www.jgk.imamreza.ac.ir

Journal of Greater Khorasan

Vol. 15, No. 57, 2025

Received 14 Oct 2023 | Revised 04 Sep 2024 | Accepted 13 Nov 2024 | Published 15 Mar 2025

Research article

ISSN (Online): 2717-1671 ISSN (Print): 2251-6131

Traditional control and management of surface water in dry areas using ancient hydraulic structures: a case study of Khosf County

Hossein Sedighian [(a)], Hamid Azizi [(b)*], Amir Hoseinian Rad [(c)], Meisam Nikzad [(d)]

a) Assistant professor in Archaeology, Lorestan University, Khoram-Abad, Iran (Sedighian.h@lu.ac.ir)
b) Assistant professor in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of literature and humanities, University of Jiroft, Kerman, Iran
c) Assistant professor, Lorestan University, Khoram-Abad, Iran (Hoseinianrad.a@lu.ac.ir)
d) Assistant professor in Archaeology, Shiraz university of Art, Shiraz, Iran (Meisam.nikzad@shirazartu.ac.ir)

Keywords
water management, Band-Sar, reservoir, South Khorasan, Khosf

Citation
Sedighian, Hossein; Azizi, Hamid; Hosseinian Rad, Amir & Nikzad, Meisam. (1403). 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.

Use your device to scan and read articles online

Abstract,

Management and control of surface waters, especially in low rainfall areas, is one of the ways to supply water to meet the needs of residents of dry and water-scarce regions of Iran. Khosf County, located in South Khorasan Province, is one of the areas where residents have long been attempting to manage and control surface waters due to water scarcity. In this regard, by creating water structures such as dams and reservoirs, they have tried to control and utilize surface waters resulting from rainfall. A descriptive-analytical method was used to conduct this research. Data collection and organization were based on field and library studies in Khosf County, and some of these structures were identified and their distribution analyzed using GIS software. The main goal of this research is to investigate and analyze the traditional and ancient methods of controlling and managing surface waters and the role of some related structures such as dams and reservoirs in Khosf County. The results of this research indicate that the highest priority in establishing and distributing these structures is proximity to surface water sources (16% for reservoirs and 15% for dams) and then suitable elevation (8% for reservoirs and 10% for dams) for better access to surface waters. Additionally, residents of this area have attempted to control and manage the flow speed of surface waters to enter the dams and reservoirs, considering the slope and suitable direction of the slope. The outcome of these actions has resulted in changes in the region's landscape and mitigating harsh environmental conditions for the continued livelihood of residents.

DOI: https://doi.org/10.22034/jgk.2024.420604.1160

OPEN ACCESS

URL: https://jgk.imamreza.ac.ir/article_209495.html

©Authors retain the copyright and full publishing rights.

* Corresponding Authors: (Hamidazizi@ujiroft.ac.ir)

Introduction

South Khorasan province, most of its areas lack permanent and seasonal rivers. Based on this, the residents of this region have long been thinking of special provisions to make the most use of the minimum water available (Arabkhadri and Hakimkhani, 2003: 51-53). In this regard, Khosf county located in the southern half of this province and on the eastern edge of the Lut Desert, is one of the relatively dry and desert areas that, like some other cities in the province, has established a special water supply system to control and utilize surface waters (Arabkhadri and Kamali, 2017: 22). Due to the water scarcity in this county, the residents have tried to make the most use of seasonal surface water flows resulting from rainfall by controlling them through channels, dams, and reservoirs. Over the centuries, the residents of this area have tried to direct these surface water flows to two important and vital structures, namely dams and reservoirs, by identifying and locating surface water flows resulting from rainfall and digging channels. The engineering and method that the residents of Khosf county used to utilize surface water flows resulting from rainfall is one of the aspects that, by studying and analyzing it, not only can identify the methods used by them in the past, but also can optimize this type of water supply system with modern methods and materials, and still use it today. Based on this, a field study was conducted in 2013 in the Khosf county area over the course of 1 month, with the aim of analyzing and locating water structures such as reservoirs and dams, and analyzing this type of water supply system using GIS software and other tools. Considering these issues, the main goal of this research is to investigate and analyze the traditional and ancient control and management of surface waters and the role of some related structures such as dams and reservoirs in Khosf county. The most important question of this research also focuses on how factors such as elevation, slope, slope direction, and distance to waterways have influenced the construction process of structures related to the control of surface waters.

Materials and Methods

In this study, an attempt was made to digitize the water structures (qanats and reservoirs) on GIS maps based on field surveys in order to conduct appropriate analyses based on them. Then, in order to better understand the location of the structures and also to identify other potential water structures, an information layer based on topographic data was prepared in the GIS software environment, including aspects such as Digital Elevation Model (DEM), slope, slope direction, and watercourses. Subsequently, necessary analyses were carried out using GIS tools.

Discussion and Findings

In this research, the position of the water structures in the region was analyzed using GIS analyses. In this regard, the coefficients of each of the independent variables, namely the four environmental information layers created in previous stages, were determined as weights and relative importance for identifying environmental factors affecting the establishment of water structures using multivariable regression. Based on the analyses conducted, the distance from watercourses (regardless of the type of water structure) has the highest importance and priority in the distribution of water structures, allocating the highest weight to the location of water structures. In fact, the residents of the area have tried to identify the paths of surface water resulting from rainfall over time and build most water

structures along or near these watercourses. Proximity to these watercourses made it possible for water structures to receive water even in case of rainfall shortage. Additionally, proximity to them resulted in lower energy and cost for water transfer from watercourses to these structures. This is why the elevation variable, after distance to watercourses, is of the highest weight and priority for qanats. In fact, high points provide easier access to water for qanats and also somewhat prevent water loss, as in lower areas, with the heat and sunlight, there is more possibility of water evaporation. Therefore, qanats are located in higher points compared to reservoirs to have better access to water.

Conclusion

The GIS analyses and linear regression results indicate the informed actions of the residents in the creation and distribution of these structures. It seems that this awareness has been gradually acquired over time through trial and error and over many years. The results of the GIS analyses suggest that the highest priority in the creation and distribution of these structures is proximity to waterways and suitable elevation for access to surface waters. In the next step, by considering the slope and slope direction, they tried to control and manage the flow rate of surface waters entering the dams and reservoirs. Based on this, it appears that the water structures were located in places that provided them with the greatest opportunity to use surface waters, although due to lack of precipitation, drought, and possibly the presence of a social hierarchy in water collection from dams, there was a possibility that some of these water structures located at lower elevations would remain ineffective in receiving sufficient water, but these conditions cannot be considered as a reason for the unsuitability of these structures' locations.

www.jgk.imamreza.ac.ir

پژوهشنامه خراسان بزرگ

دوره ۱۵، شماره ۵۷، زمستان ۱۴۰۳

ISC | MSRT | ICI

شاپا چاپی: ۶۱۳۱-۲۲۵۱ شاپا الکترونیکی: ۱۶۷۱-۲۷۱۷

مقاله پژوهشی

کنترل و مدیریت سنتی آب‌های سطحی در مناطق خشک با استفاده از سازه‌های آبی کهن (مطالعهٔ موردی: شهرستان خوسف)

حسین صدیقیان [الف] ، حمید عزیزی [ب]*، امیر حسینیان‌راد [پ]، میثم نیکزاد [ت]

الف) استادیار، گروه باستان‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران(Sedighian.h@lu.ac.ir)

ب) استادیار، گروه باستان‌شناسی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

پ) استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران (Hoseinianrad.a@lu.ac.ir)

ت) استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشگاه هنر، شیراز، ایران (Meisam.nikzad@shirazartu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

شماره صفحات: ۱۰۵-۱۲۴

واژگان کلیدی:

مدیریت آب‌های سطحی، بندسار، آب‌انبار، خراسان جنوبی، خوسف

استناد به مقاله:

صدیقیان، حسین؛ عزیزی، حمید؛ حسینیان‌راد، امیر و نیکزاد، میثم. (۱۴۰۲). کنترل و مدیریت سنتی آب‌های سطحی در مناطق خشک با استفاده از سازه‌های آبی کهن (مطالعهٔ موردی: شهرستان خوسف). *پژوهشنامه خراسان بزرگ*. ۱۵(۵۷)، ۱۰۵-۱۲۴.

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید.

چکیده

مدیریت کنترل آب‌های سطحی به‌ویژه در مناطق کم بارش، یکی از راه‌های تأمین آب برای رفع نیاز ساکنین مناطق خشک و کم‌آب ایران است. شهرستان خوسف واقع در استان خراسان جنوبی، یکی از مناطقی است که ساکنین آن از دیرباز تاکنون، به دلیل کمبود آب، با انجام تمهیداتی سعی در مدیریت و کنترل آب‌های سطحی داشته‌اند. در این راستا، با ایجاد سازه‌های آبی اعم از بندسار و آب‌انبار، تلاش نمودند تا آب‌های سطحی ناشی از بارندگی را کنترل و مورد استفاده قرار دهند. برای انجام این پژوهش از روش توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. شیوهٔ گردآوری و تنظیم اطلاعات در آن نیز بر پایهٔ بررسی‌های میدانی و کتابخانه‌ای در سطح شهرستان خوسف بوده که با بهره‌گیری از نرم‌افزار GIS، برخی از این سازه‌ها نیز شناسایی و چگونگی پراکنش آن‌ها مورد تحلیل قرارگرفته است. هدف اصلی پژوهش حاضر نیز بررسی و تحلیل چگونگی کنترل و مدیریت سنتی و کهن آب‌های سطحی و نقش برخی سازه‌های مرتبط با آن همچون بندسار و آب‌انبار، در شهرستان خوسف است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که بیشترین اولویت در ایجاد و پراکنش این سازه‌ها، نزدیکی به روان‌آب‌های سطحی (۱۶/. برای آب‌انبار و ۱۵/. برای بندسار) و سپس ارتفاع مناسب (۰۸/. برای آب‌انبار و ۱۰/. برای بندسار) برای دسترسی بهتر به آب‌های سطحی است. همچنین، ساکنین این منطقه با توجه به شیب و جهت شیب مناسب، تلاش داشتند تا سرعت جریان آب‌های سطحی را برای ورود به بندسارها و آب‌انبارها، کنترل و مدیریت کنند. ماحصل اقدامات انجام‌گرفته، تغییر در زمین‌سیمای منطقه و تلطیف شرایط سخت محیطی برای ادامه حیات ساکنین را به دنبال داشته است.

DOI: https://doi.org/10.22034/jgk.2024.420604.1160

OPEN ACCESS

URL: https://jgk.imamreza.ac.ir/article_209495.html

©Authors retain the copyright and full publishing rights.

نویسنده مسئول مکاتبات: (Hamidazizi@ujiroft.ac.ir)

مقدمه

منابع آب و مدیریت آن، همواره یکی از دغدغه‌های اصلی در زندگی جوامع گذشته و امروز بوده است. بشر به‌طور پیوسته سعی داشته تا با توجه به ظرفیت‌های منطقه‌ای که در آن زندگی می‌کند، راه‌های مختلفی را برای مدیریت و استفاده از منابع آب و همچنین کشاورزی، در نظر گیرد. درواقع، زمین-سیمای منطقه نقش مهمی را در مدیریت و ایجاد سازه‌های آبی در طول تاریخ ایفا کرده است. این در حالی است که فعالیت‌های انسانی نیز در درازمدت چشم‌انداز منطقه را تحت‌تأثیر خود قرار داده است. در سال‌های اخیر باستان‌شناسان در مناطق مختلف جهان، توجه ویژه‌ای به کنکاش در سیستم‌های آبیاری و طریقهٔ کشاورزی با استفاده از روش‌ها و رویکردهای جدید داشته‌اند. مطالعهٔ باستان-شناسان در برخی از نقاط جهان ازجمله خاورمیانه و شمال آفریقا، با استفاده از روش‌هایی همچون GIS و سنجش از راه‌دور (Ahmed et.al, 2020؛ Harrower,2010؛ Brunner, 1997)، آشکارکنندهٔ نکات بسیار ارزشمندی بوده که در سیستم‌های آبیاری امروز نیز مورد استفاده قرارگرفته است. 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. ساخت سازه‌هایی همچون آب‌انبار و سدهای قدیمی، ازجمله این اقدامات به‌حساب می‌آید (Mahmoudian, 1971:180-187؛ Seyf, 2006: 661). مجموع این اقدامات باعث شد که با وجود شرایط سخت و خشن در برخی از مناطق جغرافیایی ایران همچون یزد، خراسان و برخی از مناطق دیگر فلات مرکزی، مردم بتوانند به حیات خود ادامه دهند. بر همین اساس، نیاز بشر منجر به بروز تغییراتی هرچند اندک، در محیط و زمین‌سیمای مناطق مختلف شده است. چگونگی ارتباط متقابل انسان و محیط و به‌ویژه اینکه چگونه انسان توانسته است خود را با محیط اطرافش سازگار نماید، یکی از مهم‌ترین مسائل باستان‌شناسی محیطی[1] در سراسر دنیا محسوب می‌شود (Reitz & Shackley, 2012؛ Murphy, 2000؛ Turney et al, 2014).

استان خراسان جنوبی بیشتر مناطق آن، فاقد رودخانه‌های دائمی و فصلی است. بر این اساس، ساکنین این منطقه از دیرباز به فکر تمهیدات ویژه‌ای بوده‌اند تا بتوانند از کمترین میزان آب، بیشترین بهره‌برداری را نمایند (Arabkhedri & Hakimkhani, 2003: 51-53). در همین ارتباط، شهرستان خوسف واقع در نیمهٔ جنوبی این استان و حاشیهٔ شرقی کویر لوت، یکی از مناطق نسبتاً خشک و بیابانی است که همانند بعضی دیگر از شهرهای استان، سیستم آب‌رسانی ویژه‌ای را برای کنترل و بهره‌برداری از آب‌های سطحی ایجاد و مورد استفاده قرار داده است (Arabkhedri & Kamali, 2017: 22). با توجه به کمبود آب در این شهرستان، ساکنین با استفاده از جریانات سطحی ناشی از بارندگی‌های فصلی و کنترل آن‌ها از طریق کانال، بندسار و آب‌انبار، تلاش کرده‌اند تا بیشترین بهره‌برداری را از ریزش‌های جوی فصلی، به عمل آوردند. ساکنین این منطقه در طی سده‌های متمادی، با شناسایی و جایابی جریانات سطحیِ آبِ ناشی از بارندگی و تعبیه کانال‌هایی، تلاش داشته‌اند تا با کنترل آب، این جریانات را به دو سازهٔ مهم و حیاتی یعنی بندسار و آب‌انبار هدایت کنند.

مهندسی و روشی که ساکنین شهرستان خوسف برای استفاده از آب‌های روان ناشی از بارندگی استفاده می‌کردند، یکی از مواردی است که با مطالعه و تحلیل آن، نه‌تنها می‌توان روش‌های به‌کار گرفته توسط آنان در گذشته را شناسایی کرد، بلکه می‌توان با روش‌ها و مصالح مدرن، این نوع سیستم آب-رسانی را بهینه کرده و امروزه نیز مورد استفاده قرار داد. بر همین اساس طی بررسی میدانی صورت‌گرفته در ۱۳۹۳ش و

1. Environmental Archaeology

در طی ۱ ماه در محدودهٔ شهرستان خوسف، سعی شد که علاوه بر شناسایی و جایابی سازه‌های آبی این منطقه همچون آب‌انبارها و بندسارها، مهندسی این نوع سیستم آب‌رسانی نیز با استفاده از نرم‌افزار GIS و برخی ابزارهای دیگر، مورد تحلیل قرار گیرد. با توجه به این موارد، هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی و تحلیل چگونگی کنترل و مدیریت سنتی و کهن آب‌های سطحی و نقش برخی سازه‌های مرتبط با آن همچون بندسار و آب‌انبار، در شهرستان خوسف است. مهم‌ترین پرسش پژوهش حاضر نیز بر این امر استوار است که مواردی همچون ارتفاع، شیب، جهت شیب و همچنین فاصله تا آبراهه‌ها، به چه میزان در روند ساخت سازه‌های مرتبط با کنترل آب‌های سطحی تأثیرگذار بوده‌اند؟

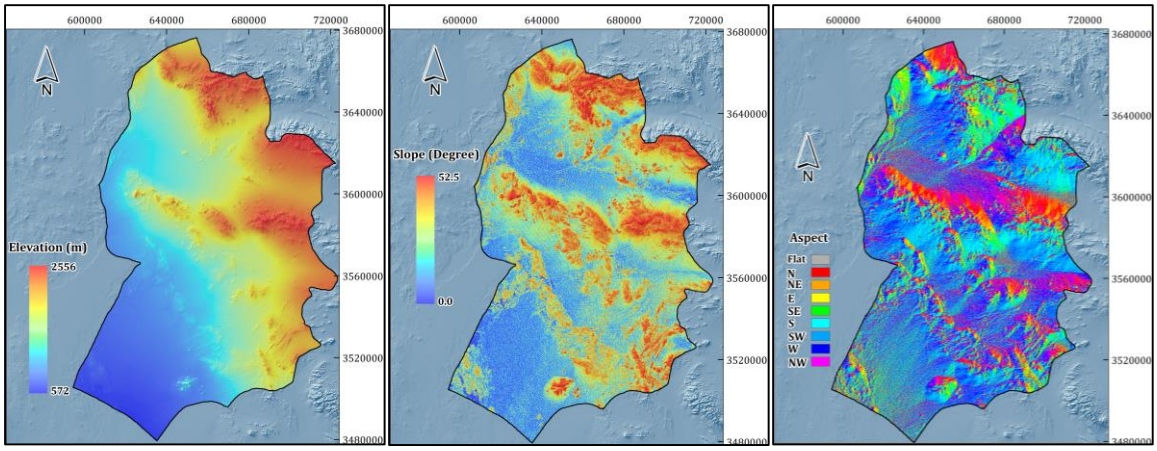
پیشینه پژوهش

مطالعات باستان‌شناسی مرتبط با سازه‌های آبی شهرستان خوسف برای نخستین‌بار در ۱۳۹۳ش و با بررسی میدانی این منطقه صورت پذیرفت. درنتیجهٔ این مطالعات، تعداد زیادی سازه‌های مرتبط با آب همچون آب‌انبار و بندسار شناسایی شد که بخشی از اطلاعات توصیفی و مختصر آن‌ها در دو جلد گزارش منتشرنشده و یک کتاب، ارائه شده است (Sedighian & Nikzad, 2014). به‌جز این موارد، تاکنون مطالعات تاریخی ارزشمندی نیز در ارتباط با سازه‌های آبی و سیستم‌های آب‌رسانی، به‌ویژه چگونگی کنترل و مدیریت آب‌های سطحی، در محدودهٔ دو استان خراسان رضوی و جنوبی، انجام گرفته است. با توجه به اقلیم گرم و خشک ایران و کمبود منابع آب، این مطالعات حتی می‌تواند در راستای مدیریت بهتر آب‌های سطحی در زمان حال نیز مفید باشد. صفی‌نژاد در مطالعاتی، نظام‌های تولید زراعی جمعی را موردبررسی قرار داده و در آن کارایی‌های بندسار و نقش آن در تولید محصول به‌صورت جمعی در شرق ایران را موردمطالعه قرار داده است (Safinejad,1974). عرب خدری و همکاران در مطالعاتی، تأثیر بندسارها بر رسوب-گذاری و سیلاب‌ها را در منطقهٔ خراسان موردبررسی قرار داده و اذعان داشته‌اند که بندسارها علاوه بر ذخیرهٔ سیلاب، نقش بسیار مهمی را در بالا رفتن آب‌دهی قنوات پایین‌دست بر عهده داشتند (Arabkhedri et al, 2002). شریفی‌نیا و مظفری در مقاله‌ای، کارایی بندسارها در مدیریت منابع آب و خاک بیرجند را بر اساس فنون دورسنجی، موردمطالعه قرار دادند که یافته‌هایشان مؤید آن است که بافت خاک در اراضی تحت اشغال بندسار، سنگین‌تر از ارضی پیرامونی بوده است، درحالی‌که میزان شوری خاک نیز در محدودهٔ بندسارها کمتر از سایر نقاط است (Sharifinia.&Mozafary, 2015). عرب‌خدری و کمالی در طرح تحقیقاتی برای پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، بندسارهای خراسان را به‌صورت کلی مطالعه نموده و تاریخچه، کارایی‌ها و طرز ساخت آن‌ها را به‌صورت توصیفی بیان کرده‌اند (Arabkhedri & Kamali, 2017). مطالعه‌ای در جلگهٔ ماژان خوسف نیز به قابلیت بندسارها پرداخته و در آن تأمین رطوبت، اصلاح فیزیکی و شیمیایی خاک از طرق نگهداشت آب و همچنین بهینه‌سازی بافت و افزایش مواد آلی را ازجمله کارایی‌های مهم بندسارها در خوسف، به شمار آورده است (Tajbakhsh et al, 2019). اکبری و همکاران نیز در منطقهٔ سبزوار به مطالعهٔ تأثیر بندسارها بر ویژگی‌های خاک به‌صورت آزمایشگاهی پرداخته و درمجموع بندسارها را عاملی برای افزایش حاصلخیزی خاک قلمداد کرده‌اند (Akbari etal,2021). علاوه بر این موارد، دربارهٔ آب‌انبارهای موجود در خراسان جنوبی نیز مطالعاتی صورت گرفته که علاوه بر معرفی و توصیف معماری آن‌ها، تا حدودی قابلیت این ابنیه در جمع-آوری آب‌های سطحی نیز موردتوجه قرارگرفته است. به‌عنوان نمونه، جهان‌تیغ (2018) در طرح تحقیقاتی به نقش و جایگاه آب‌انبارهای خراسان جنوبی و همچنین سیستان در جمع‌آوری

سیلاب و اکوسیستم منطقه پرداخته است. در این پژوهش جلوگیری از هدر رفت سیلاب و کنترل آب را یکی از کارایی-های این سازه ذکر می‌کند (Jahan tigh, 2018). صالحی و فرستاده نیز در پژوهشی به بررسی و مطالعهٔ برخی از آب-انبارهای شاخص قهستان یا همان خراسان جنوبی پرداخته-اند (Salehi & Ferestadeh 2012). تقوی و نیک‌گفتار نیز صرفاً با ارائهٔ شواهد حاصل از کاوش‌های باستان‌شناسی در محوطهٔ بلقیس، بقایای معماری یک آب‌انبار را معرفی کرده‌اند که تاریخ ساخت آن به قرون میانی اسلامی برمی‌گردد (Taghavi& Nikgoftar 2013). همچنین، عنانی و همکاران در پژوهشی به بررسی آب‌انبارهای تاریخی شهرستان سرایان خراسان جنوبی پرداخته‌اند. در این پژوهش، بیشتر در ارتباط با خود سازه و برخی اسناد و کتیبه‌های مرتبط با آن مطالبی را بیان کرده‌اند (Annani et al, 2015). با توجه به این موارد، در پژوهش حاضر سعی گردیده تا با نگاه تاریخی و باستان‌شناسی، سازه‌های آبی مرتبط با آب‌های سطحی در شهرستان خوسف بررسی‌شده و همچنین با استفاده از GIS، روند کنترل و مدیریت آب در این منطقه، در درازمدت موردمطالعه و تحلیل قرار گیرد.

روش پژوهش

در این مطالعه ابتدا تلاش شد تا بر اساس بررسی‌های میدانی، سازه‌های آبی (بندسار و آب‌انبار) در نقشه‌های GIS خوانا‌سازی شوند تا بتوان بر پایهٔ آن‌ها تحلیل‌های مناسبی را انجام داد. سپس به‌منظور درک بهتر از چگونگی مکان‌یابی سازه‌ها و همچنین یافتن سازه‌های آبی احتمالی دیگر، یک لایهٔ اطلاعاتی بر مبنای داده‌های توپوگرافی در محیط نرم‌افزار GIS تهیه شد که دربردارندهٔ مواردی همچون مدل رقومی ارتفاعی یا DEM، شیب، جهت شیب و آبراهه‌ها است. درنتیجهٔ این کار، شواهد احتمالی وجود سازه‌های آبی بیشتری روی محیط نرم‌افزار مشخص گردید که در ادامه راجع آن صحبت خواهد شد. منبع داده‌های توپوگرافی، داده‌های DGN سازمان نقشه‌برداری است. این داده‌ها معمولاً از نوع نقطه‌ای و خطی هستند که بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی به‌دست آمده‌اند. چهار لایهٔ توپوگرافی DEM منطقهٔ موردمطالعه از داده‌های DGN با به‌کارگیری تابع Topo to Raster در محیط GIS استخراج شد، به‌طوری‌که با درون‌یابی خطوط ارتفاعی و معرفی فیلد نمایانگر ارتفاع، لایهٔ رستریِ مدلِ رقومیِ ارتفاعیِ منطقه، حاصل شد. برای تخمین لایهٔ آبراهه‌ها از توابع هیدرولوژیکی استفاده شد که مهم‌ترین آن‌ها Flow direction و Flow accumulation بودند. تصاویر ۱ تا ۳، نقشه‌های مدل رقومی ارتفاعی، شیب و جهت شیب محدودهٔ مطالعاتی را نشان می‌دهد.



تصاویر ۳-۱: به ترتیب از راست به چپ: نقشه‌های مدل رقومی ارتفاعی، شیب و جهت شیب شهرستان خوسف (مأخذ: نگارندگان)

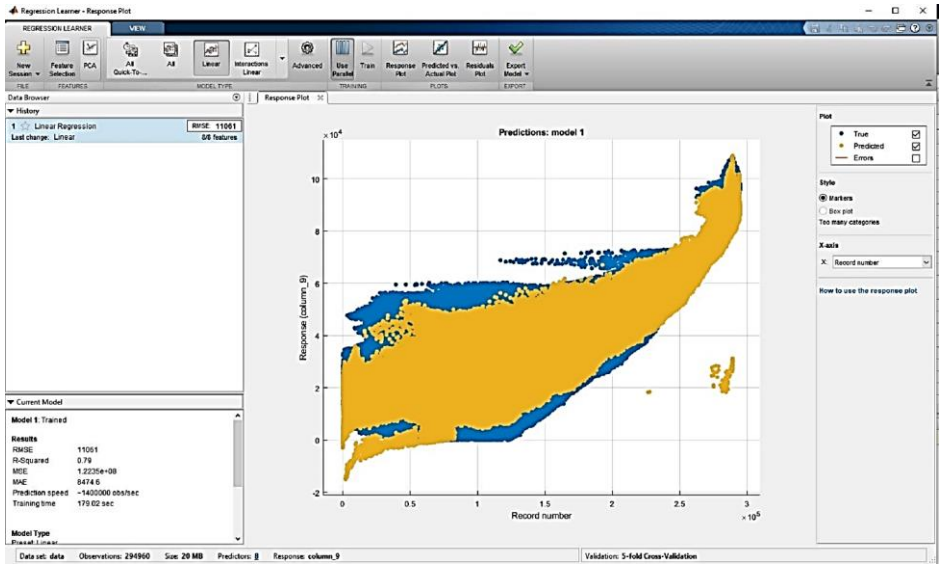
در ادامه تلاش شد تا اهمیت و وزن نسبی هرکدام از عوامل محیطی در استقرار و توزیع مکانی سازه‌های آبی کهن مورد تحلیل قرار گیرند. فرض اساسی این است که توزیع مکانی سازه‌های آبی تحت مطالعه، تابع و معلول پارامترها و متغیرهای محیطی همچون توپوگرافی، فاصله از رودخانه و آبراهه‌ها هستند. البته مؤلفه‌هایی مانند دما، رطوبت و بارش نیز تا حدودی در توزیع فضایی سازه‌های آبی کهن تأثیرگذار بوده است، اما با توجه به وسعت محدودهٔ مطالعاتی، تغییرات مکانی آن‌ها ناچیز بوده و بنابراین تأثیر آن‌ها در کل گسترهٔ مطالعاتی، یکسان و ثابت فرض شده است.

برای اجرای مدل‌سازی مکانی سازه‌های آبی با کمک رگرسیون چندمتغیرهٔ خطی، از برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار Matlab و بهره‌گیری از قابلیت‌های توابع ریاضی و محاسباتیِ قدرتمند آن، استفاده شد (تصویر ۴). برنامه‌های نوشته‌شده، قابلیت بررسی روابط رگرسیونی چندمتغیره را در حالت خطی دارد که میان متغیرهای مستقل (در مطالعهٔ حاضر: پارامترهای فاصله از آبراهه‌ها، مدل رقومی ارتفاعی، شیب و جهت شیب)، متغیر وابسته (مطلوبیت مکانی سازه‌های آبی)، صورت می‌پذیرد. سپس، مدل ایجاد و بر اساس مدل برآورد شده نقشهٔ فاصله از سازه تخمین زده شد. دقت نتایج هم با کمک نقاط نگه‌داشته شده برای اعتبارسنجی و هم با کمک پارامترهای R^2، خطای مجذور میانگین ریشه[1] (RMSE) و MAE محاسبه شد تا بتوان مقایسهٔ میان مدل‌های اجراشده را به‌منظور انتخاب مدلِ بهینه، آسان‌تر انجام داد.

تصویر ۴: بخش از برنامه تحلیل رگرسیون چند متغیره در Matlab (مأخذ: نگارندگان)

مدل رگرسیون چندمتغیره خطی، بر مبنای ۴ لایهٔ ورودی (فاصله از آبراهه‌ها، مدل رقومی ارتفاعی، شیب و جهت شیب) و لایه‌های فاصله از سازه‌های آبی (لایه‌هایی که بر اساس فاصلهٔ سازه‌های آبی تا ۴ پارامتر مذکور در بالا تهیه شده است)، به‌طور تفکیک‌شده تهیه گردید (تصویر ۵). سپس نقشهٔ مطلوبیت استقرار یا همان نقشهٔ فاصلهٔ تخمین‌زده شدهٔ هرکدام از سازه‌های آبی (بندسارها و آب‌انبارها)، به کمک مدل‌های رگرسیون چندمتغیرهٔ خطیِ ایجاد شده، تهیه گردید.

1. Root Mean Square Error (RMSE)



تصویر ۵: مدل رگرسیون خطی چندمتغیره برای برآورد فاصله از بندسارها بر اساس عوامل محیطی مدنظر (مأخذ: نگارندگان)

مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران

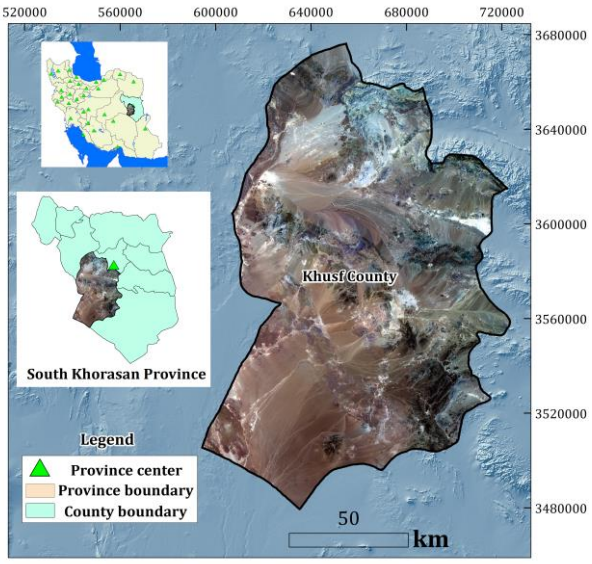
بخش قابل‌توجهی از ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرارگرفته است. بر این اساس، دسترسی به آب یکی از دغدغه‌های اصلی ساکنین این مناطق در طول تاریخ بوده است. ازجملهٔ این مناطق می‌توان به سه استان خراسان بزرگ اشاره کرد که همواره ساکنین این منطقه تلاش داشته‌اند تا با انجام اقدامات و خلاقیت‌های مختلف، از آب محدود در این منطقه استفادهٔ بهینه نمایند (Ezzati & Khezri: 2010: 93). نکتهٔ قابل‌تأمل این است که ساکنین این منطقه در گذشته، تلاش نمودند تا نیاز خود به آب را با کمترین میزان آسیب به طبیعت، برطرف نمایند. رفع نیاز افراد با کمترین میزان آسیب به طبیعت به‌گونه‌ای که منابع موجود برای نسل‌های آینده نیز بماند، ازجمله دغدغه‌های اصلی یونسکو و یکی از ویژگی‌های اصلی توسعه پایدار است (UNESCO, 2015). شناخت و بازسازی روش‌های به‌کار گرفته‌شده در گذشته برای تأمین و کنترل آب در خراسان بزرگ می‌تواند در راستای حفظ طبیعت و توسعهٔ پایدار راهگشا باشد. ساکنین این منطقه در گذشته تلاش کرده‌اند تا با استفاده از سازه‌هایی همچون بندسار و قنات، مدیریت و کنترل بهتری را نسبت به آب‌های سطحی و زیرزمینی داشته باشند. تلاش آنان برای تأمین و مدیریت آب با کمترین میزان آسیب به طبیعت میسر گشته است. بر این اساس، مطالعه و شناخت مکانیسم‌های به‌کار گرفته‌شده توسط آنان می‌تواند در زمان حاضر نیز موردتوجه قرار گیرد.

یکی از سازه‌هایی که توسط ساکنین این مناطق (به‌ویژه در خراسان جنوبی) برای کنترل و مدیریت آب‌های سطحی در طول تاریخ مورد استفاده بوده، بندسار است. بندسار ازجمله سازه‌هایی است که با انباشت آب و فرونشست در زمین، نقش مهمی در ارتباط با کنترل و مدیریت آب‌های سطحی و درنتیجه تأمین نیاز مردمان منطقه به کشت محصول را ایفا کرده است (Arabkhedri & Kamali, 2017: 21). این در حالی است که در ارتباط با آب‌های زیرزمینی نیز در خراسان بزرگ، می‌توان به یکی از دستاوردهای بسیار مهم یعنی قنات اشاره کرد. قنات‌ها دارای سطوح شیب‌داری هستند که با طی مسیر، آب موجود در لایه‌های زیرزمینی را به زمین‌های بالاتر هدایت می‌کنند (Semsar, 2004؛ Vayysi, 2021: 108). معمولاً سیستم قنات در مناطقی یافت می‌شود که متوسط بارندگی آن بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است (Abudanh & Twaissi, 2010: 68). قنات‌ها ازجمله مهم‌ترین سازه‌های تأمین آب برای ساکنین این منطقه از ایران به‌حساب می‌آمده است. با توجه به اهمیت آب در زندگی امروز بشر و همچنین تمرکز جامعه

جهانی بر مفاهیمی همچون توسعهٔ پایدار، چه‌بسا توجه و شناخت روش‌های کنترل و مدیریت آب در گذشته به‌ویژه در مناطق شرقی ایران، بتواند در راستای کمک به زندگی بهتر مردمان در آیندهٔ نزدیک راهگشا باشد.

موقعیت جغرافیایی خوسف

شهرستان خوسف با مساحتی در حدود ۱۳۱۴۴ کیلومترمربع، در جنوب‌غرب استان خراسان جنوبی و در حاشیهٔ شرقی کویر لوت، قرار گرفته است. این منطقه در اقلیمی گرم و خشک و کم‌بارش واقع‌شده و بخش زیادی از مساحت آن را مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی شامل می‌شود. این شهرستان از نظر طبیعی شامل سه بخش است: دشت‌های پای‌کوهی (دهستان خوسف)، کوهپایه‌های حاشیهٔ شرقی (دهستان‌های براکوه و بخشی از جلگه ماژان) و صحراهای خشک بیابانی در نیمهٔ جنوبی و جنوب‌غربی (دهستان قلعه‌زری). این منطقه بین ۱۱۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد (Statistical Yearbook of South Khorasan Province, 2011: 7). عمدهٔ بخش‌های منطقه، نسبتاً خشک و بایر است و منابع آب پایدار همچون رودخانه دائمی در آن جریان ندارد، اما بخش‌های شرقی و تا حدودی شمالی آن به‌ویژه محدودهٔ دهستان براکوه، به دلیل قرارگیری در منطقه‌ای کوه‌پایه‌ای و کوهستانی، آب و هوای معدل‌تری نسبت به دیگر بخش‌های منطقه دارند (تصویر ٦). همین وضعیت باعث شده که بیشتر استقرارهای انسانی گذشته و حال این شهرستان نیز در همین بخش‌ها شکل گیرند (Sedighian & Nikzad, 2014: 4).



تصویر ٦: نقشهٔ موقعیت جغرافیایی شهرستان خوسف در جنوب‌غربی استان خراسان جنوبی (مأخذ: نگارندگان)

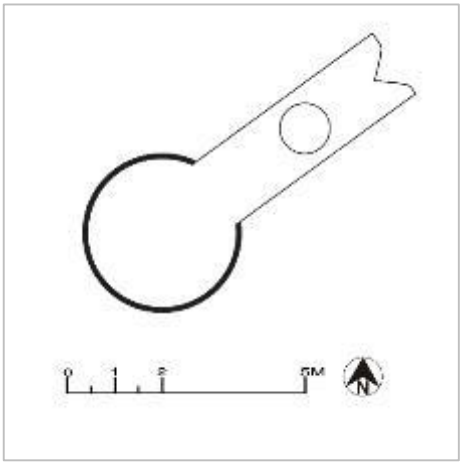
سازه‌های آبی سنتی مطالعه‌شدهٔ خوسف

در بررسی باستان‌شناسی صورت گرفتهٔ شهرستان خوسف، تعداد ۸۵ بندسار و ۵۲ آب‌انبار شناسایی گردید که این تعداد بعد از تحلیل‌های GIS و جایابی سازه‌های مشابه احتمالی دیگر در روی نقشه، به ۹۰ بندسار و ۵۹ آب‌انبار افزایش یافت. این ۵۹ آب‌انبار یا حوض‌انبار که برخی از آن‌ها دایر و برخی نیز متروکه هستند، عمدتاً در نیمهٔ شمالی و شرقی این منطقه پراکنده شده‌اند. علاوه بر این، بندسارها نیز که بسیاری از آن‌ها تخریب‌شده و غیرقابل استفاده بودند، تماماً در قسمت‌های شمالی دهستان قلعه‌زری و جنوبی دهستان خوسف پراکنده‌اند. توصیفات مختصری از این ابنیه در زیر ارائه شده است.

آب‌انبارهای خوسف: آب‌انبار ازجمله سازه‌هایی است که در نقاط گرم و خشک و کم‌آب کشور از دو طریق آب باران و یا آب قنات به‌منظور ذخیره‌سازی آب، مورد استفاده قرارگرفته است (Jahan Tigh, 2018: 763). خوسف یکی از

نقاطی است که تعداد قابل‌توجهی آب‌انبار را در خود جای‌داده که آب تمامی آن‌ها از طریق روان‌آب‌های ناشی از بارندگی تأمین می‌شود. ساکنین خوسف تلاش کرده‌اند تا با هدایت آب باران از طریق کانال‌ها به این آب‌انبارها، از این سازه به‌عنوان مخزن آب در جهت تأمین آب شرب ساکنین و حتی دام استفاده کنند. نظر به فراوانی زیاد این سازه‌ها در منطقه و پراکندگی گستردهٔ آن‌ها، چند فرم معماری گوناگون از این آثار شناسایی شد که در زیر بدان پرداخته می‌شود.

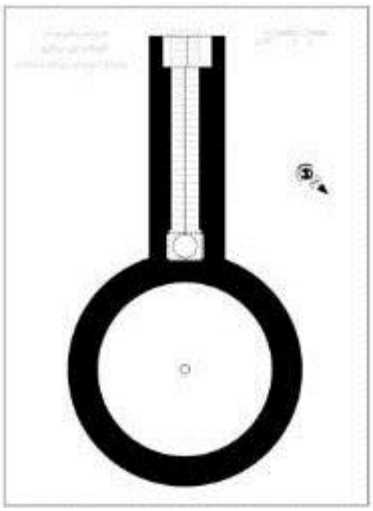
۱. سازه‌های گنبدی لاشه‌سنگی با یک ورودی پلکانی: به توجه به شواهد موجود، بیشترین فراوانی آب‌انبارهای شناسایی‌شده در منطقه را سازه‌های گنبدی لاشه‌سنگی تشکیل می‌دهند که شامل ۳۹ بنا می‌شوند. این ابنیه نه‌تنها در داخل روستاها یا مجاورت آن‌ها مشاهده می‌شود، بلکه در برخی مسیرهای ارتباطی بین دو یا چند روستا نیز ساخته شده‌اند، مانند آب‌انبارهای بین‌راهی مسیر روستای بصیران تا شهر خوسف. در این سازه‌ها می‌توان با عبور از یک درگاه ورودی و چند پله دسترسی مستقیم به آب مخزن داشت (تصاویر ۸-۷). مصالح اصلی ساخت این ابنیه شامل لاشه-سنگ و ملات سیم‌گل و اندود گل‌آهک برای پوشش داخلی مخزن و پلکان است. ارتفاع گنبدخانهٔ مخزن نسبت به زمین-های اطراف در این ابنیه به‌طور متوسط حدود ۲۶۱، قطر خارجی گنبد ۴۶۶ و طول کلی بنا ۹۳۸ سانتی‌متر است. این سازه‌ها همچنین یک یا به‌ندرت دو مجرای ورود آب باران دارند که در ادبیات شفاهی محل با نام «سوق» شناخته می-شود. در حال حاضر همچنان بسیاری از این ابنیه توسط ساکنین روستاها یا برخی مسافران محلی استفاده می‌شوند. همین استفادهٔ مستمر ساکنان باعث شده در چند دههٔ اخیر یک درگاه ورودی جدید آجری به مخزن برخی از این ابنیه اضافه شود که با عبور از چند پله منتهی به پاشیر می‌شود. این امر باعث می‌شود جلوی تماس مستقیم ساکنان محل و حتی حیوانات گرفته شود و آب سالم‌تری در مخزن باقی بماند. در حال حاضر هیچ‌گونه شواهدی در دست نیست که بتوان تاریخ دقیقی برای ساخت این ابنیه در نظر گرفت. تنها می‌توان بیان داشت که این ابنیه از گذشته‌ای نامشخص تا حال حاضر مورد استفادهٔ دائمی ساکنین منطقه بوده است.



تصویر ۷: پلان دستی آب‌انبار گنبدی ساده (مأخذ: نگارندگان)

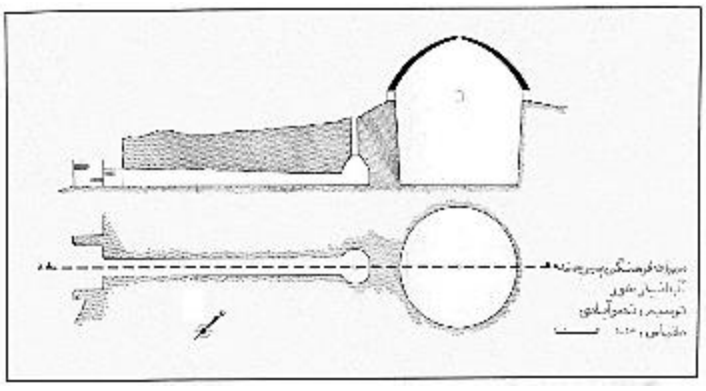
تصویر ۸: دو نمونه از آب‌انبارهای گنبدی لاشه‌سنگی خوسف (مأخذ: نگارندگان)

۲. سازه‌های گنبدی آجری با یک ورودی پلکانی پاشیردار: گروه دیگری از آب‌انبارهای شناسایی‌شده در منطقه را بنا-های گنبددار آجری تشکیل می‌دهند. بیشتر این ابنیه در شهر خوسف یا روستاهای معتبری همچون خور، فِدِشک و بصیران شناسایی‌شده و اکثراً بناهای داخل شهر یا روستا محسوب می‌شوند. در حال حاضر ۱۳ بنای آب‌انبار گنبدی آجری در سطح شهرستان شناسایی‌شده که بیشترین فراوانی آن‌ها مربوط به شهر خوسف است. این ابنیه از یک درگاه ورودی پلکانی، پاشیر، مخزن و گنبدخانه تشکیل شده‌اند (تصاویر ۱۰-۹). مصالح اصلی ساخت این ابنیه، آجر در دیوارهای اصلی و گنبد، لاشه‌سنگ در پایه‌ها، ملات گل-آهک یا سیم‌گل، اندود گل‌آهک در داخل مخزن و اندود گل-آهک یا کاه‌گل در بدنهٔ خارجی مخزن برخی ابنیه است. ارتفاع گنبدخانهٔ مخزن نسبت به زمین‌های اطراف در این ابنیه به‌طور متوسط حدود ۴۵۶، قطر خارجی گنبد ۷۲۷ و طول کلی بنا ۱۷۲۷ سانتی‌متر است. این اعداد به‌طور میانگین ۷۱% بالاتر از ابعاد بناهای گنبددار لاشه‌سنگی است. در میان بناهای این گروه، یک سازهٔ ویژه نیز قرار دارد که به دو روش معماری سازه‌ای و دست‌کند ساخته شده است. این بنا آب‌انبار بزرگ خور بوده که در حال حاضر در قبرستان تاریخی و بزرگ روستا واقع است. سازهٔ اصلی گنبدی بنا به ارتفاع ۴۰۰ و قطر ۱۳۵۰ سانتی‌متر است، اما درگاه ورودی به آن کاملاً متفاوت با نمونه‌های دیگر است. در نمونه‌های دیگر درگاه ورودی از یک‌رشته پلکان تشکیل‌شده که در پائین منتهی به پاشیر می-شود، اما در این سازه ورود به بنا از قسمت دره مانند یک رودخانهٔ فصلی امکان‌پذیر است که با ایجاد یک تونل دست‌کند به طول تقریبی ۳۰ متر منتهی به قسمت پاشیر مخزن بنا شده است (تصویر ۱۱). این شیوهٔ ساخت ترکیبی دست‌کند و سازه‌ای در آب‌انبار، تاکنون در هیچ‌یک از بناهای منطقه شناسایی نشده که از این لحاظ بسیار حائز اهمیت است. در ارتباط با تاریخ ساخت آب‌انبارهای این گروه اطلاع دقیقی در دست نیست، اما با توجه به پروندهٔ ثبتی برخی از آن‌ها مانند آب‌انبار بزرگ خور یا بنای سیوجان، احتمالاً برخی از آن‌ها در دورهٔ صفویه یا بعد از آن ساخته شده‌اند.



تصویر ۹: نمونه‌ای از پلان آب‌انبارهای گنبدی آجری خوسف (مأخذ: نگارندگان)

تصویر ۱۰: نمونه‌هایی از آب‌انبارهای گنبدی آجری خوسف (مأخذ: نگارندگان)



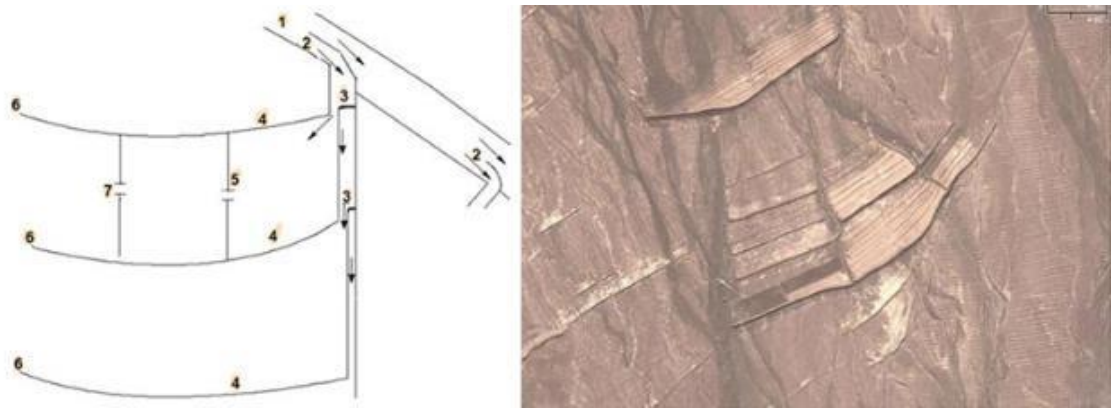
تصویر ۱۱: تصویر و پلانی از آب‌انبار بزرگ خور (مأخذ: نگارندگان)

۳. سازه‌های با مخزن مستطیل‌شکل و سقف ناودانی: گروه آخر آب‌انبارهای شناسایی‌شدهٔ شهرستان خوسف را بناهایی با مخزن مستطیل‌شکل و یک درگاه ورودی تشکیل می‌دهند. در این شهرستان تنها ۷ عدد از این ابنیه شناسایی‌شده که برای ساخت آن‌ها از مصالحی همچون آجر یا لاشه‌سنگ استفاده شده است. این ابنیه فاقد پاشیر بوده و تنها بعد از درگاه ورودی چند رشته پلکان وجود دارد که منتهی به مخزن می‌شود. بر همین اساس، تنها تفاوت این ابنیه با نمونه‌های گروه اول، داشتن مخزن مستطیل‌شکل با طول متوسط ۳۶۴ و ارتفاع ۱۷۵ سانتی‌متر است (تصویر ۱۲). این ابنیه هم در داخل یا مجاورت مناطق روستایی و هم در مناطق بین‌راهی شناسایی شده‌اند. در ارتباط با تاریخ ساخت آن‌ها اطلاع چندانی در دست نیست، اما این احتمال وجود دارد که به نسبت دو گروه قبل، تاریخ ساخت متأخرتری داشته باشند. در همین ارتباط باید بیان شود که در یکی از بناهای شناسایی‌شدهٔ این گروه که آب‌انبار روبیات نام دارد، یک سنگ‌نوشته در ورودی آن قرار دارد که تاریخ ۱۲۴۴ق روی آن نقش بسته است. بر همین اساس حداقل می‌توان بیان کرد که ساخت این ابنیه از دورهٔ قاجاریه به بعد وجود داشته است.

تصویر ۱۲: نمونه‌هایی از آب‌انبارهای با مخزن مستطیل‌شکل خوسف (مأخذ: نگارندگان)

بندسارهای خوسف: بندسار (آب‌بند خاکی)، سازه‌ای برای مهار و استحصال سیلاب‌ها و روان‌آب‌ها است. این سازه عموماً در مناطق کویری و خشک همچون دو استان خراسان رضوی و جنوبی، ساخته شده است. بندسار زنجیره‌ای از خاکریزهای کوتاه است که پشت سرهم و در امتداد خطوط تراز زمین، به نحوی ساخته می‌شود که روان‌آب‌های حاصل از بارندگی را درون خود مهار کند. بعد از جمع شدن آب در فضای داخلی بندسار، اجازه می‌دهند تا آب فروکش کرده تا فضای داخلی آن برای کشاورزی آماده گردد. سپس محصولاتی همچون هندوانه و خربزه کشت می‌شود

(Sharifinia & Mozafary, 2015: 2؛ Arab Khedri & et. al. 2002: 1). این سازه نه‌تنها محیط مناسبی را برای کشاورزی فراهم می‌کند، بلکه می‌تواند از طریق انباشت آبرفت، خاک حاصلخیزی را نیز ایجاد نماید. درواقع، خاک شسته شده از کوهستان‌ها، بستر رشد گیاه و عناصر غذایی موردنیاز آن‌ها را فراهم و از طرف دیگر، آب حاصل از سیلاب، ذخیره رطوبتی قابل‌استفاده گیاهان را تأمین می‌کند (Arabkhedri & Partovi, 1997: 35-36). البته نباید از نظر دور داشت که ایجاد، تعمیر بدنه، لایروبی و آماده کردن بندسارها در طی سال بر عهدهٔ ساکنین روستاها و به‌صورت دسته‌جمعی در طی ماه‌های خاصی از سال انجام می‌گرفت. خود این فرایند نیز منجر به ایجاد نوعی مشارکت جمعی و احساس مسئولیت متقابل بین ساکنین می‌شد. از سویی، سلسله‌مراتب طبقاتی نیز در دریافت آب برای بندسارها بسیار مهم بود، به‌گونه‌ای که بندسارهایی که در ارتفاعات بالاتر و نزدیک‌تر به آبراهه‌ها قرار داشتند، زودتر آب‌گیری شده و چنانچه آبی به‌صورت مازاد وجود داشت، به بندسارهای پایین‌دست روان می‌شد (Arabkhedri & Kamali, 2017: 41-43). مهم‌ترین مزایای بندسار را می‌توان در کاهش هدر رفت جریانات فصلی به داخل کویرها، اصلاح خاک از طریق رسوب‌گذاری، تغذیه آبخوان‌ها و افزایش آبدهی قنوات، کاهش فرسایش بادی و تولید محصولات کشاورزی دانست (Ibid, 14) (تصویر ۱۳).



تصویر ۱۳: عکس و طرح شماتیک یکی از بندسارهای خراسان جنوبی (Ali Abadi & Tabatabaei, 2019: fig 1 & 10)

بر اساس اشاره‌هایی منابع تاریخی، استفاده از بندسار در خراسان پدیده‌ای کهن به‌حساب می‌آید که از گذشته‌های دور به آن اشاره شده است. حمدالله مستوفی در *نزهه-القلوب*، ضمن اشاره به آبادی‌های دو منطقهٔ قهستان و خراسان، دربارهٔ تون فردوس چنین می‌گوید: «اول حصاری به‌غایت بزرگ نهاده و خندق عمیق بی‌آب دارد و بازار در گرد حصار درآورده و شهر و خانه‌ها در گرد بازار و باغات و توتستان‌ها در گرد خانه‌ها و غله‌زار در گرد باغات و در گرد غله‌زارها بندها بسته که آب باران می‌گیرند و آب بدان غله می‌برند و در آن بندها خربزه بی‌آب زراعت می‌کنند که به‌غایت شیرین می‌باشند [...]» (Mustawfi, 1983: 144). همین اشاره نشان می‌دهد که ساخت بندسار در استان خراسان جنوبی حداقل از قرون میانی اسلامی به بعد، کاملاً شناخته شده بود.

بر اساس بررسی باستان‌شناسی صورت‌گرفته در محدودهٔ شهرستان خوسف، گویا استفاده از بندسار در این منطقه نیز پیشینه‌ای چند صد ساله دارد، زیرا طبق گفته‌های اهالی محل، این روش زراعت در منطقه نسل به نسل و از اجدادشان به ارث رسیده است. علاوه بر این، وجود برخی شواهد معماری بسیار کهن در کنار برخی بندسارها همچون خانه‌های بندساری، نیز دلالت بر این امر دارد. در ارتباط با بندسارهای منطقهٔ خوسف باید به این نکته اشاره شود که

این سازه صرفاً منحصر به یک خاک‌ریز یا آب‌بند نبوده است، بلکه در قسمت بالای خاکریز یا جای نسبتاً مرتفعی در کنار آن، یک سازهٔ معماری خشتی گنبدی‌شکل تک‌اتاقه نیز ایجاد شده است. این سازهٔ چهارضلعی در منطقه معروف به «خانهٔ بندساری» قرار دارد که محل استراحت و نگهبانی مالک بندسار بوده است (تصویر ۱۴).

تصویر ۱۴: نمونه‌های از بندسارهای خوسف و خانهٔ بندساری بر فراز خاکریز یکی از آن‌ها (مأخذ: نگارندگان)

تحلیل

تحلیل جایگاه آب‌انبارها و بندسارها و چگونگی پراکنش آن‌ها در سطح شهرستان خوسف، ازجمله اهداف پژوهش حاضر بود. در این راستا تلاش شد تا علاوه بر توجه به ویژگی‌های ظاهری و موقعیت فضایی آن‌ها، با استفاده از تحلیل‌های GIS و همچنین روش رگرسیون خطی که مبنای آن وزن‌دهی و مقایسهٔ متغیرهای مختلف است، پراکنش این سازه‌های آبی مورد تحلیل قرار گیرد. با توجه به شواهد موجود، ۳۹ آب‌انبار از نوع گنبدی لاشه‌سنگی (گروه الف) در بررسی میدانی، موردشناسایی قرار گرفت که ۱۳ عدد از آن‌ها در جهت شمال‌شرقی-جنوب‌غربی، ۸ بنا در جهت شمال‌غربی-جنوب‌شرقی، ۹ بنا شمالی-جنوبی و ۹ بنای دیگر شرقی-غربی ساخته شده‌اند. بر همین اساس، می‌توان چنین بیان کرد که این ابنیه بر اساس رون یا جهت کلی بناهای سنتی منطقه ساخته نشده‌اند[1]، بلکه در راستای جهت کلی شیب زمین‌های منطقه و مسیل جریان آب حاصل از بارندگی ساخته شده‌اند. توجه به شرایط محیطی در ارتباط با آب‌انبارهای گروه ب (۱۳ عدد) و ج (۷ عدد) نیز رعایت شده است، چراکه در ساخت این آب‌انبارها نیز از رون یا جهت خاصی پیروی نشده و صرفاً بر اساس متغیرهای محیطی ایجاد شده‌اند. همین وضعیت در ارتباط با جهت قرارگیری بندسارها نیز به‌وضوح ملاحظه می‌شود، به‌نحوی‌که تمامی آن‌ها صرفاً بر اساس شرایط محیطی شکل گرفته‌اند.

علاوه بر این، در پژوهش حاضر تلاش شد تا جایگاه سازه‌های آبی منطقه با استفاده از تحلیل‌های GIS مورد تحلیل قرار گیرد. در این راستا، ضرایب هرکدام از متغیرهای مستقل (چهار لایهٔ اطلاعاتی محیطی ایجادشده در مراحل پیشین)، به‌عنوان وزن و اهمیت نسبی آن‌ها برای شناسایی عوامل محیطی مؤثر در استقرار سازه‌های آبی با روش رگرسیون چندمتغیره تعیین شد. مقادیر جدول ۱ نشان‌دهندهٔ این فواصل هستند.

۱. جهت آگاهی بیشتر در زمینهٔ رون یا جهت کلی بناهای سنتی و تاریخی شهرستان خوسف، ر.ک: (Sedighian & et. al. 2020).

جدول ۱: اهمیت نسبی لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای روش رگرسیونی (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

لایه اطلاعاتی	آب‌انبار	بندسار
فاصله از آبراهه‌ها	./۱۶	./۱۵
شیب	./۰۶	./۰۵
مدل رقومی ارتفاعی	./۰۸	./۱۰
جهت شیب	./۰۷	./۰۶

بر اساس آنالیزهای انجام‌شده، فاصله از آبراهه‌ها (فارغ از نوع سازهٔ آبی)، بیشترین اهمیت و اولویت مستقیم را در توزیع سازه‌های آبی داشته است، به‌طوری‌که بیشترین وزن را در مکان‌یابی سازه‌های آبی به خود اختصاص داده‌اند. درواقع، ساکنین منطقه تلاش کرده‌اند تا در طول زمان، مسیرهای آب‌های روان ناشی از بارندگی را شناسایی و اکثریت سازه‌های آبی را در مسیر و یا نزدیک به این آبراهه‌ها بسازند. نزدیکی به این آبراهه‌ها، این امکان را میسر می‌ساخت تا سازه‌های آبی حتی در صورت کمبود بارندگی بتوانند میزانی از آب را دریافت کنند. همچنین، نزدیکی به آن‌ها سبب می‌شد تا انرژی و هزینهٔ کمتری برای انتقال آب از آبراهه‌ها به این سازه‌ها، مصرف گردد. به همین دلیل است که متغیر ارتفاع، بعد از فاصله تا آبراهه، از بیشترین وزن و اولویت برای بندسارها برخوردار است. درواقع، نقاط مرتفع امکان دسترسی راحت‌تر به آب را برای بندسارها فراهم کرده و نیز از هدر رفتن آب تا حدودی جلوگیری به عمل می‌آورد، چراکه در نقاط پست‌تر با توجه به گرمی هوا و همچنین آفتاب سوزان، امکان بیشتری برای تبخیر آب وجود دارد. به همین دلیل، بندسارها در نقاط مرتفع‌تر نسبت به آب‌انبارها قرار دارند تا دسترسی بهتری به آب را داشته باشند. همچنین، با توجه به کاربری بندسارها، قرارگیری آن‌ها در نقاط مرتفع‌تر کاملاً منطقی به‌نظر می‌رسد، اما آب‌انبارها به دلیل اینکه نیاز روزمرهٔ ساکنین و حتی کاروانیان به آب قابل شرب را تأمین می‌کردند، در نقاط کم ارتفاع‌تر و نزدیک‌تر به سطح دشت ساخته شده‌اند. هرچند این امکان وجود داشت با توجه به میزان بارندگی و جریان سطحی آب، برخی از این آب‌انبارها نیز در فصولی از سال با کمبود آب مواجه شوند، اما تا حدودی بخشی از این معضل به‌واسطهٔ وجود رشته قنات‌های متعدد در بخش‌هایی از شهرستان، برطرف می‌شد. درواقع، به نظر می‌رسد اولویت در انتخاب محل آب‌انبارها، دسترسی راحت و سریع ساکنین روستاها و همچنین عابران مسیرهای عبوری و حتی دام‌ها به آن‌ها باشد. شیب و جهت شیب نیز در اولویت بعدی برای جایابی سازه‌های آبی قرار دارد. با توجه به این‌که نیاز همهٔ این سازه‌های آبی از طریق آبِ حاصل از بارندگی و جریانات سطحی تأمین می‌شده، درنتیجه شیب و جهت شیب، از اهمیت بالایی برخوردار بوده است و چه‌بسا نزدیکی ارقام شیب و جهت شیب برای آب‌انبار و بندسار، ناشی از همین مورد مهم باشد. همان‌طور که مشخص است، هرچند ماهیت ارتفاع برای آب‌انبار در قیاس با بندسار از اهمیت کمتری برخوردار بوده، اما مسلماً شیب و جهت شیب، موقعیت مناسبی را برای آب‌انبارها جهت دریافت جریانات سطحی آب فراهم کرده بود.

نتیجه‌گیری

ساکنین شهرستان خوسف به دلیل قرار گرفتن در اقلیم گرم و خشک، با معضل کمبود آب و خشکسالی مواجه بوده‌اند. بر این اساس، همواره تلاش داشته‌اند با انجام اقداماتی، بخشی از این کمبودها را برطرف نمایند. در این راستا، ساکنین این منطقه با مهندسی خاص و ایجاد سازه‌هایی در راستای مدیریت و کنترل آب، توانستند لااقل بخشی از

نیازشان به آب را رفع نمایند. چگونگی کنترل و مدیریت آب-های سطحی ناشی از باران و چگونگی مهندسی و پراکنش کانال‌ها و سازه‌های آبی، ازجمله پرسش‌ها و اهداف مهم پژوهش حاضر بود که در این راستا تلاش شد با استفاده از بررسی‌های باستان‌شناسی و همچنین تحلیل‌های GIS، بخشی از روند مدیریت آب موردبررسی و تحلیل قرار گیرد. زمین‌سیمای منطقهٔ خوسف، ساکنین آن را واداشت تا با ایجاد سازه‌های آبی و کانال‌هایی، آب‌های سطحی را کنترل و مدیریت کنند. روند چگونگی مدیریت آب باعث ایجاد و تداوم پاره‌ای از رفتارهای اجتماعی همچون مشارکت دسته-جمعی و همچنین تثبیت‌کنندهٔ نوع خاصی از سلسله‌مراتب اجتماعی در بین ساکنین بود. از سویی، ایجاد و تداوم ساخت چنین سازه‌هایی، به‌مرور زمان باعث تغییر در زمین-سیمای منطقهٔ خوسف شد، به‌طوری‌که می‌توان به تعدد فراوان آبراهه‌ها، بندسارها و آب‌انبارها، اشاره کرد. مجموع این موارد، زمین‌سیمای منطقه را به لحاظ میزان انباشت آبرفت‌های ناشی از آب‌های سطحی، نوع خاک، کاهش فرسایش بادی و همچنین افزایش آب سفره‌های زیرزمینی، تغییر داده است.

تحلیل‌های GIS و نتیجهٔ رگرسیون خطی، حاکی از اقدامات آگاهانهٔ ساکنین در ایجاد و پراکنش این سازه‌هاست. البته به نظر می‌رسد که این آگاهی به‌مرور زمان و با آزمون و خطا و طی سالیان دراز به‌دست‌آمده باشد. نتایج حاصل از تحلیل‌های GIS، حاکی از آن است که بیشترین اولویت در ایجاد و پراکنش این سازه‌ها، نزدیکی به آبراهه‌ها و ارتفاع مناسب برای دسترسی به آب‌های سطحی است. در گام بعدی با توجه به شیب و جهت شیب، سعی نمودند تا سرعت جریان آب-های سطحی برای ورود به بندسارها و آب‌انبارها را کنترل و مدیریت کنند. بر این اساس، به نظر می‌رسد سازه‌های آبی در نقاطی قرارگرفته بودند که بیشترین امکان استفاده از آب-های سطحی را برایشان فراهم می‌کرد. هرچند که با توجه به کمبود بارش و خشکسالی و احتمالاً وجود نوعی سلسله-مراتب اجتماعی در آبگیری بندسارها، این امکان وجود داشت که برخی از این سازه‌های آبی که در ارتفاعات پایین‌تری قرار داشتند، از دریافت آب کافی بی‌بهره بمانند، اما نمی-توان این شرایط را دلیلی بر عدم جایابی مناسب برای این سازه‌ها قلمداد کرد. آنالیز مجموع متغیرهای در نظر گرفته‌شده اعم از ارتفاع، شیب، جهت شیب و همچنین فاصله از آبراهه‌ها، حاکی از ایجاد و پراکنش این سازه‌های آبی با نقشه و همراه با مهندسی است. درمجموع می‌توان به این نکته اذعان داشت که با وجود محیط خشک و خشن این منطقه، ساکنین آن از گذشته تاکنون توانسته‌اند با انجام تمهیداتی، میزانی از این شرایط سخت را تلطیف نموده و محیط را برای ادامهٔ حیات خود محیا سازند.

Reference

Abudanh, F. and S. Twaissi (2010), Innovation or Technology Immigration? The Qanat Systems in the Regions of Udhruh and Ma'an in Southern Jordan, Bulletin of the American Schools of Oriental Research, No. 360, pp. 67-87 . DOI:10.2307/41104419.

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, DOI:10.3390/su12229760.

Akbari,M, Dastorani,M. T., abbasi. A., Aghcheshmeh.F.R., 2021, Assessment of Effects of Bandsars Use on Soil Properties in Desert Areas (Case Study: Southern Sabzevar Region, Khorasan Razavi, Desert Management Journal, 9(19), 87-102. (in Persian with English abstract), 10.22034/jdmal.2021.535788.1345.

Ali abadi,A., Tabatabayi., J., 2019, Bandsar: Indigenous knowledge of flood use, Scientific Association of Rain Catchment Surface Systems of Iran.**(In**

https://jgk.imamreza.ac.ir/article_137843_df40185f17eb67a51d9847ec0e1dc123.pdf

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.

Jahan Tigh.M., Jahan tigh.M., 2018, Effective factors in determining the places prone to the construction of reservoirs in order to provide drinking water for livestock: a case study of West Sistan, *The 7th National Conference on Rain Catchment Surface Systems*, Tehran Soil Conservation and Watershed Research Institute, 758-765, (in Persian), https://elmnet.ir/doc/21149867-51002.

Jahan Tigh.M., 2019, Reservoir is a way to collect runoff in dry areas,Tehran, agricultural education, (in Persian), https://agrilib.areeo.ac.ir/book_7251.pdf.

Mahmoudian., M., 1971., History of Irrigation in Iran", History: Journal of Isfahan Faculty of Literature, 1(6), 158-200,(In Persian), https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/31812/.

Murphy, P. (2000) "Environmental archaeology: an overview", ***in Crowson, A, Laner, T and Reeve, J (eds), Fenland Management Project Excavations 1991–1995***. Lincolnshire Archaeol Heritage Rep 3. Heckington: Heritage Lincolnshire, 10–14

Mustawfi ., H.,1983, Nuzhat al-Qulub, Translate by: Mirhashem, Mohaddes, Tehran, Donyae Ketab Publication,(In Persian).

Reitz, E., & Shackley, M. (2012). ***Environmental archaeology***, Springer Science & Business Media. https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-3339-2.

Persian), http://ircsa.ir/files/site1/files/.pdf

Annani., B, Mohammadian., F, Sharif, Khadijeh, 2015, Ferdows historical reservoirs with inscriptions in South Khorasan,5(16),13-25,(In Persian), 20.1001.1.22516131.1393.4.16.2.6.

Arabkhedri.,M, Partoi., A, Kamali., K., GHaffari, A, Sar reshte, A., 2002, A research project on the impact of sedimentation on the permeability efficiency of traditional flood distribution networks(Bansar), Research Institute of Soil Protection and Watershed Management, (In Press),(In Persian).

Arabkhedri,M.,Hakimkhani., Sh., 2003, Investigating the relationship between two ancient technologies of desertification: Bandsar and Qanat, Geographical Research Journal, 18(2), 41-69, (in Persian). http://ensani.ir/file/download/article/20101124102404-pdf.

Arabkhedri.,M, Kamali., K.,2017, Bandsar: traditional method of soil and water conservation for flood farming, (InPersian), https://agrilib.areeo.ac.ir/book_3827.pdf, Amuzesh Publication.

Arabkhedri.,M, Kamali., K.,Abbasi,A., Design and construction of Bandsar., university of Ferdowsi, Mashhad, (in Persian), https://civilica.com/doc/1164407/.

Arabkhedri, M. & Partovi. A. (1997). "Band-Sar; A Practice in Optimum Using of Water and Soil Resources in an Arid Region", ***Proc. of the 8th Intern. Conf. on Rainwater Catchment Systems***, pp.34-40, DOI: 10.4236/jwarp.2010.22020.

Brunner, U. (1997). "The history of irrigation in Wadi Marhah", ***Proceedings of the Seminar for Arabian Studies***, 27: 75–85.

Ezzati, E., Khezri., M, 2010, The place of Great Khorasan in water geopolitics., Quarterly Bulletin of Greater Khorasan, 2(2), 83-96, (In Persian),

Taghavi. A., Nikgoftar.A.,2013, Analysis of the architectural structure of the exposed water reservoir from the archaeological excavations of the historical city of Belqis Esfrain in North Khorasan,4(12),9-19. . (in Persian), 20.1001.1.22516131.1392.3.12.1.0.

Tajbakhsh,M, Bagian.B, Mirzayi,A.,2019, Bandsars as a suitable method for flood farming, *The 8th National Conference on Rain Catchment Surface Systems*, university of Ferdowsi, Mashhad,1-7. (in Persian) RWCS08_010.

Turney, C., Canti, M., Branch, N., & Clark, P. (2014). ***Environmental archaeology: Theoretical and practical approaches***, Routledge , https://www.routledge.com/Environmental-Archaeology-Theoretical-and-Practical-Approaches/Turney-Canti-Branch-Clark/p/book/.

UNESCO, W. (2015, February). Policy document for the integration of a sustainable development perspective into the processes of the World Heritage Convention. In *Paris: General Assembly of States Parties to the World Heritage Convention at Its 20th Session*. file:///C:/Users/user/Downloads/news-1387-1.pdf.

Vayysi, H, 2021, Water crisis in the central plateau and the need to pay attention to the capital of indigenous knowledge of the aqueduct in Iran., Journal of Geography, 18(67), 104-116,(In Persian with English Abstract), 20.1001.1.27172996.1399.18.4.8.9.

Safinejad., J., 1974, Boneh(Collective agricultural production systems before and after agrarian reforms), Tehran, Tous Publication, (in Persian).

Salehi., K., Ferestadeh., R, 2012, reservoirs Quhistan, Quarterly Bulletin of Greater Khorasan, 3(8),51-63, (in Persian with English abstract), 20.1001.1.22516131.1391.2.8.4.8.

Sedighian, H., Nikzad., M, 2014, Report on the investigation and identification of historical monuments of Khosf city, Archives of the General Department of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism of South Khorasan Province, (In Persian),(In Press).

Sedighian, H, Nikzad., M.,Oshnuyi, A., Ghasemi., E.,2020.,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 Journal of Archaeological Studies,4(14), 125-146, (in Persian with English abstract), 20.1001.1.26455048.1399.4.14.10.9.

Semsar, A.,2004., Compilation of experiences of aqueduct experts, Yazd: Yazd Regional Water Authority, (in Persian).

Seyf, Ahmad. (2006). "On the importance of irrigation in Iranian agriculture", ***Middle Eastern Studies***, Vol 42 (No. 4), 659-673, https://doi.org/10.1080/00263200600642399.

Sharifinia., M.,Mozafary,Z., 2015, Physical characterize extraction and performance explanation of Bandsar for soil and water management in desert area based on remotely sensing technique, Arid region Geographic Studies, 5(16),1-14, (in Persian with English abstract), https://jargs.hsu.ac.ir/article_161357_528280d4f96f1d9f83e4ba3a06f66f89.pdf

Statistical Yearbook of South Khorasan Province. (2011). Tehran: Publications of Iran Statistics Center(in Persian),