



Analysis of The Role of Topographic Factors in The Spatial Location of Traditional Water Structures (Case Study: Khusf County)

Hamid Azizi¹ | Hossein Sedighian², | Ahmad Hatami³

1. Assistant professor in Archaeology, Jiroft University, Jiroft, Iran..

2. Assistant professor in Archaeology, Lorestan University, Khoram-Abad, Iran.

3. PhD student in Geography and Urban Planning, University of Tehran, Tehran, Iran

Corresponding Author: Sedighian.h@lu.ac.ir

Received:
16 August 2025

Accepted:
14 September 2025

Published:
22 September 2025

Keywords:

*Surface water supply systems;
Bandsar;
Ab-anbar (cistern);
South Khorasan;
Khusf.*

Extended abstract

Introduction

Water scarcity and drought have become among humanity's major concerns in recent years. In many low rainfall areas of Iran, people have long sought ways to manage water resources for their survival through various solutions throughout history. South Khorasan Province, and especially Khusf County, is one of Iran's regions where residents have long sought methods for the optimal use and management of their limited water resources due to its location in arid and desert areas. Over the past centuries, inhabitants of this region have attempted to identify surface water flow paths and design guiding channels to convey water to storage structures, such as dams and reservoirs—facilities that play a crucial role in sustaining and supporting settlement under dry climatic conditions. Considering the use of surface water flows produced by rainfall in this region, it appears that topography can be regarded as a contributing factor in the siting of these structures alongside other factors. In this context, controlling and managing surface water in the region is an important issue that can be understood not only by studying the engineering and technologies of past societies, but also by helping to address today's water shortage crisis and, ultimately, promote sustainable development. Therefore, this study seeks to identify and analyze methods of controlling and managing rainfall-generated surface water in the Khusf region using GIS analysis and relying on topographic factors.

Cite this article: Azizi, H., Sedighian, H. & Hatami, A. (2025). Analysis of the role of topographic factors in the spatial location of traditional water structures (Case study: Khusf County). *Journal of Aquifer and Qanat*, 6 (1), 131-148. DOI: <http://10.22077/jaaq.2025.9940.1121>.



Copyright: © 2025 by the authors. Licensee Journal of Aquifer and Qanat. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The placement of ab-anbars on steeper slopes ensured that water reached them at a higher speed with less sediment deposition, while bandsars were constructed on gentler slopes where the slower flow facilitated water accumulation and reduced sedimentation. Moreover, the concentration of most of these structures along western and southwestern surface flow routes enhanced their accessibility to running water.

Materials and Methods

In the first stage, historical data were collected from previous reports and existing maps to determine the possible distribution areas of reservoirs and dams. Next, satellite images and the capabilities of Google Earth Pro were used. This stage enabled more accurate identification of potential locations and delineation of the target areas. In the third step, a field visit was conducted to verify the accuracy of the collected data. During this stage, the precise locations of the reservoirs and dams were recorded using a Garmin eTrex 10 handheld GPS device. In the final step, the collected data were entered into ArcGIS Pro. Using this software, topographic and analytical maps of the distribution of reservoirs and dams were produced, and different information layers (geographical location, topography, slope, slope aspect, etc.) were overlaid.

Results and Discussion

Based on field and surface surveys of the region, 59 water reservoirs were identified and recorded in 2014. Water reservoirs are key water-storage structures that have played a fundamental role in providing drinking and sanitation water resources in the region for a long ago. These structures are usually fed by two main sources: qanats and natural rainfall (Jahan-Tigh and Jahan-Tigh, 2018). Khusf County is one of the areas that, given its climate, has relied on these structures to meet its residents' water needs. The water in these reservoirs in Khusf is mainly supplied by winter and spring rainfall. Rainwater reaches these reservoirs through channels built by local people on the slopes of surrounding mountains and along runoff paths created by rainfall. These structures are used to provide drinking water for people and livestock. According to archaeological surveys carried out in the Khusf region in 2014, 98 dams were identified and recorded. A dam, also called an earthen dam, is a structure designed to capture runoff from rainfall. This type of structure is mainly built in desert areas such as the provinces of Razavi and South Khorasan. A dam consists of several short embankments constructed in succession on the ground to contain runoff from rainfall. These structures are usually built at the foot of a mountain (areas where rainwater flows after a storm) and on relatively flat land. After the rainwater is directed onto the plain, it is collected inside the dam and allowed to gradually infiltrate the ground, preparing the soil for cultivation. After that, crops such as wheat, barley, watermelon, and melon are grown on these lands (Sharifinia and Mozaffari, 2014; Arab Khodari et al., 2019). In addition to creating a suitable agricultural bed, this structure also provides fertile, high-quality soil by trapping sediments from floods.

Among the topographic factors evaluated in this study, elevation appears to be a determining factor, especially regarding surface water management. Although these structures, including dams and reservoirs, are located at high altitudes, dams are situated at higher elevations than reservoirs and are usually positioned downstream of alluvial fans (Figure 6). Placing dams on alluvial fans allows for the collection of floodwaters and the accumulation of fine sediments, creating fertile soil (Kamali & Arab, 2017). The fact that dams are at higher elevations than reservoirs gives them earlier access to flowing water in high-water channels. Given the region's topography and arid climate, reservoirs located at higher elevations offer greater opportunities to utilize running water, particularly during low-rainfall seasons, because less water must be expended to achieve greater reach. At the same time, considering the agricultural use of the reservoirs, it seems reasonable to locate them at higher elevations and at a suitable distance from residential areas, since, based on the field survey, most reservoirs were found close to settlements and at lower elevations (Figures 7–8). Furthermore, the routes of the water supply

channels to the reservoirs also differ from those to the dams. In surface water supply systems, slope is an important factor because the degree of slope affects water velocity and accumulation. Steep slopes produce fast flows, while flooding usually occurs on gentle slopes (Nguyen et al., 2020; Wang & Liu, 2024; Gómez & Kavzoglu, 2005). Accordingly, most reservoirs are situated on sloping terrain, whereas dams are sited on flatter land. In fact, dams are located in areas with a lower slope than the average slope of the study area (Figure 9). The placement of dams on flat, low-slope land allows them to store water more effectively, particularly given their primary purpose of collecting water for agriculture. By contrast, locating reservoirs on steeper slopes would enable them to fill more quickly due to faster flows, since they do not require extensive water storage.

Conclusion

Based on the results obtained, it appears that the residents of Khusf, informed about the potential and topography of the area, took measures to create and site water structures such as dams and reservoirs. Accordingly, most water structures are located on highlands and along rainwater catchment channels. In addition, the inhabitants placed them differently and with separate water supply channels, reflecting the distinct uses of reservoirs and dams. Dams were constructed away from residential centers, at higher elevations and near alluvial cones, while reservoirs were built at lower elevations and closer to settlements. The placement of reservoirs on steeper slopes than dams indicates that the residents considered the different functions of these two structures. On steeper slopes, water reached the reservoirs at a higher speed and with less sedimentation. Conversely, dams were built on gentler slopes where lower water velocity allowed water to accumulate and some sedimentation to occur. Given the general slope of the region, most structures were oriented toward the west and southwest, following the slope and direction of flow. Overall, it can be stated that the residents of the Khusf region were able to manage and engineer surface water to meet their needs by creating channels and structures. Accordingly, the waterworks in the Khusf region were designed and engineered to meet residents' water needs with minimal energy loss and relying solely on atmospheric precipitation. Considering the current global water shortage crisis and concerns about the environment and sustainable development, this water-supply system could perhaps be applied—after a detailed statistical and multidisciplinary study—at least within the agricultural sector in some parts of Iran.



تحلیل نقش عوامل توپوگرافی در استقرار مکانی سازه‌های آبی سنتی

(مورد مطالعه: شهرستان خوسف)

حمید عزیزی^۱ | حسین صدیقیان^۲ | احمد حاتمی^۳

۱. استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

۲. استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۳. دانشجوی دکتری تخصصی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تهران، تهران، ایران.

✉ نویسنده مسئول: Sedighian.h@lu.ac.ir

چکیده

با توجه به قرارگیری مناطق مرکزی ایران در اقلیم گرم و خشک، تأمین آب مورد نیاز برای شرب و کشاورزی همواره یکی از دغدغه‌های اصلی ساکنین این نواحی بوده است. بر این اساس مردمان در مرکز ایران همواره در تلاش بودند تا با انجام اقداماتی آب مورد نیازشان را تأمین کنند. این اقدامات در طول تاریخ، نه تنها در راستای مدیریت آب‌های زیرزمینی، بلکه در بعضی از نواحی مرکزی، در جهت استفاده بهینه از آب‌های سطحی نیز به انجام رسیده است. شهرستان خوسف در استان خراسان جنوبی، یکی از مناطقی است که ساکنین آن در جهت کنترل و مدیریت آب‌های سطحی ناشی از باران، با ایجاد سازه‌هایی هم‌چون بندسار و آب‌انبار در مسیر جریان‌ات سطحی، تلاش کردند تا آب مورد نیاز برای کشاورزی و شرب را از این طریق تأمین نمایند. بر این اساس در این پژوهش تلاش شد تا با شناسایی این سازه‌ها از طریق بررسی میدانی منطقه و تحلیل لایه‌های توپوگرافی در محیط GIS، درک بهتری از چگونگی جایابی این سازه‌ها و در نتیجه کنترل و مدیریت آب‌های سطحی حاصل گردد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که این سازه‌ها بر اساس توپوگرافی و عوارض طبیعی منطقه به‌گونه‌ای جایابی شده بودند که امکان استفاده بهینه از آب‌های سطحی را در یک سطح مطلوب فراهم نماید. بر این اساس بندسارها به‌دور از مراکز سکونت و در ارتفاعات بالاتر و نزدیک به مخروط افکنه‌ها؛ و آب‌انبارها در ارتفاعات پایین‌تر و نزدیک به مراکز سکونت ایجاد شده‌اند. قرارگیری آب‌انبارها در شیب‌های تندتر باعث می‌شد جریان آب با سرعت بیشتر و رسوب‌گذاری کمتری به آب‌انبارها برسد. حال آنکه بندسارها در شیب‌هایی ایجاد شده‌اند که به دلیل سرعت کم آب، امکان تجمع آب در آنها و هم‌چنین میزانی اندک رسوب‌گذاری وجود داشت. علاوه بر این، استقرار اکثریت این سازه‌ها در مسیر جریان‌ات سطحی غربی و جنوب‌غرب، امکان دسترسی بهتری را به آب‌های روان برای آنها فراهم می‌کرد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

کلیدواژه‌ها:

سیستم‌های آب‌رسانی

سطحی،

بندسار،

آب‌انبار،

خراسان جنوبی،

خوسف.

مقدمه

کمبود آب و خشک‌سالی را می‌توان به‌عنوان یکی از دغدغه‌های مهم بشر در طی سال‌های اخیر به‌حساب آورد. بحران آب نه‌تنها حیات بشر را تهدید می‌کند؛ بلکه فرونشست آب‌های زیرزمینی حتی به‌عنوان تهدیدی جدی برای برخی از سایت‌های باستان‌شناسی نیز به‌حساب می‌آیند (Chen, 2019). البته نباید فراموش کرد که خشک‌سالی در بعضی موارد به آشکار شدن سایت‌های باستان‌شناسی کمک کرده است (Olaya, 2019). با این وجود، نکته قابل تأمل در این میان، سازه‌ها و سیستم‌های آب‌رسانی گذشتگان است. یادگیری چگونگی حل مشکلات مدیریت آب در گذشته توسط جوامع، نمونه‌های روشن و مرتبطی را برای چالش‌های آبی که جوامع امروزی با آن مواجه هستند، ارائه می‌دهد. در این میان، باستان‌شناسی محیطی^۱ یکی از گرایش‌های باستان‌شناسی است که در شناخت و درک ارتباط انسان و محیط نقش مهمی را ایفا می‌نماید. در واقع، چگونگی ارتباط متقابل انسان و محیط و به‌ویژه اینکه چگونه انسان توانسته است خود را با محیط اطرافش وفق دهد، یکی از مهم‌ترین مسائل باستان‌شناسی محیطی در سراسر دنیا است. بر این اساس باستان‌شناسان در سراسر دنیا تلاش نمودند تا با شناسایی این سازه‌ها و تحلیل سیستم‌های آب‌رسانی در گذشته، برای چالش‌های کم‌آبی امروز جوامع، راه‌حلهایی را ارائه دهند (Brunner, 1997; Neely & et al., 2022; Ahmed et al., 2020; Reitz & Turney et al, 2014; Shackley, 2012; Harrower, 2010). در بسیاری از مناطق کم‌بارش ایران نیز، مردم در طول تاریخ همواره با انجام راهکارهای متنوعی، درصدد کنترل منابع آب برای ادامه حیات خود بوده‌اند. در طول تاریخ، ساکنین نواحی مرکزی ایران تلاش نمودند تا با توجه به کمبود آب در این

منطقه، نیاز خود به آب را با انجام اقداماتی بر طرف نمایند. بر این اساس، ساکنین برخی از این مناطق، تلاش نمودند تا با انجام اقداماتی، علاوه بر مدیریت آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی ناشی از بارندگی را نیز کنترل و در جهت شرب و کشاورزی استفاده نمایند. استان خراسان جنوبی و به‌ویژه شهرستان خوسف، از جمله مناطقی در ایران است که ساکنین آن از دیرباز به‌دلیل قرار گرفتن در منطقه خشک و کویری، به‌دنبال راهکارهایی برای استفاده بهینه و مدیریت منابع آبی محدود خود بوده‌اند. بر این اساس ساکنین شهرستان خوسف با توجه به شرایط خشک و بیابانی این منطقه و قرار گرفتن آن در حاشیه کویر لوت، تلاش کردند تا با ایجاد سیستم‌های خاص جمع‌آوری و مدیریت آب‌های سطحی ناشی از بارندگی، قسمتی از نیازهای آبی خود را برطرف نمایند (Mirjafari, et al., 2010; Arabkhedri & Hakimkhani, 2003; Arabkhedri & Kamali, 2017). با توجه به کمبود آب در این شهرستان، استفاده از روان‌آب‌های حاصل از بارش‌های فصلی از طریق ساخت سازه‌هایی مانند کانال‌ها، بندسارها و آب‌انبارها به‌عنوان راهکاری مؤثر در مدیریت منابع آبی به کار گرفته شده است. ساکنین این منطقه در طول قرون گذشته تلاش نمودند تا با شناسایی مسیرهای جریان آب سطحی و طراحی کانال‌های هدایت‌کننده، آب را به سازه‌های ذخیره‌ای مانند بندسار و آب‌انبارها منتقل کنند؛ سازه‌هایی که نقش مهمی در حفظ و تداوم سکونت در شرایط اقلیمی خشک دارند. با توجه به استفاده از جریان‌های سطحی آب ناشی از بارندگی در این منطقه، به نظر می‌رسد بتوان عامل توپوگرافی را در کنار سایر عوامل در جایابی این سازه‌ها دخیل دانست. در این راستا چگونگی کنترل و مدیریت آب‌های سطحی در این منطقه، یکی از موضوعات مهمی است که می‌توان با شناخت آن، نه‌تنها درک بهتری از مهندسی و تکنولوژی جوامع گذشته

^۱ Environmental Archaeology

داشت، بلکه چه بسا بتوان از آن، در راستای کمک به بحران کم آبی در جامعه امروز و نهایتاً توسعه پایدار نیز بهره برد. بنابراین در این پژوهش سعی شده تا با استفاده از تحلیل های GIS و با تکیه بر عوامل توپوگرافی، چگونگی کنترل و مدیریت آب های سطحی ناشی از باران در منطقه خوسف را شناسایی و تحلیل کرد.

پیشینه پژوهش

از جنبه باستان شناسی و تا حدود یک دهه پیش، شهرستان خوسف یکی از مناطق کمتر شناخته شده استان خراسان جنوبی محسوب می شد؛ به نحوی که تا قبل از این برهه زمانی صرفاً مطالعات پراکنده ای در مورد یکی از نقوش صخره ای و یکی از قلاع آن صورت پذیرفته بود (Frey, 1966; Hallier, 1973). از سال ۱۳۹۳ به بعد و با انجام بررسی های باستان شناسی این شهرستان، کم کم و به تدریج شاهد انتشار مقالاتی در زمینه جنبه های مختلف باستان شناسی و آثار تاریخی منطقه هستیم. در این پژوهش ها به مواردی هم چون استقرارهای پارینه سنگی خوسف (Nikzad, & et al., 2015)، معادن فلزکاری کهن و سایت های سرباره خوسف (Nikzad, & et al., 2016)، استقرارهای اشکانی منطقه (Sedighian, et al., 2021)، خانه های تاریخی (Sedighian, et al., 2021) و سفال های دوران اسلامی آن (Sedighian, 2023)، پرداخته شده است. اما در محدوده این شهرستان شواهد بسیار زیادی از سازه های آبی کهن و سیستم های مرتبط با استخراج آب و آبیاری، وجود دارد که تاکنون در برخی پژوهش ها بدانها پرداخته شده است. از آن جمله می توان به مطالعاتی که در زمینه بندسارهای خوسف و بیرجند صورت گرفته، اشاره کرد که بیشتر به مواردی هم چون پهنه بندی زمین شناسی این سازه ها در منطقه، پرداخته شده است (Arabkhedri et al., 2002; Peyrowan, et al., 2019; Arabkhedri & Kamali, 2017).

علاوه بر این در مطالعاتی که در استان خراسان جنوبی و به ویژه در بیرجند انجام گرفته است، نقش محصولات کشاورزی در بهره وری و پایداری منابع آب مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس و با توجه به کمبود آب، تغییر در نوع محصولات کشت شده در بیرجند می تواند در پایداری منابع آبی تأثیر گذار باشد (Falsoleyman et al., 2008; Chakoshi, 2011). در پژوهش دیگری که به مطالعه سازه های آبی خوسف پرداخته شده، تلاش شده بود تا با استفاده از رگرسیون چند متغیره خطی، اهمیت و میزان تأثیرگذاری برخی از فاکتورها در جایابی سازه های آبی خوسف هم چون فاصله از آبراه ها، ارتفاع و برخی از عوامل دیگر مورد وزن دهی و اولویت بندی قرار گیرد (Sedighian, et al., 2025). با توجه به این موارد، در پژوهش حاضر تلاش شد تا در ابتدا با بررسی های میدانی، سازه های آبی منطقه خوسف شناسایی و سپس در گام بعدی با استفاده از نرم افزار جی ای اس، نقش عوامل توپوگرافی هم چون، شیب، جهت شیب، جهت جریان و هم چنین ارتفاع، در جایابی آب انبارها و بندسارهای خوسف مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد. بدین سبب در پژوهش حاضر و با دیدگاهی جدید و متفاوت، سازه های سنتی مرتبط با آب در شهرستان خوسف مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش ها

در این پژوهش تلاش شد تا با بهره گیری از تحلیل های GIS و با تکیه بر عوامل توپوگرافی، چگونگی کنترل و مدیریت آب های سطحی ناشی از بارش در شهرستان خوسف شناسایی و تحلیل شود. به منظور دستیابی به این هدف، مراحل تحقیق در چند گام متوالی صورت گرفت: نخست، برای شناسایی اولیه عوارض مورد مطالعه، از روش تحلیل اسنادی و مطالعه نقشه های محلی و منابع مکتوب استفاده شد. در این مرحله داده های تاریخی، گزارش های

وضعیت فعلی و مختصات دقیق هر عارضه را نیز فراهم آورد. در گام پایانی، داده‌های برداشت‌شده وارد نرم‌افزار ArcGIS Pro گردید. با استفاده از این نرم‌افزار، نقشه‌های توپوگرافی و تحلیلی از پراکنش آب‌انبارها و بندسارها ترسیم شد و لایه‌های اطلاعاتی مختلف (موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی، شیب، جهت شیب و غیره) روی یکدیگر انطباق یافتند. این فرآیند امکان تحلیل فضایی دقیق و ترسیم الگوهای استقرار و ارتباطی مرتبط با منابع آبی را فراهم آورد. حاصل بررسی‌ها و مطالعات صورت‌گرفته، شناسایی ۹۸ بندسار و ۵۹ آب‌انبار در منطقه مورد مطالعه بود (شکل ۱).

پیشین و نقشه‌های موجود گردآوری و بررسی گردید تا محدوده‌های احتمالی پراکنش آب‌انبارها و بندسارها مشخص شود. در گام دوم، از تصاویر ماهواره‌ای و قابلیت‌های نرم‌افزار Google Earth Pro بهره گرفته شد. این مرحله امکان شناسایی دقیق‌تر موقعیت‌های محتمل و ترسیم محدوده‌های مورد نظر بر اساس داده‌های دیداری-فضایی را فراهم ساخت. در گام سوم، جهت صحت‌سنجی داده‌های گردآوری‌شده، حضور میدانی در منطقه صورت گرفت. در این مرحله موقعیت دقیق آب‌انبارها و بندسارها با استفاده از دستگاه GPS دستی Garmin eTrex 10 ثبت شد. برداشت میدانی علاوه بر تأیید صحت داده‌های قبلی، امکان گردآوری اطلاعات تکمیلی نظیر شرایط حفاظتی،



شکل ۱. تصاویر ماهواره‌ای از موقعیت یک آب‌انبار در سمت راست و موقعیت یک بندسار در سمت چپ (Google Earth, 2025)
Fig 1. Satellite Images of The Location of a Reservoir on The Right and The Location of a Dam on The Left (Google Earth, 2025)

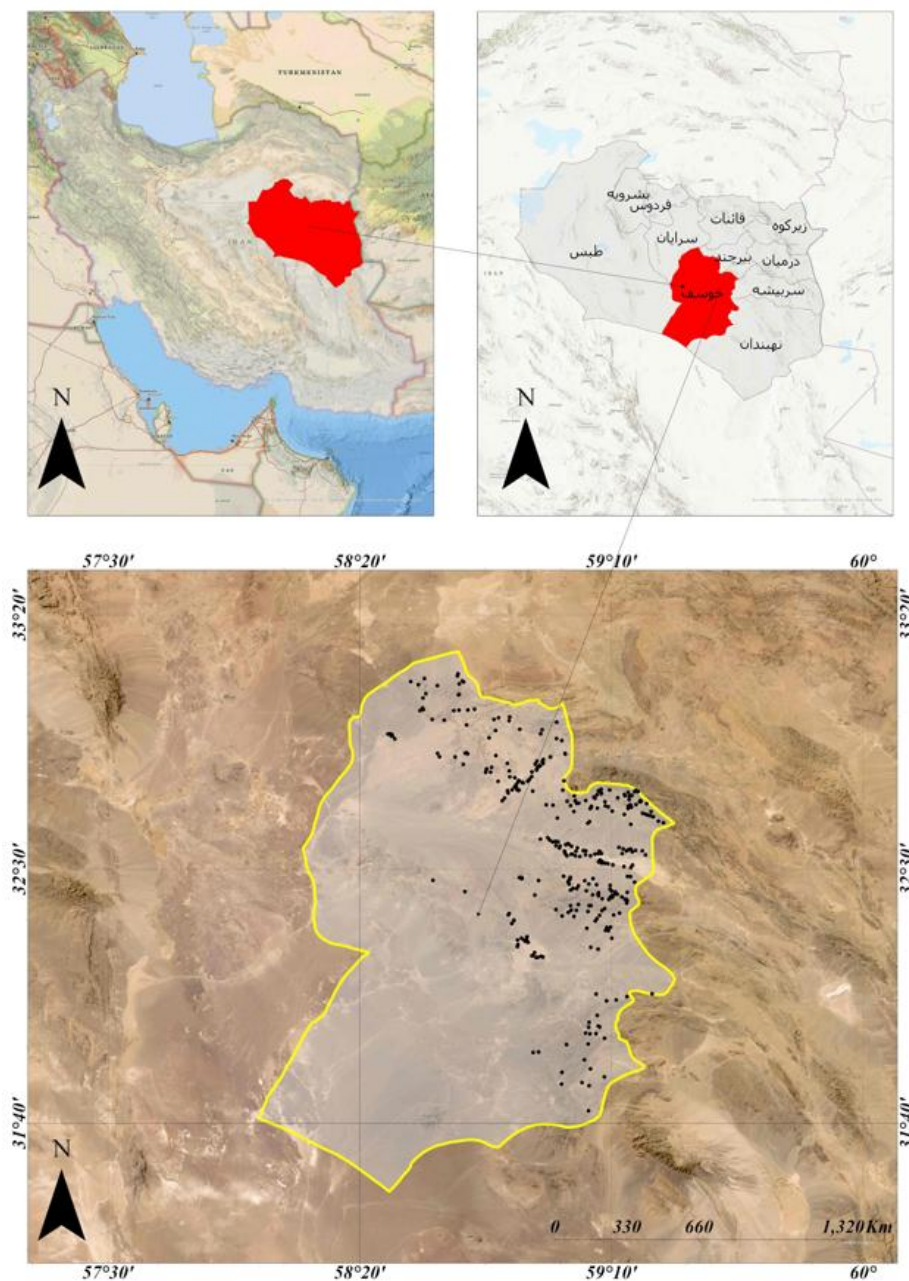
سرایان و از شرق به سربیشه و نهبندان متصل است. خوسف دارای اقلیم مناطق بیابانی با ویژگی‌های خاص آن است. در واقع بیشتر بخش‌های این شهرستان نسبتاً خشک و بایر است و رودخانه دائمی در آن جریان ندارد. این در حالی است که بخش‌های شرقی و تا حدودی شمالی آن از آب و هوای معتدل‌تری برخوردار است؛ زیرا این بخش از منطقه کوهپایه‌ای است. بر این اساس شاهد تمرکز بیشتر استقرارهای انسانی در این بخش از خوسف هستیم (Sedighian & Nikzad, 2022). همین امر باعث شده که بیشتر استقرارهای شناسایی شده منطقه و حتی

موقعیت جغرافیایی شهرستان خوسف

شهرستان خوسف یکی از شهرستان‌های استان خراسان جنوبی است. مرکز این شهرستان شهر خوسف است که در ۳۶ کیلومتری غرب بیرجند مرکز استان خراسان جنوبی و در حاشیه کویر قرار گرفته است (شکل ۲). بر پایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۵۰۷۱۶ نفر (در ۱۰۵۴۴ خانوار) بوده است. شهرستان خوسف از شمال به شهرستان سرایان و بیرجند، از جنوب به نهبندان و استان کرمان، از غرب به طبس و

تمرکز داشته باشند.

روستاهای فعلی آن، بیشتر در این قسمت از شهرستان



شکل ۲. موقعیت شهرستان خوسف در استان خراسان جنوبی و کشور ایران (Authors, 2025)

Fig 2. Location of Khusf County in South Khorasan Province and Iran (Authors, 2025)

می‌روند که نقشی اساسی در تأمین منابع آب شرب و بهداشتی منطقه از گذشته تاکنون دارند. این بناها معمولاً از دو منبع اصلی، قنات‌ها و بارش‌های طبیعی، تغذیه می‌شوند (Jahantigh & Jahantigh, 2013). شهرستان خوسف یکی از مناطقی است که با توجه به نوع اقلیم آن از این سازه برای تأمین نیاز آب ساکنان خود استفاده

آب‌انبارهای خوسف

بر اساس اهداف این مطالعه، سازه‌های آبی در منطقه خوسف به دو دسته آب‌انبارها و بندسارها تقسیم شدند. بر اساس بررسی‌های میدانی و پیمایش سطحی منطقه، تعداد ۵۹ عدد آب‌انبار در سال ۱۳۹۳ شناسایی و ثبت گردید. آب‌انبارها، از جمله سازه‌های کلیدی در ذخیره آب به‌شمار

سکونت و حتی در مسیرهای ارتباطی بین روستاها و شهرها، ساخته شده‌اند. این آب‌انبارها دارای مخزنی گرد و نسبتاً عمیق بوده که محل جمع‌آوری و نگهداری آن است. این آب‌انبارها از طریق مسیری باریک و پلکانی به مخزن راه دارند. آب این آب‌انبارها از طریق یک یا دو مجرای ورودی و از طریق آب باران و توسط کانال تأمین می‌گردد. به این ورودی‌ها در زبان محلی «سوق» گفته می‌شود. در حال حاضر با وجود تخریب بسیاری از این سازه‌ها، اما هم‌چنان برخی از این آنها سالم بوده و توسط اهالی محل و گاهی مسافران مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌دلیل فقدان مستندات، تاریخ دقیق ساخت این سازه‌ها مشخص نیست اما بهره‌برداری مداوم آنها بیانگر قدمت و اهمیت تاریخی آن‌ها در منطقه است (شکل ۳ تا ۵).

کرده است. آب این آب‌انبارها در خوسف عمدتاً از طریق آب باران در فصل زمستان و بهار، تأمین می‌شود. آب باران این آب‌انبارها، از طریق کانال‌هایی که توسط مردمان محلی در دامنه کوه‌های اطراف و در مسیر رواناب ناشی از بارندگی ساخته شده است، تأمین می‌گردد. از این سازه‌ها برای مصارف شرب انسان و دام استفاده می‌گردد. آب‌انبارها در این منطقه به‌لحاظ معماری دارای چند فرم هستند که در ادامه به یکی از رایج‌ترین انواع آن اشاره می‌شود. یکی از انواع رایج، آب‌انبارهای گنبدی با مصالح لاشه‌سنگ است. براساس بررسی‌های میدانی انجام گرفته در منطقه خوسف، بیشترین تعداد آب‌انبارهای موجود در منطقه، نوع گنبدی شکل لاشه‌سنگی هستند. این آب‌انبارها معمولاً در فاصله نزدیک به روستاها و محل‌های



شکل ۳. دو نمونه از آب‌انبارهای گنبدی لاشه‌سنگی خوسف (Authors, 2025)

Fig 3. Two Examples of Domed Cisterns From the Khushf Stone Carcass (Authors, 2025)



شکل ۴. دو نمونه از درگاه‌های ورودی آب‌انبار به‌صورت پاشیردار الحاقی در سمت چپ و بدون پاشیر قدیمی در سمت راست (Authors, 2025)

Fig 4. Two Examples of Reservoir Entrance Gates With an Additional Sprinkler on The Left and Without The Old Sprinkler on The Right (Authors, 2025)



شکل ۵. سوق یا مجرای ورود آب به مخزن به صورت قدیمی در سمت راست یا بازسازی شده در سمت چپ (Authors, 2025)

Fig 5. The water inlet or conduit to the reservoir, old on the right or renovated on the left (Authors, 2025)

بندسارهای خوسف

بر اساس بررسی های باستان شناسی در منطقه خوسف که در سال ۱۳۹۳ صورت پذیرفت، تعداد ۹۸ بندسار شناسایی و ثبت گردید. بندسار که به آن آب بند خاکی نیز گفته می شود، سازه ای است که برای بهره برداری از جریان های رواناب ناشی از بارندگی طراحی شده است. این نوع سازه عمدتاً در مناطق کویری مانند استان های خراسان رضوی و جنوبی ساخته می شود. بندسار شامل چند خاک ریز کوتاه است که به صورت متوالی بر روی زمین ساخته می شود تا رواناب های ناشی از بارندگی را درون خود محصور کنند. این سازه ها معمولاً در پایین دست کوهپایه ها (مناطق که پس از بارندگی آب باران از آنها جاری می شود) و در زمین نسبتاً صاف ساخته می شود. پس از هدایت آب باران با کانال هایی به سطح دشت، این آب ها در داخل بندسار جمع شده و اجازه داده می شود تا آب به تدریج جذب زمین شود و فضای خاک برای کشت آماده گردد. پس از آن، محصولاتی مانند گندم، جو، هندوانه و خربزه در این زمین ها کشت می شوند (Sharifinia & Mozafari, 2015; Arabkhedri, et al, 2002). این سازه علاوه بر ایجاد بستر مناسب کشاورزی، با جمع آوری رسوبات ناشی از سیلاب، خاک حاصلخیز و پرخاصیتی را نیز فراهم می کند. به بیان دیگر، خاکی که از کوهستان ها به همراه سیلاب ها به پایین منتقل می شود، نه تنها بستری مناسب برای رشد گیاهان ایجاد می کند بلکه مواد مغذی مورد نیاز آنها را نیز تأمین

می نماید؛ در حالی که آب ذخیره شده در بندسار رطوبت لازم برای گیاهان را فراهم می آورد (Arabkhedri & Partovi, 1997). البته لازم به ذکر است که در زمان بررسی های میدانی در سال ۱۳۹۳، بندسارها همچنان کم و بیش فعال بودند، اما در حال حاضر با توجه به خشکسالی و کاهش بارندگی ها، بندسارها عمدتاً کشت نمی شوند و در عوض برخی از آنها مانند اراضی سرچاه زینی یا تقاب یا سیوجان، تبدیل به اراضی آبی جهت کاشت نهال عنب و یا ساخت ویلا شده اند. لازم به ذکر است که ساخت، نگهداری و پاک سازی بندسارها، با مشارکت جمعی توسط اهالی روستا و به صورت سالانه انجام می شود؛ این فرآیند که در ماه های مشخصی از سال صورت می پذیرد، به شکل قابل توجهی به تقویت حس همکاری و مسئولیت پذیری بین اعضای جامعه کمک می کند. همچنین، بر اساس بررسی های میدانی، سلسله مراتب اجتماعی در تخصیص آب در گذشته اهمیت ویژه ای داشت؛ به گونه ای که بندسارهای واقع در ارتفاعات بالاتر و نزدیک تر به مسیر آب ابتدا پر می شدند و در صورت وجود آب اضافی، آب به بندسارهای پایین تر جریان می یافت (شکل ۶). از جمله مزایای مهم بندسارها می توان به کاهش هدر رفت آب های فصلی به داخل مناطق کویری، بهبود کیفیت خاک از طریق رسوب گذاری، تغذیه سفره های زیرزمینی و افزایش ظرفیت آبدی قنوات،

اشاره کرد (Arabkhedri & Kamali, 2017).

کاهش فرسایش بادی و افزایش تولید محصولات کشاورزی



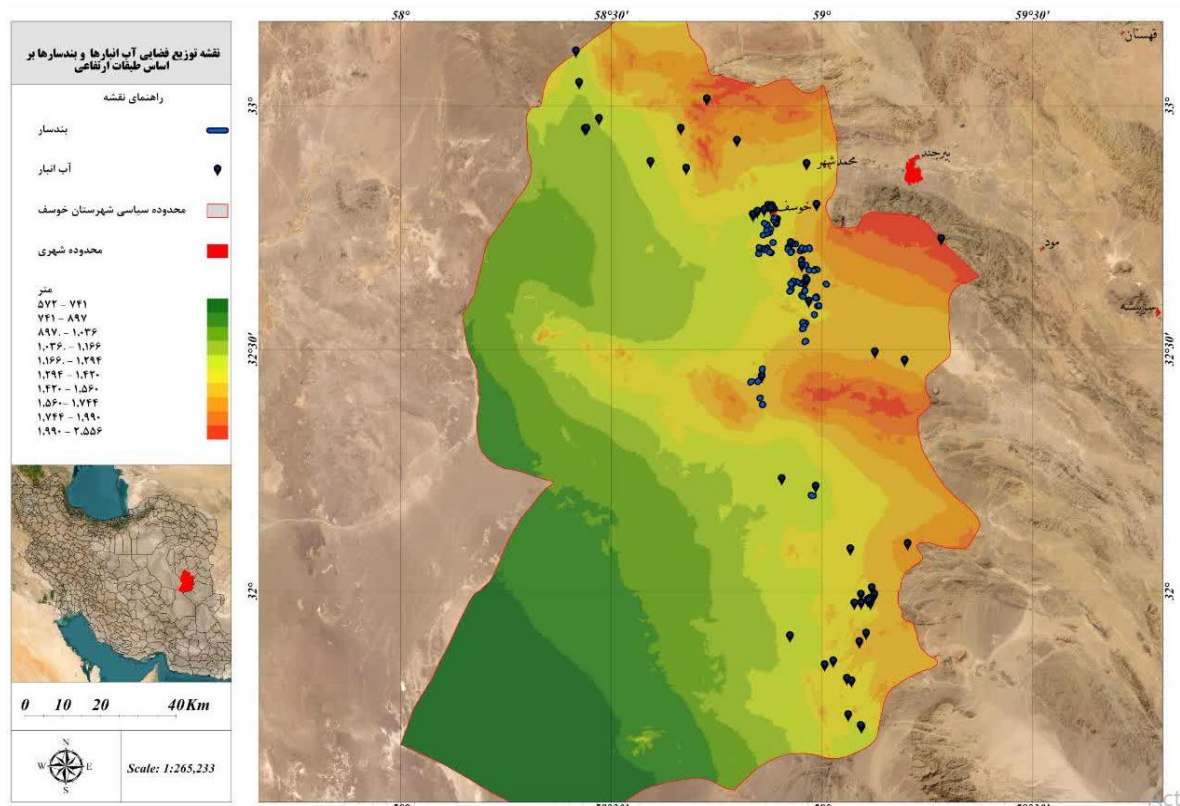
شکل ۶. دو نمونه از بندسارهای فعال در منطقه خوسف (Authors, 2025)

Fig 6. Two Examples of Active Bandsars in the Khusf Region (Authors, 2025)

مورد شناسایی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از خروجی‌های GIS حاکی از آن است که بیشتر این سازه‌ها در ارتفاعات شرقی و شمالی خوسف و در زمین‌هایی با شیب نسبتاً ملایم قرار گرفته‌اند (شکل ۷).

بحث

بر اساس بررسی‌های انجام گرفته با استفاده از عکس‌های هوایی و همچنین پیمایش سطحی در منطقه خوسف، ۱۵۷ سازه آبی شامل ۹۸ عدد بندسار و ۵۹ عدد آب‌انبار

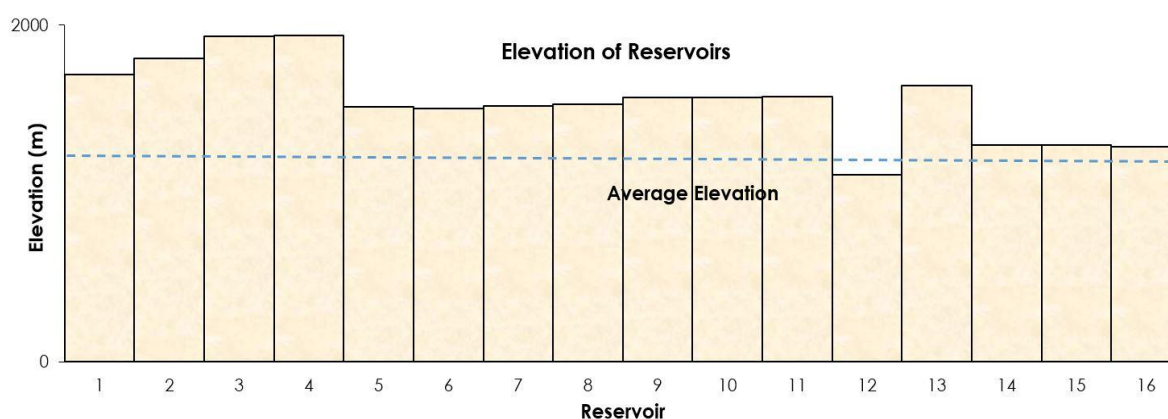


شکل ۷. توزیع مکانی سازه‌های آبی بر اساس طبقات ارتفاعی در محدوده شهرستان خوسف (Authors, 2025)

Fig 7. Spatial Distribution of Water Structures Based on Elevation Classes Within The City of Khusf (Authors, 2025)

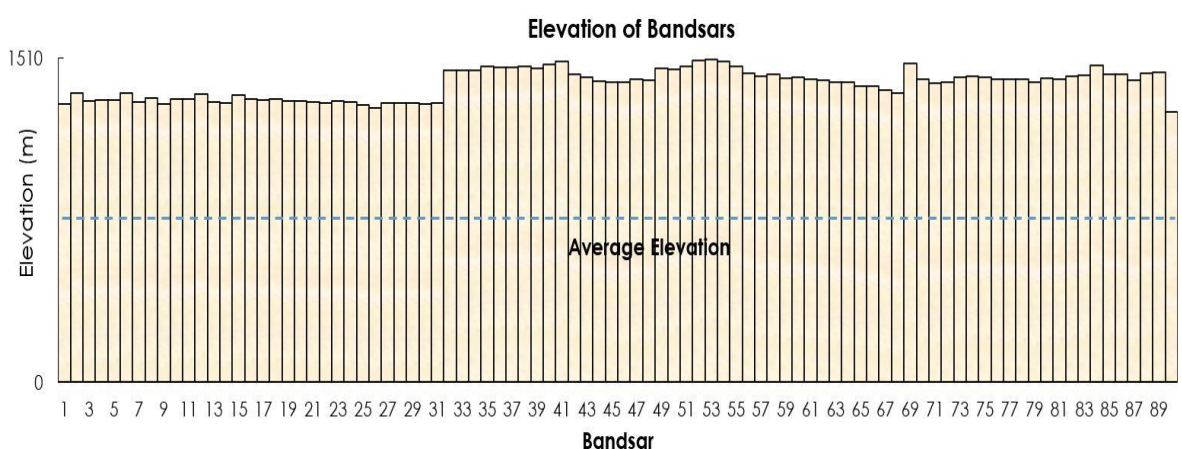
را فراهم می‌کند. با توجه به توپوگرافی و آب و هوای خشک منطقه، ارتفاع بالاتر بندسارها، امکان بیشتری را برای استفاده از آب‌های روان، به‌ویژه در فصول کم‌بارش، میسر می‌سازد؛ چرا که باید از کمترین میزان آب، بیشترین بهره را برد. در عین حال با توجه به کاربری کشاورزی بندسار، قرار گرفتن آنها در ارتفاعات بالاتر و با فاصله معقول از منطقه مسکونی، منطقی به نظر می‌رسد؛ چرا که بر اساس بررسی میدانی انجام گرفته بیشتر آب‌انبارها نزدیک به مناطق مسکونی و در ارتفاعات پایین‌تر قرار داشتند (شکل ۸-۹). ضمن آنکه مسیر کانال‌های آبرسانی به آنها نیز با مسیر کانال‌های بندسارها متفاوت است.

در میان عوامل توپوگرافی که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت، به نظر می‌رسد عامل ارتفاع به‌عنوان فاکتوری تعیین‌کننده به‌ویژه در ارتباط با مدیریت آب‌های سطحی، حائز اهمیت است. هر چند که این سازه‌ها اعم از بندسار و آب‌انبار در ارتفاعات قرار دارند، اما در این میان بندسارها در ارتفاع بالاتری نسبت به آب‌انبارها و معمولاً در قسمت پایین‌دست مخروطه افکنه‌ها قرار گرفته‌اند (شکل ۷). قرار گرفتن بندسارها در مخروط افکنه‌ها، امکان جمع‌آوری سیلاب و انباشت ریزدانه‌ها را میسر کرده و خاکی حاصلخیز را به وجود می‌آورد (Kamali & Arab, 2017). وجود بندسارها در ارتفاع بالاتر نسبت به آب‌انبارها امکان دسترسی زودتر آنها به آب‌های جاری در کانال‌های پرآب



شکل ۸. مقادیر ارتفاعی آب‌انبارهای مورد مطالعه و ارتفاع متوسط آنها (Authors, 2025)

Fig 8. Elevation Values of The Studied Reservoirs and Their Average Elevation (Authors, 2025)



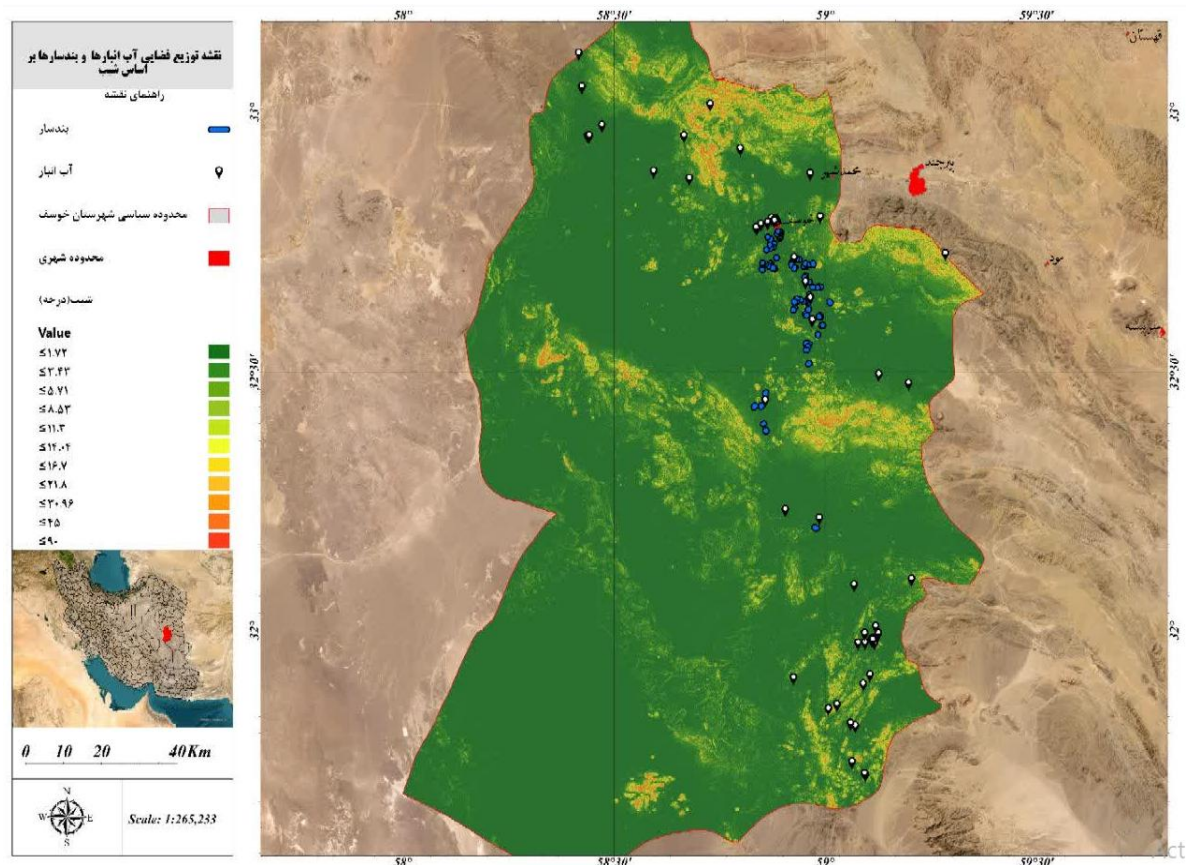
شکل ۹. مقادیر ارتفاعی بندسارهای مورد مطالعه و ارتفاع متوسط آنها (Authors, 2025)

Fig 9. Height Values of the Studied Bridges and Their Average Height (Authors, 2025)

کاربری بندسارها که نیاز اصلی آنها جمع شدن آب در آنها برای کشاورزی بود. این در حالی است که استقرار آب‌انبارها در شیب‌های تندتر، با توجه به عدم نیاز آنها به تجمع آب، پر شدن آنها از طریق جریان‌های سریع‌تر را میسر می‌کرد (شکل ۱۱-۱۲).

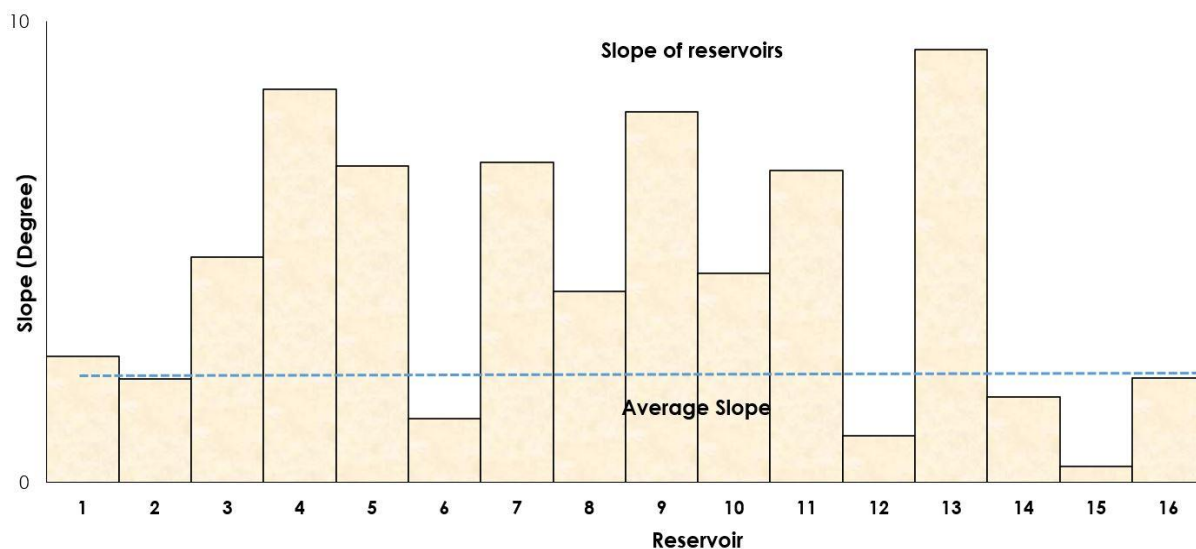
به لحاظ عامل توپوگرافی جهت شیب، اراضی در جهت جنوب غربی دارای بیش‌ترین فراوانی سازه‌های آبی هستند. سپس اراضی غربی و جنوبی دارای بیش‌ترین سازه‌های آبی هستند. در واقع باید یادآور شد که شیب کلی منطقه خوسف به سمت جنوب و غرب است. به همین دلیل به نظر می‌رسد که بیش‌تر سازه‌های آبی در جهات مذکور ساخته شده‌اند (شکل ۱۳).

در سیستم‌های آبرسانی سطحی، شیب به عنوان عاملی اثرگذار است؛ چرا که میزان شیب در سرعت و تجمع آب اثرگذار است. شیب‌های تند جریان‌های سریعی تولید می‌کنند، در حالی که سیلاب‌ها معمولاً در شیب‌های ملایم رخ می‌دهند (Wang & Nguyen et al, 2020; Gomez & Kavzoglu, 2005; Liu, 2024). بر این اساس در حالی که بیش‌تر آب‌انبارها در اراضی شیب‌دار استقرار یافته‌اند، بندسارها در اراضی مسطح‌تری مستقر شده‌اند. در واقع بندسارها، در زمین‌هایی با شیب کمتر نسبت به شیب متوسط محدوده مطالعاتی قرار گرفته‌اند (شکل ۱۰). وجود بندسارها در اراضی مسطح و با شیب کم امکان تجمع آب را به نحو بهتری برای آنها فراهم می‌کرد. به‌ویژه با توجه به



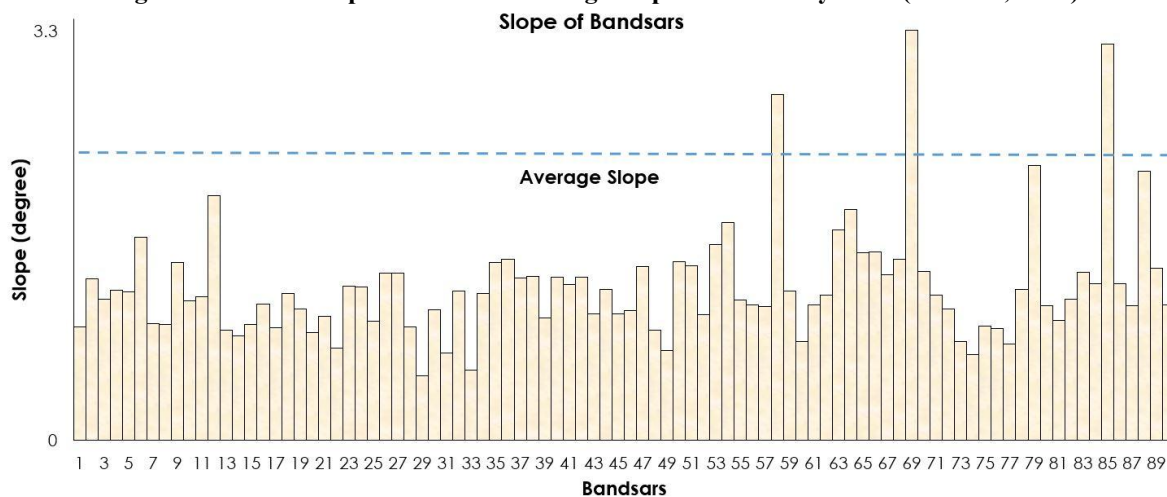
شکل ۱۰. توزیع مکانی سازه‌های آبی بر اساس شیب در محدوده شهرستان خوسف (Authors, 2025)

Fig 10. Spatial Distribution of Water Structures Based on Slope Within The City of Khushf (Authors, 2025)



شکل ۱۱. مقادیر شیب آب‌انبارها و شیب متوسط در محدوده مطالعاتی (Authors, 2025)

Fig 11. Reservoir Slope Values and Average Slope in The Study Area (Authors, 2025)



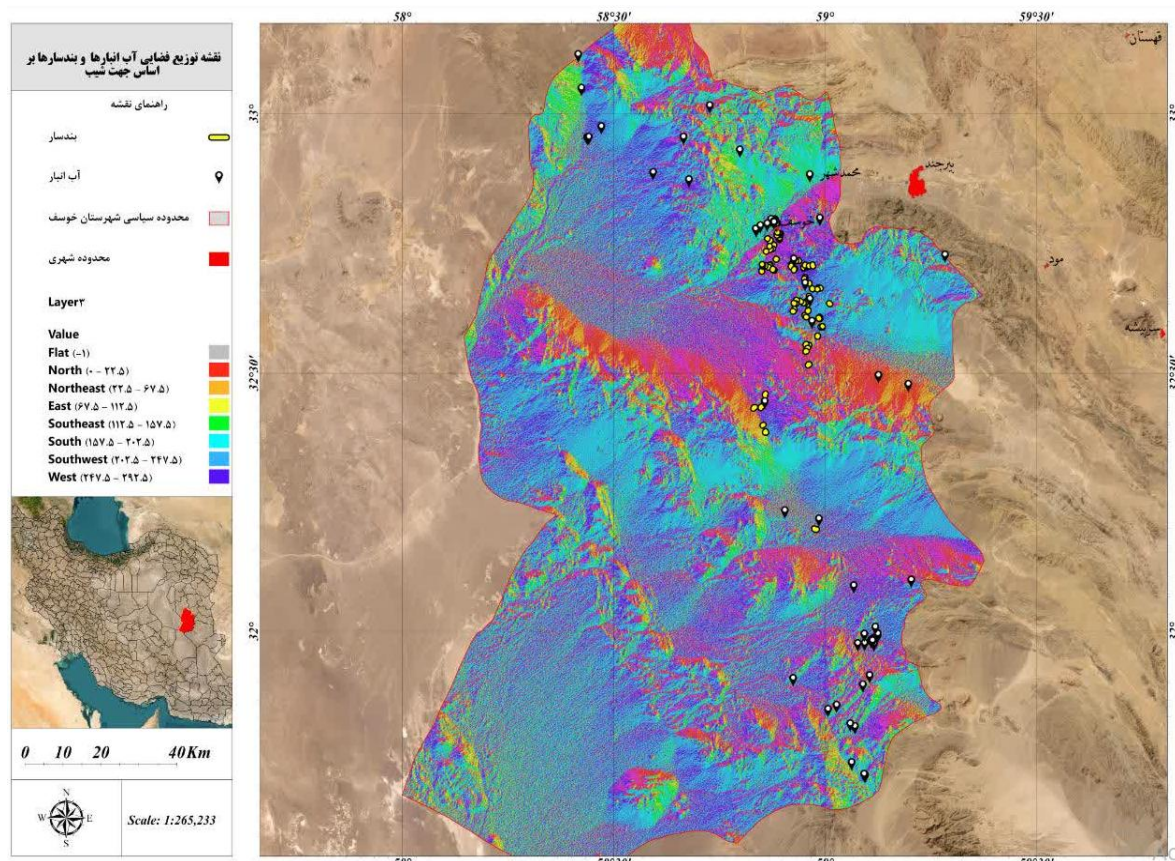
شکل ۱۲. مقادیر ارتفاعی بندسارهای مورد مطالعه و ارتفاع متوسط آنها (Authors, 2025)

Fig 12. Slope Values of The Bends and The Average Slope in The Study Area (Authors, 2025)

شدن آن با کمترین میزان رسوب‌گذاری منطقی به نظر می‌رسد.

هم‌چنین از نظر عامل جهت جریان، عمده سازه‌های آبی خوسف، منطبق بر جهت جریان‌های غربی، جنوب غربی محدوده مطالعاتی هستند. این جهت‌های جریان، به‌طور کلی جریان رواناب‌های جاری پس از هر بارش در محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهند (شکل ۱۳).

با این حال بسته به نوع سازه آبی، این ترتیب جهت شیب اراضی می‌تواند دستخوش تغییر شود. بر این اساس به نظر می‌رسد که بیشتر بندسارها در جهت شیب‌های شمالی، که شیبی ملایم‌تر نسبت به شیب جنوبی بوده، ساخته شده‌اند. این امر بدان دلیل بوده که احتمالاً نیاز آنها به تجمع آب و میزانی رسوب‌گذاری را فراهم می‌کرد. حال آنکه آب‌انبارها بیشتر در جهت جنوب و جنوب‌غرب قرار دارند. این مورد با توجه به کاربری آب‌انبار و نیاز به پر



شکل ۱۳. توزیع مکانی سازه‌های آبی بر اساس جهت شیب در محدوده شهرستان خوسف (Authors, 2025)

Fig 13. Spatial Distribution of Water Structures Based on Slope Direction Within The City of Khusf (Authors, 2025)

نتیجه‌گیری

تطابق انسان با محیط زیست در جهت رفع نیازهای اساسی، یکی از راهکارهای مهم برای حفظ بقای بشر در طول تاریخ بوده است. در این میان بشر همواره سعی نموده تا یکی از مهم‌ترین نیازهای خود، یعنی آب را با توجه به نوع اقلیمی که در آن ساکن بوده تأمین نماید. تأمین آب به‌ویژه در مناطق کم آب و خشک ایران یکی از دغدغه‌های مهم به‌حساب می‌آمده است. بر این اساس ساکنین مناطق مختلف ایران سعی نموده تا با ایجاد سازه‌هایی هم‌راستا با اقلیم منطقه، این نیاز را برطرف نمایند. منطقه خوسف واقع در استان خراسان جنوبی، یکی از مناطق خشک و کم آب به‌حساب می‌آید که ساکنین آن در طول تاریخ سعی نمودند تا با ایجاد سازه‌هایی همچون آب‌انبار و بندسار، آب‌های سطحی ناشی از بارندگی را در جهت تأمین آب شرب و کشاورزی کنترل و مدیریت نمایند. بر این اساس در این پژوهش

سعی شد تا در گام اول این سازه‌های آبی مورد شناسایی قرار گرفته و سپس در گام بعدی با استفاده از نرم‌افزار جی آی اس و تحلیل داده‌ها در آن، نقش عوامل توپوگرافی در جایابی این سازه‌ها در منطقه خوسف مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، به نظر می‌رسد که ساکنین خوسف با آگاهی و با شناخت از پتانسیل و همچنین توپوگرافی این منطقه، اقدام به ایجاد و جایابی سازه‌های آبی هم‌چون بندسار و آب‌انبار کرده‌اند. بر این اساس اکثریت سازه‌های آبی در ارتفاعات و در مسیر کانال‌های آب‌گیر ناشی از باران قرار دارند. علاوه بر این، ساکنین این منطقه با توجه به کاربری متفاوت آب‌انبار و بندسار، جایابی آنها را به‌صورت متفاوت و همراه با کانال‌های آبرسانی مجزا انجام داده بودند. بندسارها به‌دور از مراکز سکونت و در ارتفاعات بالاتر و نزدیک به مخروطه افکنه‌ها و آب‌انبارها در ارتفاعات پایین‌تر و نزدیک به مراکز سکونت ایجاد شده‌اند. قرارگیری آب‌انبارها در شیب‌های تندتر نسبت به بندسارها، حاکی از توجه ساکنین به

- Brunner, U. (1997). "The history of irrigation in Wadi Marhah", *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies*, 27: 75-85.
- Chen, F., Guo, H., Ishwaran, N., Liu, J., Wang, X., Zhou, W., & Tang, P. (2019). Understanding the relationship between the water crisis and the sustainability of the Angkor World Heritage site. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111-293.
- Claverie, M., Masek, J. G., Ju, J., & Dungan, J. L. (2017). Harmonized Landsat-8 Sentinel-2 (HLS) product user's guide. National Aeronautics and Space Administration (NASA): Washington, DC, USA.
- Falsoleiman, M., & Chakoshi (2011). The role of optimum management of farming water consumption to increase the exploitation and stability of water resources of critical plains in arid areas of the country, *Journal of Geography and regional development*, 9(1): 199-218, <https://doi.org/10.22067/geography.v9i16.11035> (in Persian).
- Frye, R. N. (1966). The Parthian inscription of Kal-I Jangah, *Anjoman Farhang Iran Bastan* 4(1): 46-51
- Hallier, U. W. (1973), Qal'eh Zari, ein prä-islamisches Fort in Ostpersien, *AMI*, Band 7: 189-197.
- Harrower, M. J. (2010). "Geographic Information Systems (GIS) hydrological modeling in archaeology: an example from the origins of irrigation in Southwest Arabia (Yemen)", *Journal of Archaeological Science*, 37(7), 1447-1452, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.01.004>.
- Jahantig, M., and Jahantig, M. (2018). "Effective factors in determining suitable locations for constructing reservoirs to provide drinking water for livestock: A case study of western Sistan", *7th National Conference on Rainwater Catchment Surface Systems*, Tehran Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, pp. 758-765 (in Persian).
- Javan, J., Fal-Soleiman, M. (2008). Water Crisis and Importance of Water Productivity in Agriculture in Dry Area of Iran (Case Study: Birjand Plain), *Journal of Geography and Development*, 6(11): 115-138, <https://doi.org/10.22111/gdij.2008.1619> (in Persian).
- Mirjafari, H., Allahyari, F., Behnia, A., Cheraghi, Z. (2010), Investigating the theory of the origin of aqueducts in Iran, *History of Islam and Iran*, 19(2): 79-102, <https://doi.org/10.22051/hii.2014.736> (in Persian).
- Neely, J. A., Aiuvalasit, M. J., & Winsborough, B. M. (2022). Relict canals of the Tehuacán Valley, Mexico: A Middle-to Late-Holocene dryland socio-hydrological system. *The Holocene*, 32(12), 1422-1436.
- Nikzad, M., Sedighian, H., & Ahmadi, Kh. (2019). An investigation of ancient mining and metallurgy

کاربری های متفاوت این دو سازه است. در شیب های تندتر، جریان آب با سرعت بیشتر و رسوب گذاری کمتری به آب انبارها می رسد. حال آنکه بندسارها در شیب هایی ایجاد شده اند که به دلیل سرعت کم آب، امکان تجمع آب در آنها و همچنین میزانی رسوب گذاری وجود داشت. با توجه به جهت شیب کلی منطقه، بیشتر سازه ها در جهت شیب و جهت جریان غرب و جنوب غرب قرار داشتند. در مجموع می توان این چنین اظهار داشت که ساکنین منطقه خوسف، توانسته بودند با ایجاد کانال ها و سازه هایی، آب های سطحی را در جهت رفع نیازهای خود کنترل و مهندسی نمایند. بر این اساس سازه های آبی در منطقه خوسف به گونه ای طراحی و مهندسی شده بود که بتواند با کمترین میزان هدر رفت انرژی و صرفاً از طریق نزولات جوی، نیازهای ساکنین به آب را بر طرف نماید. با توجه به بحران کم آبی در جهان امروز و همچنین دغدغه های مربوط به محیط زیست و توسعه پایدار، چه بسا بتوان این سیستم آبرسانی را با مطالعه دقیق آماری و چند جانبه، لااقل در سیستم کشاورزی در بعضی از نقاط ایران، مورد استفاده قرار داد.

منابع

- Ahmed, A. T., El Gohary, F., Tzanakakis, V. A., & Angelakis, A. N. (2020). "Egyptian and Greek water cultures and hydro-technologies in ancient times". *Sustainability*, 12(22), 60-97, <https://doi.org/10.3390/su12229760>.
- Arabkhedari, M., and Kamali, K. (2017), Bandsar: Traditional method of soil and water conservation for floodplain agriculture, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Educational Publication: Agricultural Education and Extension Institute (in Persian).
- Arabkhedari, M., et al. (2002). A study on the effect of sedimentation on the permeability efficiency of traditional flood distribution networks (Bandsar), Final report of the research project of the Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, unpublished (in Persian).
- Arabkhedri, M., and Hakimkhani, Sh. (2003). "Investigating the Relationship between Two Ancient Desertification Technologies: Bandsar and Qanat", *Quarterly Journal of Geographical Research*, 18(2): 49-61 (in Persian).
- Arabkhedri, M. & Partovi, A. (1997). "Band-Sar: A Practice in Optimum Use of Water and Soil Resources in an Arid Region", *Proc. of the 8th Intern. Conf. on Rainwater Catchment Systems*, pp.34-40.

sensing technique, *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 5(16): 1-14 (in Persian).

Turney, C., Canti, M., Branch, N., & Clark, P. (2014). *Environmental archaeology: Theoretical and practical approaches*, Routledge.

activities in Khorasan county, South Khorasan province, Eastern edge of Lut Desert, Iran, in *the Journal Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan*. Band 48, pp 59 – 76.

Nikzad, M., Sedighian, H., & Ghasemi, E. (2015). New evidence of Paleolithic activity from South Khorasan, eastern Iran, *Antiquity* (ISI), Vol. 89, Issue 347: Project Gallery.

Olaya, V, (2019). Valdecañas: The drought-hit reservoir that revealed a giant archaeological treasure in Spain,

Peyrowan H R, Bayat R, Arabkhedri M. (2019). Investigating the geological potential of the Birjand area for establishing and extending flood farms (Bandsar). *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 7 (2):1-14, <https://doi.org/20.1001.1.24235970.1398.7.2.3.3> (in Persian).

Reitz, E., & Shackley, M. (2012). *Environmental archaeology*, Springer Science & Business Media.

Results of the 2016 Iranian census (National Statistics Portal. Archived from the original Excel file), on September 10, 2023.

Sedighian H, Nikzad M, Oshnoei Noshabadi A, Ghasemi E. (2021). The Effect of Climatic Conditions on the Structure and Architectural Components of Native/Traditional Houses in Hot and Dry Areas of Khosf County, South Khorasan. *Parseh J Archaeol Stud.* 4(14), 125-146. <https://doi.org/10.30699/PJAS.4.14.125> (in Persian).

Sedighian, H. (2023). Distribution and Diversity of Islamic Ceramic Types at Archaeological Sites of Khusf County, *Iranian Journal of Archaeological Studies*, 13(1): 37-49, <https://doi.org/10.22111/ijas..2023.46439.1278>.

Sedighian, H., and Nikzad, M. (2022). *Archaeological Overview of Khusf County, Khorramabad*: Lorestan University Press (in Persian).

Sedighian, H., Azizi, H., Hoseinian-Rad, A., & Nikzad, M. (2025). Traditional control and management of surface water in dry areas using ancient hydraulic structures: a case study of Khosf County, *Journal of Greater Khorasan*, 15(57): 105-124, <https://doi.org/10.22034/jgk.2024.420604.1160> (in Persian).

Sedighian, H., Nikzad, M., Heidari, M., Sabzi, M. (2021). Evaluation of the role of environmental factors in the formation of Parthian settlements in Khosf County, South Khorasan province, East of Iran, *Journal of Greater Khorasan*, 12(42): 107-122, <https://doi.org/10.22034/jgk.2021.137982> (in Persian).

Sharifinia, M., & Mozafari, M. (2015). Physical characterization, extraction, and performance explanation of Bandsar for soil and water management in desert areas based on remotely

