون توسط افراد مختلف به کار رفته است. ولی در خاک‌شناسی منظور از رس ترکیبات کانی ریزتر از ۰٫۰۰۲ میلی‌متر در خاک است. بنابراین شامل بلورهای لایه‌ای آلومینوسیلیکات، اکسیدهای آهن، آلومینیم و سیلیسیم و یا هرگونه خرده کانی‌هایی است که در خاک یافت می‌شود. به علاوه این‌که خاک‌شناسان معمولاً خاک‌هایی را که بیش از ۴۰٪ رس داشته باشند، رسی می‌نامند. وجود رس در کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌ها اهمیت شایان دارد. ظرفیت تبادل کاتیونی که تا حد زیادی پایه و اساس تغذیه گیاه را تشکیل می‌دهد از مهم‌ترین خواص شیمیایی رس‌ها به شمار می‌آید. همچنین بلورهای رس بر اثر هوازدگی یون‌هایی را آزاد می‌کنند و از این رو در تغذیه گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کنند (همان، ۵۷). با توجه به مطالب بالا مشخص می‌شود که کلاس خاک بر رشد گیاهان و نباتات زراعی و در نتیجه بر انتخاب شیوه زندگی موثر بوده و از طرفی دیگر جزء ویژگی‌های پایای خاک و معمولاً تغییر ناپذیر آن است، از همین رو پراکنش محوطه‌های مورد نظر نسبت به کلاس‌بندی خاک استان مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۹-س). از ۷۵ محوطه مورد مطالعه، ۵۲ محوطه در بازه *Clay*، ۸ محوطه در بازه *Loam*، ۵ محوطه در بازه *Silt Clay*، ۴ محوطه در بازه *Sandy loam*، ۴ محوطه در بازه *Sandy clay Loam* و ۲ محوطه در بازه *Clay loam* قرار دارند (شکل ۷). همان‌طور که انتظار می‌رفت کلاس *Clay* بیشترین فراوانی را داشته و برای استقرار دوران مس‌وسنگ استان مناسب به نظر می‌رسد. درنهایت برای تبدیل این پلی‌گون به لایه فازی، مانند پوشش گیاهی عمل شد. تابع *Small* کلاس *clay* را با مقدار ۱ فازی مدل کرده و بقیه موارد مشابه قسمت قبلی عمل شد. با

تبدیل شدن پلی‌گون کلاس بافت خاک (کیفی) به یک لایه رستر (کمی) و در نهایت با اعمال تابع Small و بدست آوردن لایه فازی؛ پنج لایه فازی مورد نیاز مدل پیش‌بینی موقعیت محوطه‌ها تکمیل و آماده شد.



شکل ۷. پراکندگی محوطه‌های استان در کلاس‌های مختلف خاک (نگارندگان).

Figure 7. Distribution of sites in different soil classes.

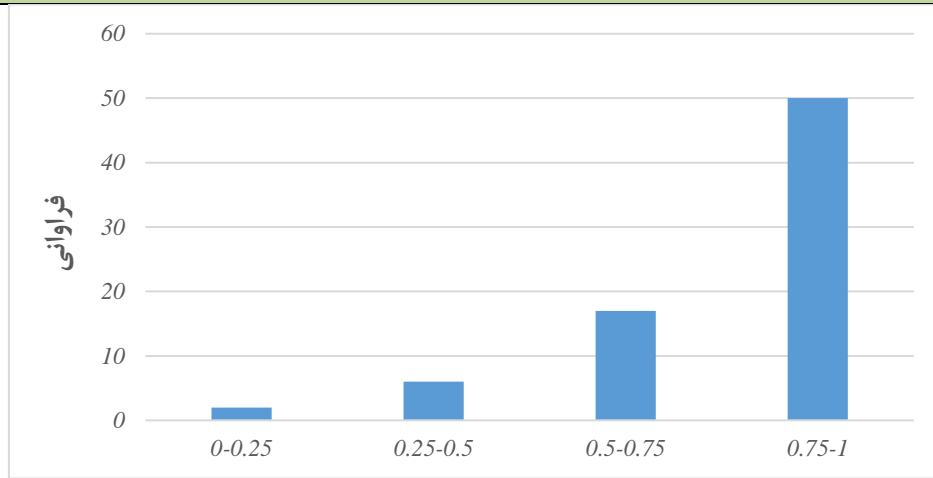
۲-۴. بخش دوم: همان‌طور که اشاره شد باستان‌شناسان تنها کسری از میلیون‌ها محوطه باستانی را ثبت کرده‌اند، در حالی که هزاران محوطه در طول سال برای توسعه مداوم زمین‌ها تخریب می‌شوند. یکی از راه‌ها برای کمک به درک و شناسایی این مکان‌ها، مدل‌های پیش‌بینی هستند. کلید اساسی موفقیت این مدل‌ها در این واقعیت است که محوطه‌های باستانی تمایل به تکرار در محیط‌هایی را دارند که برای استقرارهای انسانی مناسب هستند. مدل‌های پیش‌بینی از این ویژگی (امتیاز) استفاده کرده و از تضاد بین مشخصه‌های زیست‌محیطی برای تعیین مکان‌های مناسب و نامناسب برای استقرار استفاده می‌کنند. با استفاده از داده‌های مناسب می‌توان پیش‌بینی‌های مربوط به یک ناحیه نسبتاً کوچک را به منطقه‌ای بزرگ‌تر تعمیم داد (Wescott and Brandon, 2005: 7).

از دیگر مزایای مدل‌های پیش‌بینی می‌توان به صرفه‌جویی در انرژی، هزینه و زمان اشاره کرد. بدین صورت که اگر فردی قصد مطالعه نوع خاصی از استقرارها را در منطقه‌ای خاص داشته باشد، با استفاده از این مدل‌ها می‌تواند خیلی راحت‌تر مطلوب‌ترین مکان‌ها را برای یافتن محوطه‌ها جستجو کند و در وقت و هزینه صرفه‌جویی کند. البته پیشنهاد می‌شود که مدل پیش‌بینی برای ادوار فرهنگی مختلف به صورت جداگانه به کار رود. یعنی شایسته نیست که محوطه‌های نوسنگی با محوطه‌های قاجاری جمع بسته شود و ویژگی مطلوب استقرارها و در نتیجه بر پایه آن مدل پیش‌بینی ارائه شود. بسیار مشخص است که شاخص‌های استقراری دوران نوسنگی با دوران قاجار که از امکانات بیشتری بهره برده‌اند، متفاوت است هرچند که در بعضی از موارد اشتراکاتی هم دارند (علیرضا زاده نودهی، ۱۳۹۷: ۱۴۵). در بخش قبلی هر کدام از متغیرهای موثر در شکل‌گیری استقرارهای انسانی با انتخاب عملگر مناسب فازی، به یک لایه فازی در GIS تبدیل شد تا مطلوب بودن عامل مورد نظر را با یک فازی و نامطلوب بودن را با صفر فازی مدل کند. بدیهی است که مقادیر مابین را نیز برخلاف دنیای دیجیتال، مقداردهی کرده که این خود دقت محاسبات را بالا می‌برد.

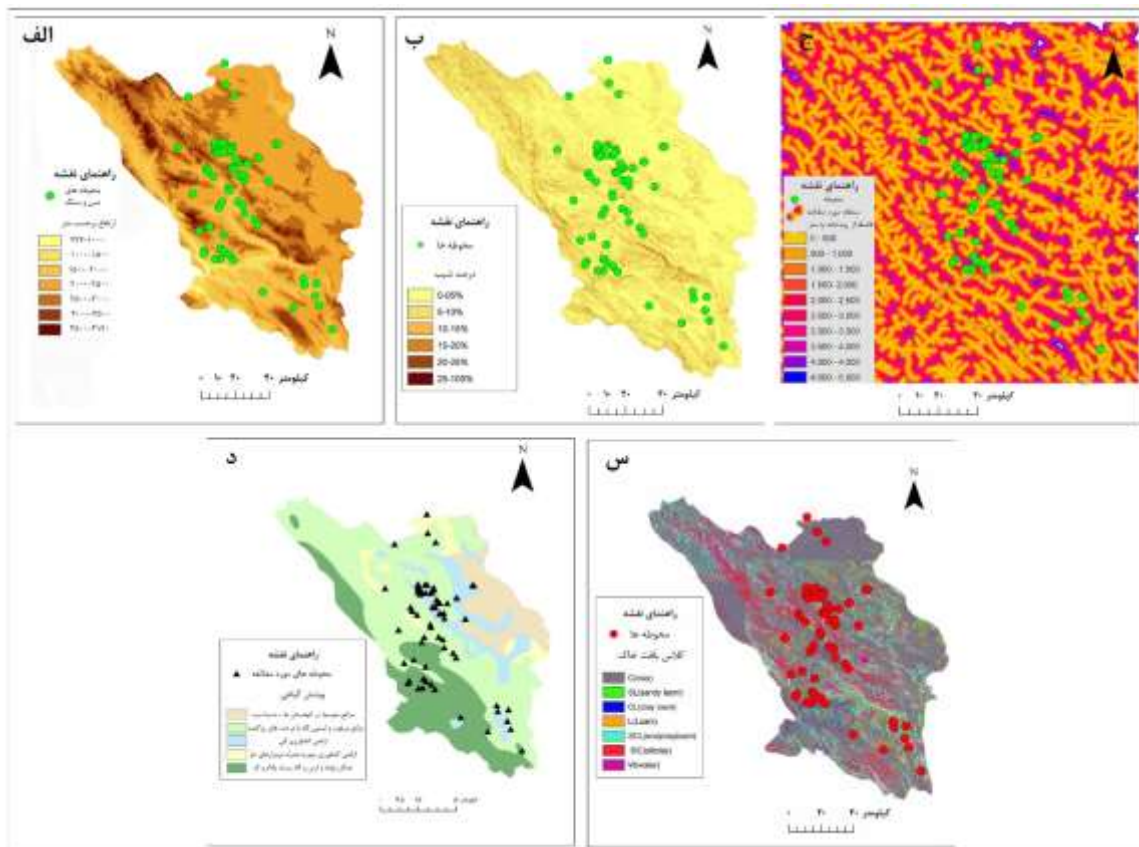
حال پنج لایه مورد نظر را تحت تابع *AND* منطقی قرار داده تا لایه نهایی که نشان‌دهنده مکان‌های مطلوب و نامطلوب برای استقرارهای مس‌وسنگ در استان است، حاصل شود (شکل ۱۱- الف). در شکل ۱۱- الف پراکندگی محوطه‌های مورد مطالعه نیز لحاظ شده است (دایره‌های سبز رنگ) که در ادامه با ارائه نموداری به پراکندگی محوطه‌ها در این نقشه پرداخته می‌شود (شکل ۸). اما قبل از آن لازم به یادآوری است که در این نقشه نقاط سفید نزدیک به یک فازی و در نتیجه نقاط مطلوب برای استقرارهای مس‌وسنگ استان بوده و از طرفی دیگر، نقاط سیاه نمایان‌گر صفر فازی یا همان نامناسب‌ترین نقاط برای استقرار می‌باشند. مقادیر بین این دو نیز با طیف رنگی بین سفید تا سیاه مشخص شده است. مقدار فازی دقیق هر کدام از محوطه‌ها با دقت ۵ رقم اعشار قابل محاسبه است.

شکل ۸ توزیع محوطه‌های مس‌وسنگ استان را در کلاس‌های مختلف فازی نشان می‌دهد. اگر کلاس ۰,۷۵ تا ۱ به عنوان مناطق با پتانسیل بالا و مناسب برای استقرار مس‌وسنگ فرض شود، محاسبات نشان داده است که از ۷۵ محوطه مورد مطالعه تعداد ۵۰ محوطه یعنی معادل ۶۶,۶٪ از محوطه‌ها در این کلاس قرار می‌گیرند. کلاس بعدی ۰,۵ تا ۰,۷۵ است که ۱۷ محوطه معادل ۲۲,۶۶٪ از کل محوطه‌ها را در خود جای داده است. یعنی ۸۹,۲٪ از محوطه‌های مس‌وسنگ استان در مناطقی قرار می‌گیرند که نگارندگان امکان وجود محوطه در آنها را بیش‌تر از ۵۰٪ عنوان کرده‌اند. این درحالی است که تنها ۸ محوطه در مناطق با امکان پیش‌بینی کمتر از ۵۰٪ قرار دارند یعنی فقط ۱۰,۶٪ از محوطه‌ها.

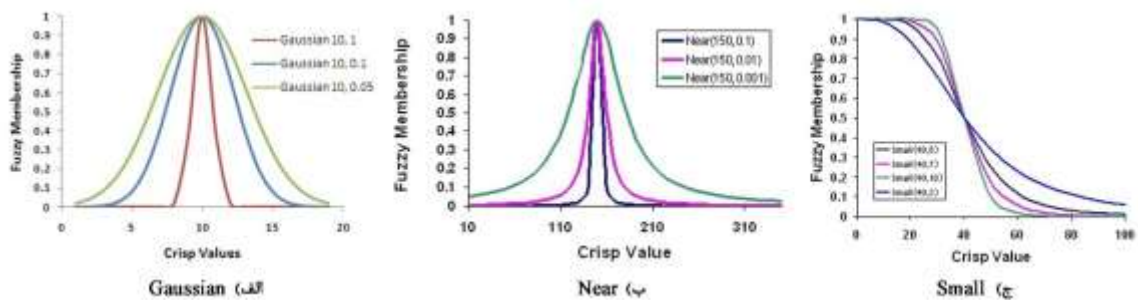
همان‌طور که قبلاً ذکر شد، این مدل باید توانایی تعمیم به منطقه‌ای وسیع‌تر را داشته باشد تا بتواند اعتبار خود را حفظ کند. در همین راستا نگارندگان تعداد ۱۵ محوطه را در ابتدای کار جدا کرده و در محاسبات مدل مورد نظر دخالت ندادند. اکنون وقت آن است تا این مدل ارزیابی شود و میزان صحت آن مشخص شود. ۱۵ محوطه مورد نظر در این مدل مکان‌یابی می‌شوند (شکل ۱۱- ب) و سپس مقادیر فازی مربوط به هر کدام در جدول ۲ ارائه می‌شود تا مشخص شود که این محوطه‌ها در کدام کلاس از شکل ۸ قرار خواهند گرفت. بسیار مشخص است که اگر مدل ارائه شده بر پایه محاسبات دقیق باشد، بایستی مقدار فازی مناسب را به درصد بزرگی از این محوطه‌ها اختصاص دهد. با توجه به جدول ۲، از ۱۵ محوطه رزرو، تعداد ۱۰ محوطه یعنی ۶۶,۶۷ درصد، در کلاس ۰,۷۵-۱ قرار می‌گیرند و ۳۳,۳ درصد از محوطه‌های رزرو در کلاس ۰,۷۵-۰,۵ قرار دارند. هیچ کدام از این پانزده محوطه در بازه‌های با پیش‌بینی کمتر از ۵۰ درصد قرار نگرفته‌اند و این بسیار مطلوب و دلخواه است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، مدل پیش‌بینی در صورت اختصاص دادن درصد بزرگی از محوطه‌ها به بازه ۰,۷۵-۱ نشان خواهد داد که بسیار کارآمد و بر پایه‌های محاسبات دقیقی استوار است، این مهم با توجه به جدول ۲ حاصل شده است.



شکل ۸. توزیع محوطه‌ها در کلاس‌های مختلف فازی (نگارندگان).
 Figure 8. Distribution of Sites in different Fuzzy classes.



شکل ۹. موقعیت محوطه‌های مورد مطالعه در پنج لایه جغرافیایی و زیست‌محیطی مورد نظر (نگارندگان).
 Figure 9. Location of Sites in the five Geographical and Environmental layers.



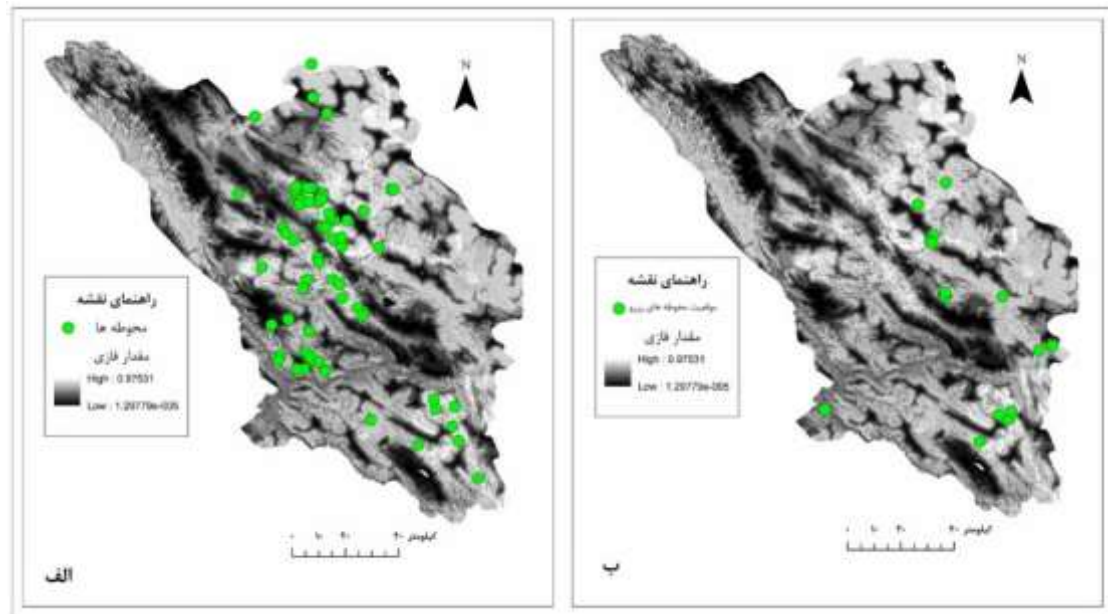
شکل ۱۰. توابع فازی استفاده شده در این پژوهش و نمودار عملکرد آنها بر گرفته از *help- ArcMap* (نگارندگان).

Figure 10. Fuzzy functions used in this research and their diagrams (*help- ArcMap*).

جدول ۲. محوطه‌های رزرو و مقدار فازی آنها (نگارندگان).

Table 2. Reserved Sites and their fuzzy value.

ردیف	شماره بررسی (زاگارل)	مقدار فازی در مدل پیش‌بینی	کلاس مورد نظر	ردیف	شماره بررسی (زاگارل)	مقدار فازی در مدل پیش‌بینی	کلاس مورد نظر
۱	R3	۰,۹۸	۱-۰,۷۵	۹	G1	۰,۷۹	۱-۰,۷۵
۲	S14	۰,۹۷	۱-۰,۷۵	۱۰	G22	۰,۹۷	۱-۰,۷۵
۳	قلعه دولاب	۰,۵۳	۰,۷۵-۰,۵	۱۱	S11	۰,۵	۰,۷۵-۰,۵
۴	S4	۰,۵	۰,۷۵-۰,۵	۱۲	G20	۰,۸	۱-۰,۷۵
۵	K96	۰,۹۷	۱-۰,۷۵	۱۳	G21	۰,۷۹۸	۱-۰,۷۵
۶	K85	۰,۵	۰,۷۵-۰,۵	۱۴	S8	۰,۹۷	۱-۰,۷۵
۷	K87	۰,۸۴	۱-۰,۷۵	۱۵	S2	۰,۹۸	۱-۰,۷۵
۸	G15	۰,۵۳	۰,۷۵-۰,۵				



شکل ۱۱. الف) مدل پیش‌بینی برای محوطه‌های مس‌وسنگ چهارمحال و بختیاری و ب) موقعیت محوطه‌های رزرو در آن (نگارندگان).

Figure 11. a: Prediction model for Chalcolithic Sites and b: Location of reserved Sites.

۵. نتیجه‌گیری

تعداد ۷۵ محوطه دوران مس‌وسنگ چهارمحال و بختیاری نسبت به عوامل زیست‌محیطی مختلف بررسی شد. با توجه اینکه تعداد ۳۷ محوطه در بازه ارتفاعی ۲۵۰۰-۲۰۰۰ قرار گرفته و همچنین ۳۴ محوطه در اراضی واقع شده‌اند که امروزه مرتع هستند، می‌توان متصور شد که دامداری جزئی جدا نشدنی از زندگی مردمان دوران مس‌وسنگ منطقه بوده است. از طرف دیگر باید به این نکته اشاره کرد که ۲۴ محوطه هم، در اراضی قرار گرفته‌اند که امروزه از کشاورزی آبیاری سود می‌برند. اگر به تمام این موارد، حجم نهشته شکل گرفته در محوطه هم اضافه شود، خواهیم دید که بسیاری از محوطه‌های مس‌وسنگ چهارمحال بر پایه زندگی یکجانشینی و کشاورزی آبیاری شکل گرفته‌اند. این محوطه‌های یکجانشینی در دشت‌ها، کنار منابع آبی و در خاک‌هایی واقع شده‌اند که از پتانسیل لازم برای پرورش غلات برخوردار هستند. اینکه صرفاً جوامع مس‌وسنگ چهارمحال و بختیاری، جوامع کوچ‌رو معرفی شوند، به هیچ وجه درست نبوده و با توجه به مطالعات صورت گرفته در این پژوهش مشخص شده است که جوامع کوچ‌رو در تعامل با جوامع یکجانشین بزرگی که در دشت‌ها و نزدیک کوهپایه‌ها مستقر بوده‌اند، به سر می‌برده‌اند. ذکر این نکته خالی از لطف نیست که زندگی کوچ‌روی در ذات وابسته به زندگی کشاورزی است و نقش تولید غلات در این میان پررنگ خواهد بود. لازم به ذکر است که کلیه این تجزیه و تحلیل‌ها بر اساس یافته‌ها سطحی حاصل از بررسی‌های باستان‌شناختی بوده و کاوش‌های احتمالی آینده در استان می‌تواند ابعاد وسیع‌تری از نوع زندگی، کشت غلات و معیشت استقرارهای مس‌وسنگ استان را آشکار سازد.

محوطه‌های شاخص استان که داده‌های سفالی ارزشمندی را ارائه کرده‌اند و برخی از آن‌ها توسط زاگارل به خاطر همین مجموعه سفال‌ها نام یک «فرهنگ» از دوران پیش از تاریخ استان را به خود اختصاص داده‌اند، در مدل پیش‌بینی ارائه شده، بالاترین مقدار فازی را دارا هستند. محوطه‌های قلعه‌رستم، تپه مرکزی چغات‌اسکندی، گرد چله‌گاه و قلعه افغان دارای مقادیر فازی بالای ۰٫۹۵ هستند؛ یعنی مدل ارائه شده، موقعیت جغرافیایی این محوطه‌ها را برای استقرار بسیار مطلوب می‌داند و در واقعیت هم این مناطق دارای استقرارهایی هستند که چندین متر نهشته باستانی را در خود حفظ کرده‌اند. نه تنها محوطه‌های ذکر شده، بلکه محوطه BN 044 (جمالو) و No.2 (کوگانک) که دارای ده‌ها متر نهشته باستانی هستند نیز دارای مقدار فازی بسیار بالایی در مدل ارائه شده هستند. این که محوطه‌های شاخص استان در نقاطی قرار گرفته‌اند که طبق مدل ارائه شده دارای بالاترین پتانسیل برای وجود استقرار هستند، شانسی و اتفاقی نیست بلکه قدرت تبیین‌گری مدل ارائه شده را می‌رساند. از طرفی هم می‌توان بازه ۰٫۷۵-۱ را به بازه‌های کوچک‌تری تقسیم و مطلوب‌ترین نقاط استان برای استقرارهای دوران مس‌وسنگ را در ابعاد کوچک‌تری (از نظر مساحت) مشخص نمود که این مورد هم یکی دیگر از مزیت‌های استفاده از روش منطق فازی در پیش‌بینی موقعیت محوطه‌های باستانی است.

منابع

- اشرفی، طاهره، ایمانی‌پور، مهناز، خاکسارحقانی، سعادت، روغنی شهرکی، قهرمان، شعبانی‌نژاد، حمیدرضا، صالحی، فرحناز، نورمحمدی، فریدون، ولی‌پور، قدیر، (۱۳۸۹)، *سالنامه آماری استان چهارمحال و بختیاری ۱۳۸۸*، شهرکرد: معاونت برنامه‌ریزی استانداری چهارمحال و بختیاری.
- بای‌وردی، محمد، (۱۳۹۳)، *فیزیک خاک*، تهران: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- جولایی، واحد، محمدی، عباسعلی، (۱۳۹۶)، *گزارش فصل دوم (بخش مرکزی) بررسی باستان‌شناختی شهرستان بن*، شهرکرد، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری.
- حیدری، معصومه، شهریاری، علی، مقیمیان، علیرضا، زارعان، شراره، رئیسی، ابراهیم، (۱۳۹۳)، *گزارش اقتصادی، اجتماعی استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۲*، شهرکرد، معاونت برنامه‌ریزی و اشتغال استانداری چهارمحال و بختیاری.
- خسروزاده، علیرضا، (۱۳۸۶)، *گزارش فصل اول بررسی باستان‌شناختی شهرستان فارس*، شهرکرد، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری.
- خسروزاده، علیرضا، (۱۳۸۸)، *گزارش فصل اول بررسی باستان‌شناختی بخش میانکوه شهرستان اردل*، شهرکرد، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری.
- خسروزاده، علیرضا، (۱۳۸۹)، *گزارش فصل دوم بررسی باستان‌شناختی بخش میانکوه شهرستان اردل*، شهرکرد، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری.
- خسروزاده، علیرضا، (۱۳۹۰)، *گزارش فصل سوم بررسی باستان‌شناختی بخش میانکوه شهرستان اردل*، شهرکرد، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری.
- رفاهی، حسینقلی، (۱۳۸۸)، *فرسایش آبی و کنترل آن*، تهران: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- زاگارل، الن، (۱۳۸۷)، *باستان‌شناسی پیش از تاریخ منطقه بختیاری: ظهور شیوه زندگی در ارتفاعات*، ترجمه کوروش روستایی، شهرکرد، سازمان میراث فرهنگی صنایع دستی و گردشگری استان چهارمحال و بختیاری.
- شجاعی، علیرضا، عباسی، علیرضا، ادیمی، مهران، آبیاری، زهرا، (۱۳۹۳-۹۴)، *گزارش اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان چهارمحال و بختیاری در سال‌های ۹۴-۱۳۹۳*، شهرکرد، سازمان برنامه و بودجه استان چهارمحال و بختیاری.

شیوندی، داود، نظریان، علیرضا، داودی، قدرت الله، ریاحی، مهدی، (۱۳۸۵)، *سیمای محیط‌زیست در استان چهارمحال و بختیاری*، شهرکرد، شرکت چاپ و نشر افست شهرکرد، تحت نظارت واحد آموزش و برنامه‌ریزی اداره کل.

طاهری، محمود، ایروانی قدیم، فرشید، کبیریان، محمدعلی، (۱۳۹۶)، «استفاده از ریاضیات فازی در باستان‌شناسی»، *ششمین کنگره مشترک سیستم‌های فازی و هوشمند/ایران*، دانشگاه باهنر کرمان، اسفند ۱۳۹۶.

عرب، احمد، محمدی، عباسعلی، (۱۳۹۵)، *گزارش فصل اول (بخش شیدا) بررسی باستان‌شناختی شهرستان بن*، شهرکرد، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری.

علیرضازاده نودهی، مهدی، (۱۳۹۷)، «مطالعه الگوی استقراری و برهم‌کنش جوامع مس‌وسنگ چهارمحال و بختیاری با مناطق هم‌جوار»، *کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر محمود حیدریان*، دانشگاه شهرکرد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

گیوی، جواد، (۱۳۷۶)، «ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی و باغی»، *وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی*، نشریه موسسه تحقیقات خاک و آب، شماره ۱۰۱۵.

مقصودی، مهران، زمان‌زاده، محمد، اهدائی، افسانه، یوسفی زشک، روح‌الله و یمانی، مجتبی، (۱۳۹۳)، «تحلیل نقش عوامل محیطی در مکان‌گزینی سکونتگاه‌های پیش از تاریخ دشت ورامین با استفاده از منطق فازی»، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، دوره نوزدهم، شماره ۳، پاییز ۹۴.

Alirezazadeh, N. M. 2018. *A Study of the Settlement Pattern and Cultural Interaction of Chalcolithic Societies in Chaharmahal Va Bakhtiari with Neighboring Regions*, M.Sc., Supervisor: Mahmoud Heydarian, Shahrekord University, Faculty of Literature and Humanities [In Persian].

Arab, A. Mohammadi, A. A. 2016. *Final Report of First Season of Archaeological Survey in Ben (Shayda Part)*, Shahrekord, Publication in the Iranian Center for Archaeological Research, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization of Iran [In Persian].

Ashrafi, T. Imani Pour, M. Khaksar Haghani, S. Roghani Shahraki, Gh. Shaabani Nezhad, H. Salehi, F. Nour Mohammadi, F. Vali Pour, Gh. 2009. *Statistical yearbook of Chaharmahal and Bakhtiari province*, Shahrekord: Chaharmahal and Bakhtiari Governor's Planning Deputy [In Persian].

Bybordi, M. 2014. *Soil Physics*, Tehran: University of Tehran Publishing Institute [In Persian].

Carr, C. 1985. *Introductory remarks on regional analysis*, in C.Carr (ed.) *For Concordance in Archaeological Analysis: Bridging Data Structure, Quantitative Technique, and Theory*. Kansas City: Westport Publishers, pp. 114–127.

Dollfus, G. 1978. *Djaffarabad, Djowi, Bendebal : contribution à l'étude de la Susiane au Ve millénaire et au début du IVe millénaire*. *Paléorient* 4: 141-167.

Esmaeili Jelodar, M. and Zolghadr, S. 2014. *Central Zagros, Highland Fars and Lowland Susiana: a sphere of interaction in the 5th millennium BCE*. *Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan (AMIT)*. Vol: 46.

Flannery, K. V. 1965. *The Ecology of Early Food Production in Mesopotamia*. *Science* 147: 1247-1256.

Givi, J. 1997. *Qualitative Assessment of Land Suitability for Crops and Orchards*, Ministry of Agriculture, Agricultural Research, Education and Extension Organization, *Journal of Soil and Water Research Institute*, No. 1015 [In Persian].

Heydari, M. Shahryar Pour, A. Moghimian, A. Zarean, Sh. Raeisi, E. 2014. *Economic and social report of Chaharmahal and Bakhtiari province in 2016*, Shahrekord, Deputy of Planning and Employment of Chaharmahal and Bakhtiari province [In Persian].

Jolaei, V. Mohammadi, A, A. 2017. *Final Report of Second Season of Archaeological Survey in Ben (Central Part)*, Shahrekord, Publication in the Iranian Center for Archaeological Research, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization of Iran [In Persian].

- Judge, W. J. and L. Sebastian, eds. 1988. *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling*. Denver: U.S. Bureau of Land Management. Department of Interior.
- Khosrowzadeh, A. 2007. *Final Report of First Season of Archaeological Survey in Farsan County, Shahrekord, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization* [In Persian].
- Khosrowzadeh, A. 2009. *Final Report of First Season of Archaeological Survey in Miankuh Part of Ardal County, Shahrekord, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization* [In Persian].
- Khosrowzadeh, A. 2010. *Final Report of Second Season of Archaeological Survey in Miankuh Part of Ardal County, Shahrekord, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization* [In Persian].
- Khosrowzadeh, A. 2011. *Final Report of Third Season of Archaeological Survey in Miankuh Part of Ardal County, Shahrekord, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization* [In Persian].
- Kohler, T. A. 1988. Predictive locational modeling: history and current practice, In W.J. Judge and L. Sebastian (eds) *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling*, US Department of the Interior, Bureau of Land Management Service Center, Denver, CO, pp. 19–59.
- Kohler, T. A. and Parker, S. C. 1986. Predictive models for archaeological resource location, In M.B. Schiffer (ed.) *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 9, New York: Academic Press, pp. 397–452.
- Kvamme, K.L. 1990. The fundamental principles and practice of predictive archaeological modeling. In A. Voorrips (ed.) *Mathematics and Information Science in Archaeology: A Flexible Framework, Studies in Modern Archaeology*, Bonn: Holos-Verlag, Vol. 3, pp. 257–295.
- Kvamme, K.L. 1983. Computer Processing Techniques for Regional Modeling of Archaeological Site Locations. *Advances in Computer Archaeology* 1:26-52.
- Kvamme, K.L. 1989. Geographic information systems in regional archaeological research and data management. In M.B. Schiffer (ed.) *Archaeological Method and Theory*, Tucson: University of Arizona Press, Vol. 1, pp. 139–203.
- Kvamme, K.L. and Kohler T.A. 1988. Geographic information systems: technical aids for data collection, analysis, and display. In W.J. Judge and L. Sebastian (eds) *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling*, Denver, CO: US Department of the Interior, Bureau of Land Management Service Center, pp. 493–547.
- Maghsoudi, M. Zamanzadeh, M. Ehdaei, A. Yousefi Zoshk, R. 2015. Yamani Mojtaba. Analysis of the Role of Environmental Factors in Site Selecting of Prehistoric Settlements in Varamin Plain with Usage Fuzzy Logic. *MJSP*. 2015; 19 (3): 263-261 URL: <http://hsmmp.modares.ac.ir/article-21-11056-fa.html> [In Persian].
- Mink, Ph, B. John Ripy, Keiron Baily and Ted Grossardt. 2009. Predictive Archaeological Modeling using GIS-based Fuzzy Set Estimation. Paper presented at the Transportation Research Board Annual Meeting, Washington: D.C. January 11-15.
- Nicolucci, F. and S. Hermon. 2010. A Fuzzy Logic Approach to Reliability in Archaeological Virtual Reconstruction, in: Nicolucci, F. and S. Hermon (eds.), *Beyond the Artifact. Digital Interpretation of the Past. Proceedings of CAA2004, Prato 13–17 April 2004*. *Archaeolingua*, Budapest, pp. 28-35.
- Refahi, H. 2009. *Water Erosion and its Control*, Tehran: University of Tehran Publishing Institute [In Persian].

- Shirazi, R. Norouzi A, A. Heidary, M. and Ahmadi, Kh. 2015. *New evidence of Chalcolithic nomadic campsite in the Highland Zagros, Iran: Saki Abad, Antiquity Project Gallery, Issue 344, April 2015.*
- Shivandi, D. Nazarian, A. Davoodi, G. Riahi, M. 2006. *Environmental Aspect in Chaharmahal and Bakhtiari province, Shahrekord, Shahrekord Offset Publishing Company, under the supervision of the training and planning unit of the General Administration [In Persian].*
- Shojaei, A. Abbasi, A. Adhami, M. Abyar, Z. 2015. *Economic, social and cultural report of Chaharmahal and Bakhtiari province in the years 2014-2015, Shahrekord, Chaharmahal and Bakhtiari province program and budget organization [In Persian].*
- Taheri, M. Iravani Ghadim, F. Kabirian, M. 2018. *Using of Fuzzy Mathematics in Archeology, Sixth Joint Congress of Fuzzy and Intelligent Systems of Iran, Bahonar University of Kerman, March 2017 [In Persian].*
- Warren, R.E. 1990. *Predictive modeling in archaeology: a primer. In K.M.S.Allen, S.W. Green, and E.B.W.Zubrow (eds) Interpreting Space: GIS and Archaeology, London: Taylor & Francis, pp. 90-111.*
- Wescott, K. and Brandon R. j. 2005. *Practical Applications of GIS for Archaeologists, A Predictive Modeling Toolkit. Taylor & Francis e-Library: London 2005.*
- Wright, P. N. 2016. *Predicting the Presence of Historic and Prehistoric Campsites Virginia's Chesapeake Bay Counties. A Thesis Presented to the Faculty of the USC Graduate School University of Southern California In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science.*
- Zadeh, L. A. 1965. *Fuzzy Sets. Information and Control, No 8, pp: 338-353.*
- Zagarell, A. 1982. *The Prehistory of the Northeast Bakhtiyari Mountains, Iran: The Rise of a Highland Way of Life. Beihefte zum Tubinger Atlas des Vorderen Orients, 42, Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden.*
- Zagarell, A. 2008. *The Prehistory of the Northeast Bakhtiyari Mountains, Iran: The Rise of a Highland Way of Life, Translated by Kurosh Rostaei, Shahrekord, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization [In Persian].*