



Identification and introduction of the underground water transfer system (Qanat) from the Shapur River to Genaveh Port in the Northern Bushehr Province

Omid, Azadijoo

Bushehr Regional Water Company, Bushehr, Iran

Corresponding Author email: o.azadijoo@gmail.com

© The Author(s) 2025

Received: 16 Nov 2024

Accepted: 29 Jan 2025

Published: 05 Feb 2025

Extended Abstract

Introduction

The qanat system is a significant engineering marvel for water transportation and management, particularly in arid regions. Historically, it facilitated the transfer of water from distant sources to agricultural lands and settlements. In ancient times, the construction of qanats was crucial for sustaining life in dry areas, especially in Iran, where most large qanats were developed in desert regions. However, little is known about the qanat construction methods and water transfer systems in coastal areas, particularly in Bushehr Province. This study aims to fill this knowledge gap by analyzing linear features through satellite imagery, aerial photographs, and field surveys to identify and introduce the Boukeh-Tol Borj qanat, which stretches approximately 63 kilometers. This qanat is believed to have transported water from the Shapur River near Ab Pakhsh to the northern and eastern regions of Bandar Genaveh. The average distance between well shafts is about 60-65 meters, and the direction of the qanat runs from southeast to northwest. The existence of such a large and costly qanat indicates advanced engineering capabilities and the importance of water supply for distant settlements and extensive agricultural activities in the Persian Gulf region.

Materials and Method

The study area encompasses the ancient water transfer system, the Boukeh-Tol Borj qanat, located in the coastal plains of Busahehr Province. The qanat extends from southeast to northwest, originating near the Shapur River in Dastan County. Satellite imagery from Google Earth was utilized to conduct a geological and hydrological analysis over an area of approximately 1521 square kilometers. The identification of human-made linear structures was achieved by analyzing the classic qanat architecture and comparing it with satellite imagery. Field surveys were conducted to validate the identified structures using GPS, and hydrogeological maps were generated based on hydrological and geological data to assess the position of rivers, groundwater conditions, and the quality of water sources.

Results and Discussion

The results of the study indicate that the Boukeh-Tol Borj qanat is an extensive and ancient water management system. The geomorphological features of the region, characterized by sedimentary deposits and a relatively flat terrain, facilitated the construction of this qanat. Groundwater quality varied

significantly along the qanat's route, with high salinity levels observed in central areas, indicating that the water source must have been of high quality, likely derived from the Shapur River. The identification of well shafts, evidenced by distinct vegetation patterns and soil moisture retention, supports the existence of this qanat. The structure of the qanat, featuring a unique four-well system, distinguishes it from other qanats in Iran, suggesting advanced construction techniques adapted to the local environmental conditions.

Conclusion

The Boukeh-Tol Borj qanat represents a significant achievement in ancient water engineering, showcasing the ability of past civilizations to manage water resources effectively in challenging environments. The study highlights the importance of this qanat in facilitating agricultural activities and sustaining settlements in the region. The findings contribute to a better understanding of ancient water management systems in Iran, particularly in coastal areas where such structures have been less documented. Future archaeological excavations and studies may further uncover the complexities of this qanat and its role in the historical context of the Persian Gulf region. The identification of this qanat not only emphasizes the ingenuity of ancient engineering practices but also underscores the necessity of preserving such heritage for future generations.

Keywords: Qanat, River, Satellite images, Genaveh port, Bushehr province



Identification and introduction of the underground water transfer system (Qanat) from the Shapur River to Genaveh Port in the Northern Bushehr Province

Omid, Azadijoo

Bushehr Regional Water Company, Bushehr, Iran

Corresponding Author email: o.azadijoo@gmail.com

© The Author(s) 2025

Received: 16 Nov 2024

Accepted: 29 Jan 2025

Published: 05 Feb 2025

Abstract

The qanat is one of the most significant ancient water transfer systems. In the past, qanats were used to transport water over long distances. While large qanats have been extensively excavated and documented in Iran's desert areas, little research has focused on qanats in coastal regions. Consequently, limited information is available regarding the excavation methods and water transfer mechanisms of qanats in these areas. For this purpose, the study was conducted through an analysis of linear features in satellite images, aerial photographs, and field surveys. The results of this research led to the identification and introduction of the Boukeh-Tolborj qanat, with a detectable length of about 63 kilometers, which could be considered one of the important qanats in the Persian Gulf coast and Bushehr Province. This qanat transported water from the Shapur River in Abpakhsh (Dashtestan) to the northern and eastern areas of Genaveh Port. The average spacing between well shafts is approximately 60-65 meters, and the qanat follows a southeast-to-northwest direction. The existence of this extensive and costly qanat underscores the importance of long-distance water transportation for sustaining large settlements and supporting agricultural activities along the Persian Gulf coast.

Keywords: Qanat, River, Satellite images, Genaveh port, Bushehr province



شناسایی و معرفی سامانه انتقال زیرزمینی آب (قنات) از رودخانه شاپور به بندرگناوه در شمال استان بوشهر

امید آزادی‌جو

شرکت سهامی آب منطقه ای بوشهر، بوشهر، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: o.azadijoo@gmail.com

© The Author(s) 2025

چاپ: ۱۴۰۳/۱۱/۱۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶

چکیده

قنات یکی از سازه‌های مهم برای احداث سامانه‌های انتقال آب است. در دنیای باستان، انتقال آب به مناطق دوردست توسط قنات انجام می‌شد. عمده قنات‌های بزرگ در مناطق کویری ایران حفر و معرفی شده‌اند و برای نواحی ساحل دریا قنات‌های بزرگ معرفی نشده است؛ بنابراین از شناخت روش‌های حفر قنات و انتقال آب در این ناحیه، اطلاعات چندانی در دست نیست. برای این هدف، مطالعه از طریق تجزیه و تحلیل عوارض خطی بر روی تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و بازدید میدانی انجام گردید. نتایج این پژوهش منجر به شناسایی و معرفی قنات بوکّه- تُل بُرج با طول قابل تشخیص در حدود ۶۳ کیلومتر گردید، که می‌تواند یکی از قنات‌های مهم در ساحل خلیج فارس، استان بوشهر و حتی ایران محسوب شود. این قنات آب رودخانه شاپور را از شهر آبپخش در دشتستان به نواحی شمالی و شرق بندرگناوه منتقل می‌نموده است. فاصله بین چاه‌ها بطور متوسط حدود ۶۵-۶۰ متر است و جهت آن از جنوب شرق به سمت شمال غرب است. وجود این رشته قنات بزرگ و پرهزینه، نشان از توان مهندسی، اراده بالا و اهمیت آبرسانی و انتقال آب به فاصله دوردست جهت تامین آب سکونتگاهی مهم بوده است، همچنین فعالیت‌های وسیع کشاورزی را در ساحل خلیج فارس نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: قنات، رودخانه، تصاویر ماهواره‌ای، بندرگناوه، استان بوشهر

۱- مقدمه

قنات فنی برای دستیابی به آب و انتقال آن به اراضی مستعد کشاورزی و ایجاد سکونتگاه می‌باشد و پایدارترین شیوه در تناسب با شرایط جغرافیایی گسترده مناطق خشک ایران محسوب می‌شود (Tabatabaei & Khozaymehnezhad, 2022). همچنین قنات یک سیستم مدیریت تامین آب قابل اطمینان برای آبیاری سکونتگاه‌های انسانی در آب و هوای گرم، خشک و نیمه‌خشک است که امکان زندگی را در مناطق بیابانی فراهم می‌کند (Boustani, 2008). بر اساس اطلاعات موجود، پراکندگی مکانی اکثر رشته قنات‌های استان بوشهر در مرکز و جنوب آن واقع شده‌اند. تعداد رشته قنات در دشت‌های شمالی استان بوشهر یعنی حوزه شهرستان بندرگناوه و دیلم بسیار کم بوده و به ندرت می‌توان رشته قنات‌های معمول را مشاهده نمود. یکی از دلایل تعداد کم رشته قنات در این ناحیه محدودیت ذخایر آب سطحی و زیرزمینی است. در بخش امام حسن شهرستان دیلم یک رشته قنات [متروکه] به نام امام حسن بین روستای بوالفتح و قنات به طول ۱۱۷۰ متر و قدمت ۸۰ سال وجود دارد که تا سده قبل دارای آب بوده است (ParsPiyab, 2007). آثار تک میله چاه‌های پر شده قنات مذکور هنوز به خوبی باقی است. این نوع ساختار متداول قنات را می‌توان به صورت انگشت شمار (تعداد سه رشته قنات) در نواحی شمالی و جنوب شهرستان بندرگناوه نیز مشاهده نمود. اما مهمترین رشته قنات شناسایی شده، رشته قنات جزیره با طول حدود ۴۲۳۵ کیلومتر است. موقعیت مظهر آن در مجاور روستای جزیره جنوبی از بخش ریگ واقع در شهرستان بندرگناوه و با فاصله حدود ۳۰۰ متری خط ساحلی خلیج فارس قرار دارد و از بزرگترین رشته قنات‌های استان بوشهر به شمار می‌رود که با انتقال آب به ساحل دریا، وجود بندرگاه تجاری- نظامی مهمی را در بخش شمالی خلیج فارس به اثبات می‌رساند (Azadijoo, 2023). قنات‌های منشعب از رودخانه بر خلاف قنات‌های ساده، آب را از کوهستان نمی‌گیرند، بلکه آب رودخانه‌ها را به زمین‌های زراعی منتقل می‌کنند و نمونه‌های بسیاری از آنها دیده شده است. یعقوبی در البلدان [قرن سوم هـ.ق] «به قناتی اشاره می‌کند که از رودخانه‌های منشعب از دجله و فرات آب را به داخل شهر بغداد منتقل می‌کرده‌اند» (Haeri, 2016). اقتداری در خصوص انتقال آب به سواحل دریای پارس می‌نویسد: «... با توجه به آبی که از رودخانه زهره از دشت زیدون، بوسیله تونلی که آثارش هم اکنون باقی است و از شرق امامزاده حیدر کرار به جلگه دیلم و گناوه آبرسانی می‌کرده‌اند، کشت کتان و بافتن پارچه‌های کتانی میسر بوده است» (Eghtedari, 1969). از طرفی نواحی شمالی استان بوشهر در ساحل و فراساحل دارای سکونتگاه‌های باستانی و تاریخی متعددی است که قدمت آنها را می‌توان به هزاره‌های ششم و پنجم قبل از میلاد تا قرون چهارم، پنجم و ششم هـ.ق منتسب دانست (Zarei, 2022). این مناطق جزء قلمرو حکومت ایلامیان بوده و در دوره‌های بعدی به ویژه سلسله ساسانیان سکونت گسترده‌ای داشته‌اند و از حیث مکانی دارای اهمیت بوده است. طبیعتاً این مراکز جمعیتی تاریخی و باستانی بدون وجود آب شیرین به میزان کافی، قادر به سکونت، زندگی و امرار و معاش و بخصوص فعالیت‌های کشاورزی و تجاری نبوده‌اند. جغرافی‌نویسان قدیم پارچه کتانی این نواحی را لطیف و مشهور شمرده‌اند (Eghtedari, 1969). بنابراین نیاکان ما با داشتن دانش زمین‌شناسی و توان مهندسی، تلاش کردند تا بدون توجه به محدودیت‌های محیطی و به هر طریق ممکن منابع آب مناسب را شناسایی، مهار و به مناطق هدف خود برای مصارف شرب، کشاورزی و دامداری منتقل نمایند. عوامل زیادی وجود رشته قنات‌ها را در ایران تهدید می‌کند، که از آن جمله می‌توان به تغییرات آب و هوایی، بیابان‌زایی، مصرف بیش از حد منابع آب شیرین، رشد جمعیت و توسعه شهرها، فن‌آوری‌ها و آلودگی‌ها اشاره نمود (Esmaeili et al., 2022). یکی از دلایل مهم برای انجام این مطالعه، نبود رشته قنات در نواحی شمال استان بوشهر و خلاء اطلاعاتی در این زمینه بود که چگونه مردمان قرون گذشته و دوران باستان، سکونتگاه‌های خود را تامین آب می‌نموده‌اند؟ چرا با وجود سکونتگاه‌های مهم و متعدد، بر خلاف دیگر نقاط استان و کشور نام و نشانی از سازه تامین آب یعنی قنات نیست؟ کشاورزی گسترده در محیطی کم آب چگونه ممکن بوده است؟ این ابهامات و سئوالات پر شمار دیگر، باعث شد تا در این مطالعه بررسی دقیق‌تری در زمینه وجود قنات در نواحی ساحلی خلیج فارس انجام شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

سامانه انتقال آب باستانی (رشته قنات) بوکه-تل‌برج در دو دشت ساحلی محدوده‌های مطالعاتی برازجان و بندرگناوه قرار دارد و از جنوب شرق به سمت شمال غرب در یک راستای تقریباً مستقیم امتداد دارد. محل تقریبی مادر چاه و آبگیری رشته قنات در نزدیکی شهر امروزی آپبخش در شهرستان دشتستان و رودخانه شاپور قرار دارد. این قنات تقریباً به موازات خط ساحل خلیج فارس آب را با گذر از دو رودخانه بزرگ چهارروستایی و دره‌گپ به نواحی شمال بندرگناوه و دامنه شرقی کوه بَنگ در نزدیکی روستای بوکه و احتمالاً به ناحیه باستانی تل‌برج منتقل می‌کرده است. شکل (۱)، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (الف) و مسیر رشته قنات (ب) را نشان می‌دهد.

شکل ۱- A: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه در کشور ایران؛ B: موقعیت مسیر، امتداد و جهت رشته قنات بوکه - تل‌برج و شهرها در ساحل شمالی خلیج فارس

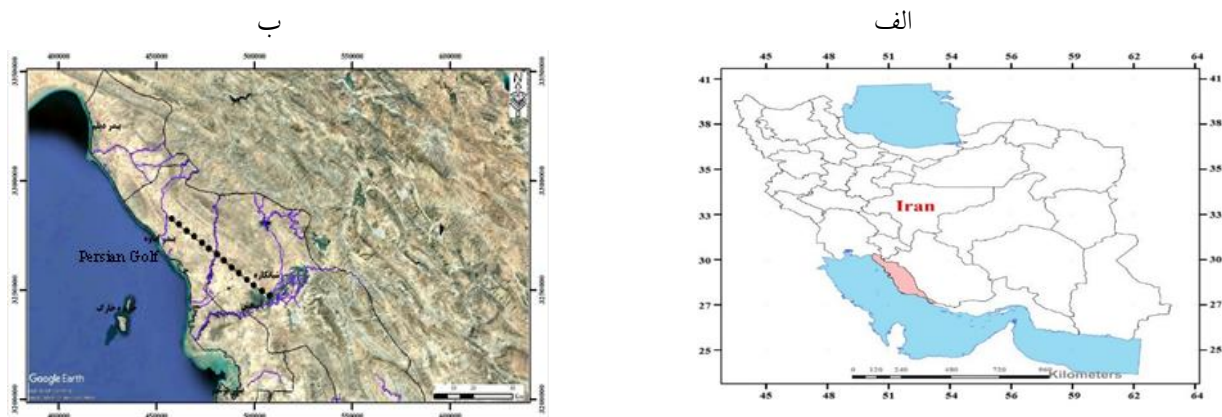


Fig 1. A: Geographical location of the study area in Iran; B: Route, extent, and direction of the "Boukeh-Tol Borj" Qanat system, along with cities on the northern coast of the Persian Gulf

۲-۲- روش کار

تصاویر ماهواره‌ای قابل دسترس، ابزار ساده و البته مهمی در شناسایی عوارض سطحی زمین در طول زمان‌های مختلف به شمار می‌روند. این تصاویر پوشش یکپارچه‌ای از سطح زمین را دارا هستند و کاربر قادر است برای زمان‌های مختلف و در یک بازه نسبتاً طولانی به مطالعه آثار سطحی و تغییرات سطح زمین بپردازد. برای انجام این پژوهش، بررسی‌های زمین‌شناسی و آب‌شناسی بر پایه مطالعات صحرایی، تفسیر عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس و ماهواره‌ای صورت پذیرفته است. بطوریکه در ابتدا ناحیه‌ای به وسعت ۱۵۲۱ کیلومترمربع توسط تصاویر ماهواره‌ای (Google Earth) مورد بررسی قرار گرفت، سپس ساختارهای خطی انسان‌ساز (رشته قنات) شناسایی و تمام طول مسیر آن از طریق تصاویر ماهواره‌ای پیمایش شد. شناسایی ساختارهای خطی بر اساس شناخت ساختمان کلاسیک قنات و در مقایسه با آن صورت گرفت و توالی میله چاه‌ها با تکراری هدفمند در یک راستای مشخص، از شواهد و دلایل اصلی به حساب می‌آمد. اشکال موجود و قابل تشخیص بر روی تصاویر ماهواره‌ای با کمک GPS در صحرا شناسایی و تطبیق داده شد و از زاویه زمین ریخت‌شناسی و تفاوت‌های ناشی از فرسایش طبیعی و دخالت انسان، میله چاه‌های باقیمانده قنات در صحرا مطالعه گردید. اشکال شناسایی شده، ساخته دست انسان تشخیص داده شد. این اشکال که صرفاً شامل دهانه میله چاه‌ها و اثر باقی مانده آنهاست، دارای هندسه منحصر به فردی بوده که در اثر فرسایش طبیعی و گاه انسانی تا حد زیادی از بین رفته‌اند. فواصل حفر میله چاه‌ها و تکرار آن در صحرا پیمایش گردید و تطبیق‌های لازم صورت گرفت. در نهایت نقشه‌های هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی بر پایه آمار و اطلاعات آب‌شناسی و زمین‌شناسی در مسیر قنات رسم گردید تا از طریق آن موقعیت رودخانه‌ها، شرایط آبخوان از حیث عمق سطح آب، جهت جریان آب زیرزمینی، کیفیت آب، موقعیت

سازندهای زمین شناسی و ارتباط آنها با هم مورد ارزیابی و تحلیل و تفسیر قرار گیرد و بتوان تخمینی از موقعیت مادرچاه، عمق میله‌های قنات و کوره آن و همچنین درکی از پتانسیل ذخایر آبی قابل بهره‌برداری برای قنات در زمان احداث فراهم گردد. وجود منبع آب مهم یعنی رودخانه شاپور در نواحی جنوبی و همچنین وجود سکونتگاه باستانی مهم در مناطق شمالی همگی شواهد محکمی برای اثبات وجود انتقال آب به وسیله قنات بود که در تشخیص، محاسبات و تحلیل‌ها مدنظر قرار گرفته است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ژئومورفولوژی ناحیه

دشت شبانکاره و گناوه در دامنه جنوب غربی کوه گلخاری قرار دارد. سنگ‌شناسی ارتفاعات که شامل تشکیلات زمین‌شناسی آغاچاری و بختیاری است، عمدتاً دارای سیلت، مارن و کنگلومرا است؛ و فرسایش نواحی مرتفع‌تر، عمدتاً رسوبات ریزدانه سیلت و رسی را در پهنه دشت ته‌نشین و انباشته نموده است. نزدیک به ارتفاعات رسوبات نسبتاً دانه درشت‌تر و با فاصله از ارتفاعات تا ساحل، عمده رسوبات ماسه‌ای، سیلتی و رسی است. در این دشت و در مسیر رشته قنات مورد مطالعه، دو رودخانه بزرگ چهارروستایی و دره‌گپ که هر دو آب شور دارند و مجموعاً ۸ آبراهه مهم بزرگ و کوچک عمود بر آن قرار دارد که سرمنشاء آنها ارتفاعات مشرف به دشت بوده و در نهایت به نواحی ساحلی و دریا ختم می‌شوند. توپوگرافی دشت نسبتاً هموار و یکنواخت بوده و جزء نواحی پست ساحلی به شمار می‌رود. ارتفاع سطح توپوگرافی و تراز آن نسبت به دریا در نواحی مادرچاه قنات حدود ۲۵ متر بوده و با شیب ملایم تا نواحی مظهر قنات تغییر زیادی در کاهش سطح ارتفاع زمین مشاهده نمی‌شود. وجود شن‌های روان، فرسایش‌پذیری رسوبات و همچنین سیلابی بودن مسیر قنات از ویژگی‌های بارز منطقه به شمار می‌رود.

۳-۲- آب زمین‌شناسی

عمده سازندهای منطقه رخنمون طبقات آغاچاری و بختیاری است که در تاق‌دیس گلخاری رخنمون دارند. دشت حدفاصل کوه مذکور و ساحل خلیج فارس، عمدتاً از رسوبات ریزدانه تشکیل شده است. منابع آب زیرزمینی در نواحی بویری و شبانکاره نزدیک به دامنه ارتفاعات از پتانسیل کمی و کیفی خوبی برخوردار بوده است، ولی در مناطق میانی و ساحلی پهنه دشت، آب زیرزمینی از پتانسیل کمی و کیفی مناسبی برخوردار نیست. جهت طبیعی جریان آب زیرزمینی از ارتفاعات شرقی به سمت غرب و دریاست و با فاصله از ارتفاعات شیب هیدرولیکی نیز کاهش می‌یابد. بهره‌برداری بی‌رویه این شرایط طبیعی را برهم زده است. تراز آب زیرزمینی از ۲۰ تا ۲۵ متر متغیر است (شکل ۲-الف). عمق آب زیرزمینی در مسیر ۶۳ کیلومتری قنات در دامنه ۹-۴ متر قرار دارد و بر خلاف دامنه ارتفاعات که شوری آب بسیار پایین است، در طول مسیر قنات و نواحی مرکزی دشت، شوری آب عمدتاً مقادیر بالایی را نشان می‌دهد. بطوریکه در شکل (۲-ب) و جدول (۱) قابل مشاهده است، دامنه شوری دشت از ۲۰۰۰۰ تا $65000 \mu\text{mhos/cm}$ متغیر است (به طور متوسط حدود $30000 \mu\text{mhos/cm}$) و به همین علت در نواحی مرکزی دشت (پایین دست جاده آبپخش به بندرگناوه) چاه کشاورزی وجود ندارد و یا به ندرت دیده می‌شود.

این موضوع بیانگر آن است که امکان آبیگری در طول مسیر رشته قنات وجود نداشته و می‌بایست آبیگری از یک منبع آب با کیفیت و دارای حجم قابل قبول صورت گرفته باشد. با توجه به موقعیت رشته قنات، مناسب‌ترین منبع آبی از لحاظ کمیت و کیفیت رودخانه شاپور است که احتمال می‌رود محل مادر چاه در ساحل راست آن انتخاب شده باشد و میله چاه‌های قابل شناسایی در نواحی نزدیک به موقعیت مادرچاه، حاکی از ارتباط بین قنات و رودخانه است. وجود آثار متعدد قنات، نشان می‌دهد این رودخانه نیز همانند دیگر رودخانه‌های مهم ایران در گذشته منبع آب مهمی برای انشعابات رشته قنات و آبیگری بوده است. امروزه رودخانه شاپور در محل ایستگاه هیدرومتری شهر سعدآباد دارای آبدهی در محدوده $2/2$ تا $6/5 \text{ m}^3$ بوده و کیفیت آب در دامنه ۴۰۰۰ تا $5000 \mu\text{mhos/cm}$ قرار دارد که طبیعتاً در گذشته با رژیم متفاوت بارش، دبی پایه چشمه‌ها، نبود چاه و سازه‌های

متعدد سد، از کیفیت و کمیت مطلوب‌تری برخوردار بوده است. انتقال آب از طریق رشته قنات با عمق نسبتاً کم (بالای سطح ایستابی) و بطور متوسط در حدود ۷ متر تا ناحیه تل‌برج در شرق بندرگناوه ادامه داشته است و از این طریق آب مناسب کشاورزی و حتی شرب به آن منطقه مسکونی باستانی منتقل می‌شده است. جدول (۱)، ویژگی‌های کمی و کیفی آب در ناحیه مادر چاه (رودخانه شاپور) و آبخوان (در مسیر رشته قنات) را نشان می‌دهد.

شکل ۲- الف: نقشه زمین‌شناسی، خطوط تراز سطح ایستابی، جهت جریان آب زیرزمینی و موقعیت رشته قنات؛ ب: محدوده مسیر رشته قنات، آب‌های سطحی و خطوط هم‌هدایت الکتریکی و موقعیت رشته قنات

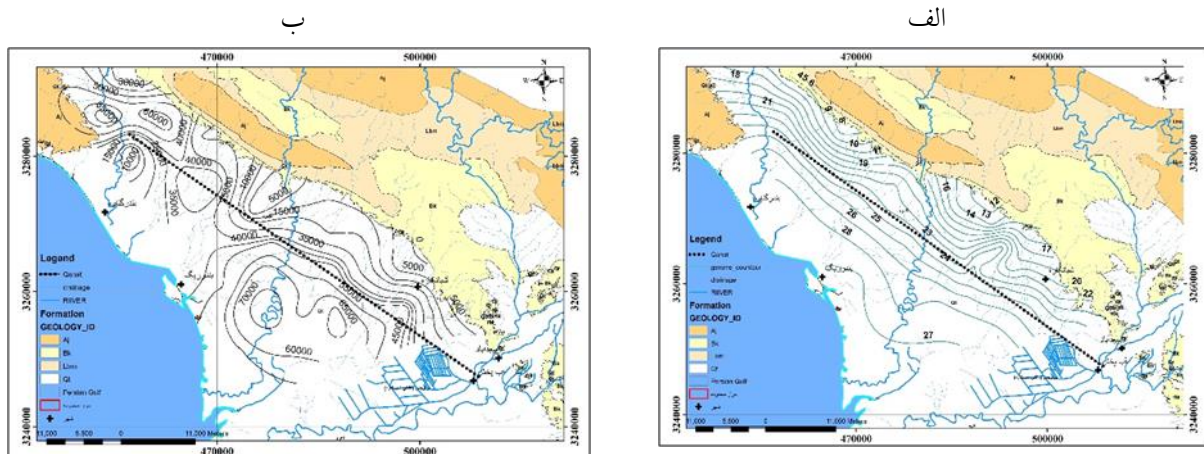


Fig 2. a. Geological map showing water table contour lines, groundwater flow direction, and the location of Qanat system; B: Route of the Qanat system, surface water distribution, electrical conductivity contour lines, and the Qanat system

جدول ۱- ویژگی‌های کمی و کیفی آب در ناحیه مادر چاه و آبخوان (Bushehr Regional Water Company, 2021)

Table 1. Quantitative and qualitative characteristics of water in the main well area and aquifer

آبدهی و شوری رودخانه شاپور (ایستگاه سعدآباد)		هدایت		
فصل ۲	فصل ۱	دما	عمق متوسط	کلیاتی
خشک	بارش	درجه سانتیگراد	سطح	کلیاتی
m ³ s	m ³ s	°C	m	μmhos/cm
۶/۵	۲/۲	۴۰۰۰-۵۰۰۰	۷	۳۰۰۰۰

۳-۳- ویژگی‌های قنات و شواهد تشخیص از روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای

برای تشخیص دقیق‌تر ساختمان قنات و آثار میله‌چاه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای Google Earth در پهنه‌ای وسیع و همچنین عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس در مناطق محدودی به کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل تصاویر در دو حالت با بزرگنمایی کم و زیاد انجام پذیرفت. در بزرگنمایی کم، حین بررسی و مطالعه قنات شناسایی شده جزیره، یک عارضه با شباهت بسیار زیاد که زاویه‌ای در حدود ۳۰ درجه با رشته قنات مذکور داشت، شناسایی و کشف گردید که امتداد آن از یک طرف به یکی از رودخانه‌های پر آب استان بوشهر (شاپور) و از طرف دیگر به یک منطقه باستانی مهم (تل‌برج) ختم می‌شد. بررسی مکانی و زمانی محدوده مورد مطالعه نشان داد که عارضه خطی شناسایی شده دارای حداقل آثار ساختمانی است. علی‌رغم از بین رفتن بخش‌هایی از آثار میله چاه‌ها، اما می‌توان دقیقاً امتدادی تا نواحی شرقی روستای بوکه (شمال بندرگناوه) پیوسته از روی تصاویر ماهواره‌ای به طول ۶۳ کیلومتر شناسایی و پیمایش نمود. این قنات ممکن است تا ناحیه باستانی شناخته شده تحت عنوان نام تل‌برج ادامه داشته و احتمالاً محل مظهر اصلی آن، آنجا قرار داشته که طول نهایی آن را با احتمال می‌توان تا ۶۷ کیلومتر تخمین زد. بخش زیادی از آثار

قنات بدلیل قرار گرفتن در دشت پست ساحلی و وجود فرسایش آبی و بادی از بین رفته و لذا در حال حاضر می‌تواند به عنوان یک قنات مدفون قابل تعریف باشد.

همانطور که در تصویر ماهواره‌ای شکل (۳) قابل مشاهده است، رشته قنات بوکه - تل‌برج با جهت جنوب شرق - شمال غرب امتداد داشته و در بخش‌هایی از مسیر طول رشته قنات، آثار سطحی مقطع میله چاه‌های آن نه به دلیل آثار ناشی از حفر میله چاه‌ها و وجود طوقه‌های گلی، بلکه به دلیل رویش مترکم گیاه به فاصله متوسط تقریباً هر ۶۰ تا ۶۵ متر در راستا و امتداد مشخصی به طول حداقل ۶۳۰۰۰ متر در بعضی نقاط به‌خوبی قابل تشخیص و ردیابی است. در بررسی تصاویر با بزرگنمایی بالا (بخش زوم شده شکل (۳) و تصاویر شکل (۴))، اختلاف رنگ متمایز یک عارضه خطی منقطع، از محیط پیرامون خود که ناشی از پوشش گیاهی و رطوبت‌گیری بیشتر محل اثر چاه‌ها بود، در کنار پایداری و تکرار آن، همچنین راستا و امتدادی معین، شاخص مهمی بود تا به عنوان رشته قنات مورد توجه و مطالعه قرارگیرد. بررسی‌های تکمیلی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که شکل‌گیری چنین پدیده‌ای غیر معمول، نه از روی تصادف و عوامل طبیعی، بلکه بطور قطع دلالت بر وجود یک ساختار رشته قناتی داشت که محاسبات انسانی در بوجود آوردن آن دخالت داشته و می‌بایست برای قطعیت بیشتر موضوع و نتیجه‌گیری نهایی، بازدید صحرایی انجام می‌شد.

شکل (۳) و شکل (۴)، به ترتیب بخشی از مسیر رشته قنات بوکه - تل‌برج را با جهت جنوب شرق به سمت شمال غرب در محل تقاطع با قنات‌جزیره از طریق تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و عکس هوایی بزرگ مقیاس نشان می‌دهد.

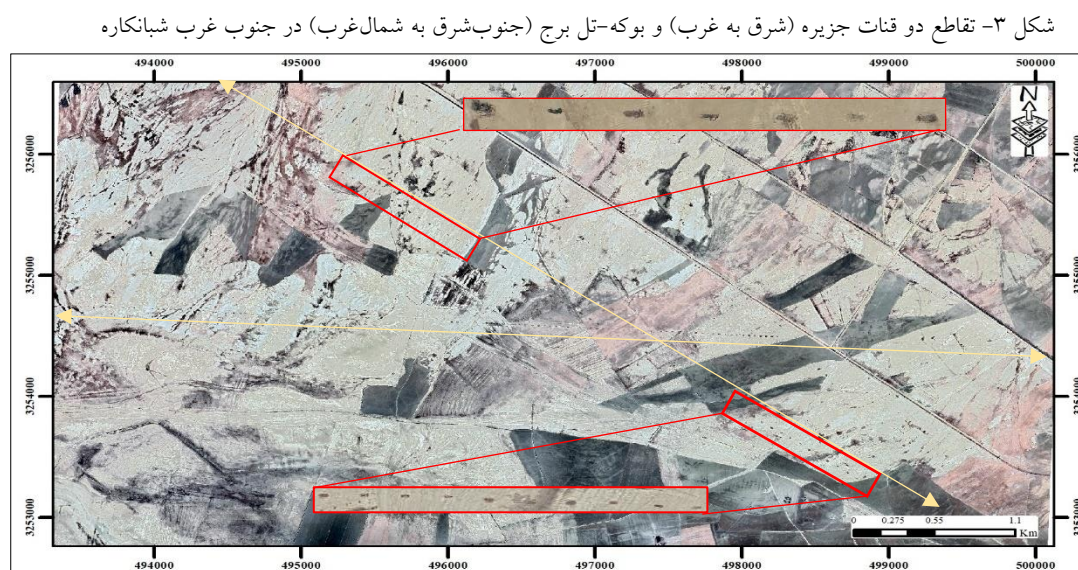


Fig 3. Intersection of two Qanat, "Jazireh" (oriented East to West) and "Boukeh-Tol Borj" (oriented Southeast to Northwest) in the southwest of Shabankareh.

شکل ۴- الف و ب. عکس هوایی با مقیاس ۱/۱۰۰۰، (۱۳۸۶)، ساختمان سطحی و رد میله چاه‌ها در دو ناحیه از مسیر رشته قنات (National Cartographic Center of Iran "NCC", 2007)

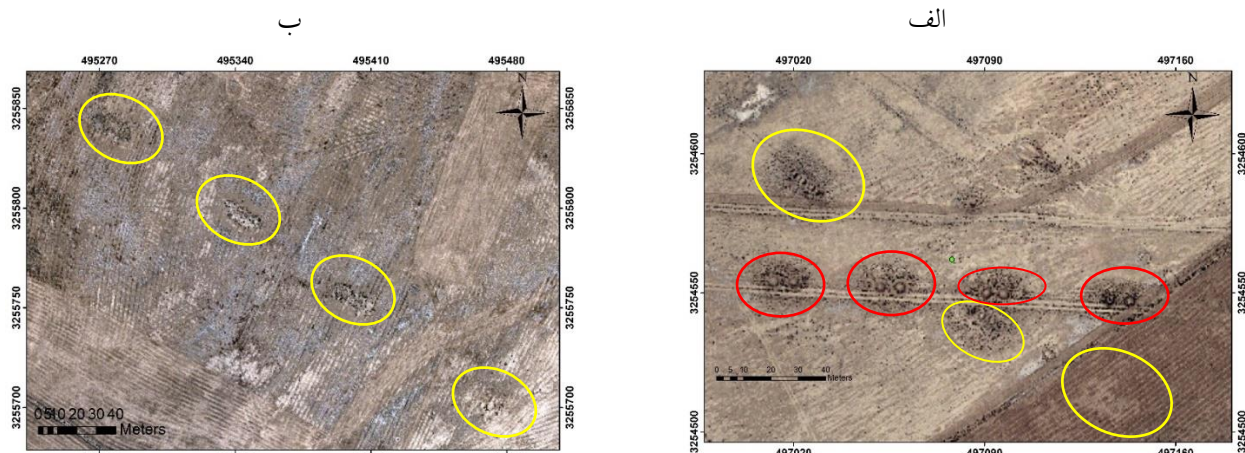


Fig 4. A, B: Aerial Photos (Scale:1/1000, 2007) showing the surface structure and the traces of the shaft wells in two areas of the Qanat route.

شکل (۵)، تصویر ماهواره‌ای از مقطع و برش قابل تشخیصی از مسیر یک کیلومتری رشته قنات مورد مطالعه را با امتداد جنوب شرق به شمال غرب نشان می‌دهد. موقعیت جغرافیایی سه نقطه از میله چاه‌ها به ترتیب در نقاط: A: X: 496141, Y: 3255236 و B: X: 495689, Y: 3255559، C: X: 495294, Y: 3255839 معرفی شده است. بزرگنمایی و مقیاس عوارض بر روی تصویر ارائه شده است.

شکل ۵- بخشی از مسیر و آثار باقیمانده از توالی میله چاه‌های رشته قنات بوکه-تل برج در جنوب و غرب شبانکاره

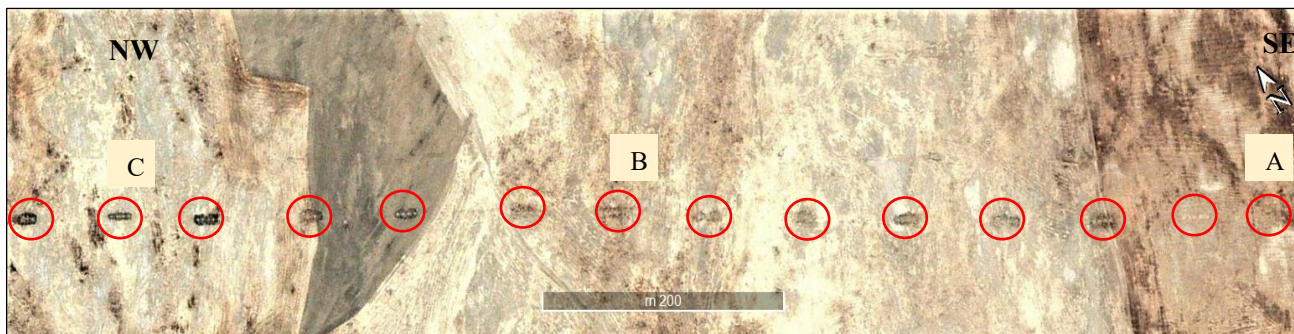


Fig 5. Section of the route and the remnants of the sequence of shaft wells of the "Boukeh-Tol Borj" Qanat system located in the south and west of Shabankareh (Google Earth, 2002).

۳-۴- شواهد صحرایی تشخیص آثار قنات

پس از آنکه تشخیص اولیه توسط عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای انجام شد، مطالعات زمینی و صحرایی آغاز گردید و موقعیت تصاویر ماهواره‌ای و انطباق آنها با اشکال صحرایی توسط GPS پیاده سازی شد. بررسی‌ها نشان داد بعضی از آثار کامل‌تر و تعدادی دیگر اثر فرسایش بر آنها نمود بیشتری داشت و لذا دو نوع شکل اثر باقیمانده قابل تشخیص بود؛ الف: وجود اشکال و مقاطع تقریباً یکپارچه مستطیل و بیضوی شکل با ابعاد متغیر و متوسط تقریباً ۲/۵ تا ۳ متر (عرض) در ۱۲ تا ۱۳ متر (طول) که فرسایش بیشتری را تجربه کرده بودند. ب: وجود اشکال چهار دایره متوالی با ابعاد تقریباً ۴ متر (عرض) در ۱۸ تا ۲۰ متر (طول) در اشکال سالم‌تر که فرسایش کمتری را در مقایسه با نوع اول تجربه کرده‌اند.

بافت رویش متراکم گیاهان علفی با فاصله منظم حدود هر ۶۰ تا ۶۵ متر در صحرا و با امتداد و راستایی مشخص و با پایداری و استقامت زیاد در مقابل فرسایش طبیعی و فعالیت‌های انسانی بخصوص شخم زدن هر ساله زمین‌های کشاورزی و حفظ موقعیت خود با قطع خطوط شیباری ناشی از شخم زدن زمین مشاهده گردید (شکل ۶). همچنین در مقاطعی از مسیر طول رشته قنات، زمین‌های شوره‌زار و سبخایی وجود دارد که وجود کرت‌های کوچک علفی این تفاوت و تمایز را از محیط پیرامونی خود به طرز کاملاً معناداری متفاوت می‌کند. این اشکال مستطیلی و گاه بیضوی، دارای چهار حلقه چاه متوالی هستند که متأثر از شرایط رویش متراکم گیاهان صحرایی، ناهمواری سطحی در محل میله چاه و تبخیر آب زیرزمینی در محل میله چاه‌ها شکل خود را حفظ کرده‌اند. بنابراین وجود این اشکال با قرار گرفتن در راستا و فواصل مشخص و تکرار در طول ده‌ها کیلومتر از ناحیه‌ای با پتانسیل آبی مناسب به منطقه‌ای با سابقه سکونت باستانی، نشانه‌های قطعی از وجود یک رشته قنات کهن و باستانی است. شکل (۶-الف، ب، ج، د) شواهد صحرایی و توضیحات پیش گفته شده را به خوبی نشان می‌دهد.

شکل ۶- تصاویر صحرایی از آثار میله چاه‌های رشته قنات بوکه - تل‌برج در ناحیه نزدیک به منطقه مادر چاه، جنوب شبانکاره در شهرستان دشتستان، دید به سمت شمال غرب



Fig 6. Field photographs of the remainings of the shaft wells of the "Boukeh-Tol Borj" Qanat system near the main well area, south of Shabankareh in Dashtestan County, looking towards the Northwest

۳-۵- وضعیت دهانه میله چاه

بطور متوسط دهانه میله چاه برای قنات‌های معمول که یا به صورت چهارگوش هستند و یا دایروی، در حدود یک متر و یا کمی کمتر از آن است. وقتی اثر میله چاه‌ها در این رشته قنات بررسی می‌شود، اندازه‌ها در دو طرف طول یک پشته خیلی بیشتر از اندازه‌های معمول بوده که دال بر ویژگی‌های منحصر به فردی است که در دیگر قنات‌های معمول وجود ندارد. یکی از دلایلی که می‌توان در این خصوص برشمرد، وجود فرسایش در گذر زمان است که برای ناحیه دشت ساحلی کاملاً طبیعی است. مقایسه تصاویر ماهواره‌ای در طول مسیر و همچنین در سال‌های متفاوت، وجود تفاوت را برای هر یک از آثار بر جای مانده میله‌ها تا حدود زیادی متفاوت نشان می‌دهد و این تفاوت را می‌تواند ناشی از تفاوت در موقعیت مکانی میله چاه‌ها و فرسایش در گذر زمان دانست. اما مسئله مهمتر را می‌توان به روش حفر میله چاه‌ها در زمین‌های با رسوبات دانه‌ریز و ماسه‌ای ساحلی نسبت داد.

بطوریکه به نظر می‌رسد از یک روش حفر منحصربه‌فرد یعنی به جای یک میله‌چاه از چهار میله‌چاه در طول هر پشته استفاده کرده باشند. به عبارتی در واقع قبل از فرسایش و از بین رفتن آثار دهانه چاه‌ها، چهار حلقه چاه مجزا به جای یک حلقه چاه حفر شده بود؛ به گونه‌ای که چهار حلقه چاه با قطر حدوداً یک متر و با فاصله حدوداً دو تا سه متر و یا بیشتر از هم (بسته به مقاومت رسوبات هر محل چاه) حفر می‌شده است و سپس فرسایش در گذر زمان بسیار طولانی یک اثر یکپارچه را برای آن شکل داده است. در واقع اندازه خود میله‌ها و فواصل بین آنها، طول فرسایش یافته اثر میله‌ها و بزرگی غیرمتعارف آنها را توجیه می‌نماید. این روش حفاری، ضمن اینکه می‌توانسته با هدف هوادهی بیشتر در هنگام حفر میله چاه‌ها و بخصوص کوره قنات در فواصل نسبتاً زیاد باشد، خروج گازهای سمی احتمالی را نیز سبب می‌شده است. بررسی آثار سطحی و اشکال باقیمانده از میله چاه‌ها در طول مسیر چند ده کیلومتری رشته قنات بوکه-تل برج نشان می‌دهد که این ساختار حفر گرچه تا حدودی شباهت‌هایی را با قنات جزیره داراست، اما تا حدودی تفاوت‌هایی را نیز در ساختمان سطحی داشته است و به لحاظ ظاهری حداقل دو حالت متفاوت را می‌توان شناسایی نمود: الف: شکل ظاهری و مقطع تقریباً مستطیلی با ابعاد بزرگ، ب: شکل ظاهری و مقطع دایره‌ای با سیستم حفر چهار حلقه چاه؛ که نیازمند حفاری و کاوش‌های زیرزمینی و همچنین مطالعات زیرزمینی ساختمان هر دو رشته قنات است و قطعاً هزینه‌های سنگین حفاری را به دنبال خواهد داشت. این مکان میله چاهی، گرچه در شکل‌شناسی با هم متفاوت هستند، اما در طول و عرض یعنی ابعاد هندسی شباهت‌های بسیار نزدیکی دارند و در پیمایش طول مسیر، این تغییر اشکال کاملاً مشهود است که یا با احتمال کمتر ناشی از اختلاف در نحوه سیستم حفاری چاه‌ها بوده و یا با احتمال بیشتر، اثرات فرسایش طبیعی چنین وضعیتی را شکل داده است. اشکال به ظاهر مستطیل مانند در محل میله چاه‌ها با فاصله هر ۶۵-۶۰ متر در نیمه جنوبی رشته قنات و نزدیکتر به مادرچاه قرار دارند و اشکال دایره‌ای با سیستم چهارحلقه چاه با همان فاصله در نیمه شمالی رشته قنات واقع‌اند که در هر دو این حالت‌ها به دلیل موقعیت توپوگرافی دشت و فرسایش‌پذیری بالای کوهستان مشرف به دشت در ناحیه شرقی آن و رسوبات سطحی در اندازه‌های ماسه و سیلتی به شدت دچار فرسایش، تغییر شکل و حتی نابودی شده‌اند و تنها در موارد معدودی شرایط اولیه تا حدودی سالم باقیمانده است. همانطور که بیان گردید ضمن اینکه ممکن است تفاوت‌های در نحوه حفر میله چاه‌ها در طول رشته قنات در هنگام حفر اولیه قنات و یا تعمیرات بعدی رخ داده باشد، تغییرات طبیعی فرسایش نیز می‌تواند تا حدی اشکال سطحی را دستخوش تغییر کرده باشد. علاوه بر این، به تعریف نگارنده، ایجاد حفر سیستم چهار حلقه چاه برای محل میله چاه‌های قنات در بازدید صحرایی کاملاً واضح و مشهود است که می‌توانسته برای پشته‌های طولانی و حفر کوره‌ای به طول ۶۵-۶۰ متر در فاصله بین میله‌ها، شرایط سخت هوادهی و همچنین غلبه بر گازهای احتمالی در مسیر حفر را ممکن سازد؛ چرا که زمین‌شناسی مسیر حفر نشان از وجود رسوبات ماسه‌ای-سیلتی، رسی و گاه شبه باتلاقی و شولاتی بوده که شرایط خاصی را برای مدیریت حفر میله چاه و کوره قنات در مسیر طولانی دشت ساحلی اجتناب‌ناپذیر می‌کرده است. شکل (۷-الف، ب، ج، د، ه و) تصویر ماهواره‌ای Google Earth تعدادی از محل میله چاه‌های رشته قنات مذکور با سیستم حفر چهار میله چاه را با حداکثر بزرگنمایی نشان می‌دهد. هر چند این تصاویر مربوط به دهه قبل بوده و در بزرگنمایی بالا، از قدرت وضوح نسبتاً کمی برخوردار هستند، اما به دلیل اینکه تنها اثر و شاهد باقیمانده از سازه آبی مذکور هستند، لذا می‌توانند بسیار با اهمیت باشند و شناخت ما را از وجود قنات و همچنین ویژگی‌های آن بیشتر نماید. بطوریکه در تصاویر مشخص است، میزان تغییرات و فرسایش معنای تفاوت در انعکاس چهار اثر میله چاه در هر یک از تصاویر و نقاط متفاوت است. شکل (۷-الف): موقعیت چهار حلقه چاه با فلش نشان داده شده است. اثر میله چاه‌ها به صورت دایره‌های روشن و یا به عبارتی سفید رنگ قابل تشخیص است. لکه تیره اطراف میله چاه‌ها نشان از پوشش گیاهی است. شکل (۷-ب): همانند تصویر الف، موقعیت میله چاه‌ها مشخص است و تفاوت تنها در تراکم بیشتر پوشش گیاهی اطراف اثر میله‌چاه‌ها است. شکل (۷-ج و د): تصاویر ثبت شده مربوط به فصل خشکسالی بوده و پوشش گیاهی بطور محسوس وجود ندارد. در شکل (د) به نظر می‌رسد تا حدی آثار تخریب شده طوقه گلی اطراف چاه‌ها قابل

تشخیص باشد. چهار شکل ذکر شده اثر پوشش گیاهی را نه در محل دهانه میله چاه، بلکه در اطراف آن نشان می‌دهد. شکل (۷-ه و) اثر پوشش گیاهی را دقیقاً در محل دهانه میله چاه‌ها نشان می‌دهد، بطوریکه آثار دهانه میله چاه‌ها به صورت اشکال دایروی تیره دیده می‌شوند. تفاوت‌های مکانی، فصول خشک و تر سال، فرسایش طبیعی، انسانی و میزان آثار باقیمانده، سبب شده تا انعکاس اثر چاه‌ها در طول مسیر قنات و در سال‌های مختلف، متفاوت باشد.

شکل ۷- تصاویر ماهواره‌ای Google Earth از تعدادی میله چاه قنات بوکه-تل برج با سیستم چهارمیله چاهی و

تفاوت در میزان و نحوه فرسایش طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۱

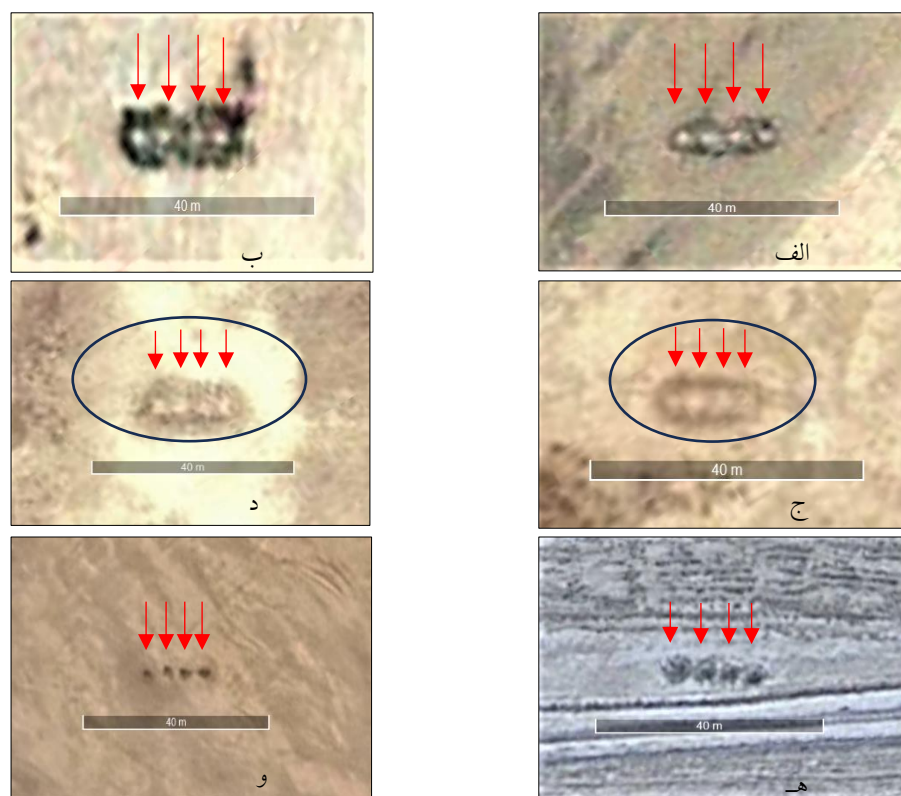


Fig 7. Satellite images (google earth) of several of Qanat shaft wells "Boukeh-Tol Borj" featuring a four-shaft well system, showing differences in the extent and pattern of erosion between 2002 and 2011

ارزیابی تصاویر هوایی و بازدیدهای زمینی نشان می‌دهد که یک رشته قنات بزرگ باستانی در ناحیه دشت ساحلی شمال استان بوشهر به صورت مدفون وجود دارد. ویژگی‌های ساختاری آن بسیار تحت فرسایش قرار گرفته و ساختمان داخلی آن نیز در گذر زمان مدفون شده است که برای کشف دانسته‌های بیشتر نیاز به کاوش‌های حفاری زیرزمینی است. به طوریکه در جدول (۲) گزارش شده، طول شناسایی شده و تخمین زده شده به ترتیب ۶۳ و ۶۷ هزار متر است و حداقل، تعداد حدود ۴۰۳۲ حلقه چاه در محل اثر مجموعه چهار میله چاهی حفر شده است. همانطور که قبلاً بیان شد طول هر پشته به طور متوسط بین ۶۰ تا ۶۵ متر بوده و برای احداث قنات مذکور، حداقل ۶۳ هزار متر حفاری افقی و تقریباً ۲۸ هزار متر حفاری عمودی انجام شده است که در مجموع طول حفاری افقی و عمودی آن حدوداً معادل ۹۱/۲ کیلومتر است؛ بنابراین از نظر طول و حجم خاک‌برداری در طبقه‌بندی و رده قنات‌های بزرگ ایران قرار می‌گیرد. شکل (۸)، رسم شماتیکی از مسیر خطی رشته قنات بوکه - تل برج را با فواصل میله چاه‌ها و طول پشته‌ها (بدون مقیاس) نشان می‌دهد.

جدول ۲- مشخصات ساختمانی (با تخمین) رشته قنات بوکه-تل برج

Table 2. Structural specifications (estimated) of the "Boukeh-Tol Borj" Qanat system

پارامتر	میزان/موقعیت	طول (متر)	میزان (متر)/موقعیت
تخمین	۶۷۰۰۰	طول شناسایی	۶۳۰۰۰
طول کل (متر)		شده (حفر افقی)	
تعداد اثر مجموعه	۱۰۰۸	طول حفر	۲۸۲۲۴
میلۀ چاه در طول هر پشته		عمودی (تخمین)	
تعداد کل حلقه چاه (تخمین)	۴۰۳۲	مجموع کل طول حفر (تخمین)	۹۱۲۲۴
فاصله میلۀ چاه (متر)	۶۰-۶۵	محل احتمالی مظهر	بوکه تا تل برج
محل احتمالی مادر چاه	رودخانه شاپور-حوالی آبخش	جهت رشته قنات	جنوب شرق- شمال غرب

شکل ۸- رسم شماتیک توالی سیستم چند میلۀ چاهی در طول مسیر رشته قنات بوکه-تل برج با تخمین تعداد ۴۰۳۲ حلقه چاه (بدون مقیاس)

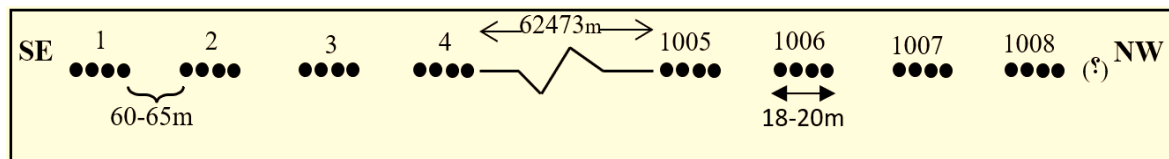


Fig 8. Schematic illustration of the sequence of the multiple shaft wells along the of the "Boukeh-Tol Borj" Qanat route, estimating 4032 wells (not to scale)

۳-۶- اهمیت انتقال آب و سکونتگاه باستانی

حفر چنین سازه بزرگی در رسوبات ریزشی و خطر ورود آب بسیار شور در طول مسیری در حدود ۶۳ کیلومتر نه تنها نشان از دانش بالای حفاری و فنون مهندسی در استحکام سازه برای مناطق ساحلی و سیلابی است، بلکه اهمیت سکونتگاه باستانی در محل مظهر قنات و لزوم آبرسانی به هر میزان هزینه و سختی به این منطقه را به اثبات می‌رساند. بنابراین محل مظهر قنات نه تنها وجود یک سکونتگاه را به اثبات می‌رساند، بلکه حکایت از یک محدوده مسکونی پرجمعیت و مهم دارد که فعالیت‌های کشاورزی گسترده‌ای در آن انجام می‌شده است. امروزه در نواحی مظهر قنات و اطراف آن روستاهای کوچکی قرار دارند که آثار باستانی در آن‌ها کشف و ضبط شده است. از این مناطق مهم باستانی روستای تل‌برج و همچنین بوکه است. همانطور که گفته شد تاکنون آثاری به قدمت دوره ساسانی در آن کشف شده است. حفر قنات برای تامین آب شرب انسان و دام، بهداشت، کشاورزی و باغداری انجام می‌شده است. نواحی مظهر قنات دارای آب و هوای گرم و خشک بوده و رطوبت کمتری نسبت به خط ساحلی دارد، زمین‌های وسیع حاصلخیز با قابلیت کشاورزی وجود داشته و از لحاظ موقعیت مکانی نسبت به ساحل می‌توانسته از موقعیت مکانی خاص و استراتژیکی برخوردار باشد. علاوه بر موارد گفته شده، این منطقه احتمالاً دارای مزیت‌هایی محیطی خوبی برای مردمان آن دوران بوده که جمعیت قابل توجهی را در خود سکونت داده است و نیاز به منبع آب مطمئن و پایدار اجتناب‌ناپذیر بوده است؛ از طرفی آب سطحی و زیرزمینی با کمیت و کیفیت مناسبی در منطقه متناسب با نیاز وجود نداشته و به همین دلیل نیاز به منبع آب کاملاً پایدار و با کمیت و کیفیت مدنظر احساس می‌شده است. به همین دلیل چنین پروژه بزرگ،

زمان‌بر و پرهزینه‌ای برای انتقال و توزیع آب به منطقه ساخته شده است. اینکه چرا با این فاصله آب انتقال داده شده و مناطق نزدیکتر به رودخانه‌های پر آب برای سکونت انتخاب نشده است، نیز نیازمند بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر و اهمیت منطقه هدف دارد. ضمن اینکه وجود سکونتگاه و مراکز جمعیتی همزمان در ناحیه مبدا (مجاور رودخانه شاپور)، نیز خود می‌توانسته عاملی بر عدم امکان استقرار سکونتگاه بزرگ دیگری باشد.

۳-۷- دوره تاریخی ساخت قنات و اهداف آن

مطالعات تاریخی و باستان‌شناسی حکایت از آن دارد که منطقه در قلمرو حکومت ایلامی قرار داشته است. از طرفی به استناد کاوش‌های صورت گرفته، سازمان میراث فرهنگی و گردشگری قدمت سکونت در منطقه را به حداقل دوره ساسانیان نسبت می‌دهد. بطوریکه شواهد در محل روستای تل‌برج، آثاری را با قدمت و دیرینگی دوره ساسانی و پس از اسلام را نشان می‌دهد. (Zarei, 2022) بر اساس مطالعات و کاوش‌های باستان‌شناسی خود معتقد است: آثار سکونتگاهی در نواحی شرق و شمال بندر گناوه، تل‌برج و اطراف آن به دوره ساسانی، قرون اولیه اسلامی و تا سده‌های پنج و شش هجری قمری می‌رسد.

۳-۸- ارزیابی و تطبیق نتایج پژوهش اخیر در طبقه‌بندی ساختمانی قنات

شناخت زیاد و البته گسترده‌ای از انواع رشته قنات به خصوص در ایران وجود دارد. مقالات و پژوهش‌های بسیاری نیز در حوزه مطالعه قنات‌های ایران و سایر نقاط جهان ارائه شده و به طبقه‌بندی آنها پرداخته شده است. یکی از جدیدترین طبقه‌بندی‌های مهمی که در زمینه ساختمان قنات وجود دارد، طبقه‌بندی ساختمانی است که اخیراً توسط (Tabatabaei & Khozaymehnezhad, 2022) صورت گرفته است. در این تقسیم‌بندی جامع که بر پایه پژوهش‌های قبلی در ایران است، به تفصیل مشخصات ساختمانی قنات در مناطق کوهستانی و کویری (دشت‌ها) در شاخص‌های طول، دبی، آرایش هندسی، عمق متوسط کوره و ساختمان معرفی می‌شوند. ساختار قنات مورد مطالعه در قالب تقسیم‌بندی فوق، مورد ارزیابی و تطابق قرار گرفته است. طبق این تقسیم‌بندی، قنات شناسایی شده اخیر (بوکه-تل‌برج) به دلیل مدفون بودن، تنها از نظر طول و عمق متوسط کوره (تخمین) قابل ارزیابی است که در حوزه قنات‌های با طول زیاد (بزرگ) و عمق کم کوره (احتمالاً) قرار می‌گیرد. اما به دلیل عدم آبدهی و نبود شناخت از ساختمان داخلی چنین قنات ساحلی، دیگر ویژگی‌های آن (طراحی و ساختمان میله چاه‌ها) فاقد تطبیق و ارزیابی است. چرا که این قنات از منظر ساختمانی دارای سیستم حفر چهار میله چاه در طول حفر هر پشته است و لذا از این منظر می‌توان آن را دارای ارزش و جایگاه متفاوتی از طبقه‌بندی‌های مذکور و سایر طبقه‌بندی‌هایی که تاکنون در ایران شناخته شده، قرار داد.

۴- نتیجه‌گیری

علی‌رغم وجود محدودیت‌های طبیعی از جمله کمبود ذخایر آب مناسب، سازندهای زمین‌شناسی تخریب‌کننده کیفیت آب و شوری بالای ذخایر آب زیرزمینی در بخش عمده پهنه آبخوان با رسوبات دانه‌ریز؛ ساحل شمالی استان بوشهر در کرانه خلیج فارس از منظر سکونتگاهی و ساخت سازه‌های آبی بزرگ، بسیار بکر و با اهمیت بوده و یک تمدن آبی ناشناخته و شگرفی را در خود جای داده که در عمده موارد با گذر زمان طولانی و در اثر فرسایش و رسوبگذاری یا کاملاً از بین رفته و یا تا حدود زیادی از نظرها پنهان گشته است. مطالعه تصاویر ماهواره‌ای آثار یک رشته قنات بزرگ و مدفون شده را نشان می‌دهد. وجود یک ساختار خطی طولانی و تفاوت در رنگ آن نسبت به محیط پیرامون، تکرار آثار و اشکال هندسی مشخص در فاصله هر ۶۵-۶۰ متر و انطباق با ساختار میله چاه و طول پشته در هر قنات، جهت و راستایی هدفمند (جنوب‌شرق - شمال‌غرب) از یک مبدا پر آب به یک مقصد باستانی جای تردیدی برای تشخیص احداث سازه‌ای آبی یعنی رشته قنات توسط انسان باقی نمی‌گذارد. برای احداث این رشته قنات، از الگوی حفر چهار حلقه چاه در حد فاصل هر طول پشته استفاده شده است. آثار فرسایش شده باقیمانده

از این سیستم حفر در قنات مذکور، شامل اشکال مستطیلی تا بیضوی به طول تقریباً ۱۲ تا ۲۰ متر و عرض ۲/۵ تا ۴ متر است که فرسایش باعث بزرگتر شدن اثر واقعی میله چاه گردیده است. رشته قنات مطالعه شده با نام بوگه - تُل بُرج، یک نمونه از رشته قنات بزرگ شناسایی شده با ساختمان منحصر به فرد در ساحل شمالی خلیج فارس و استان بوشهر است. قنات شناسایی شده به دلیل مدفون بودن، تنها از نظر طول و تا حدودی عمق متوسط کوره (تخمین) قابل طبقه‌بندی بوده و در حوزه قنات‌های با طول زیاد و عمق کم کوره قرار می‌گیرد. همچنین این قنات از منظر ساختمانی دارای سیستم حفر چهار میله چاه بوده و از این منظر می‌توان آن را دارای جایگاه متفاوتی از طبقه‌بندی‌های متداول و شناخته شده در ایران، قرار داد. احداث رشته قناتی با طول شناسایی شده حداقل ۶۳ کیلومتر، اهمیت ناحیه هدف را برای محل سکونت در ایران باستان نشان می‌دهد. بر اساس سکونتگاه باستانی مهم تُل بُرج، ممکن است مظهر قنات تا فاصله ۶۷ کیلومتری نیز ادامه داشته است. مجموع طول حفر افقی و عمودی این قنات را می‌توان در حدود ۹۱/۲ کیلومتر تخمین زد و لذا می‌توان آنرا از لحاظ حجم حفاری در ردیف بزرگترین پروژه‌های قنات‌سازی در تاریخ ایران به شمار آورد. این قنات، آب را با احتمال قریب به یقین از ساحل راست رودخانه شاپور در نزدیکی شهر آبپخش تا شمال بندرگناوه منتقل می‌نموده است. این سازه آبی نماد دانش بالایی مهندسی، فن حفاری و اراده بالایی پیشینیان ایران زمین در این منطقه است. همچنین احداث این قنات بزرگ و منحصر به فرد، اهمیت سکونتگاه و استقرار مرکز جمعیتی در نواحی مظهر قنات (نواحی بوگه، تُل بُرج، تُل پرون) را نشان می‌دهد که این چنین انتقال پرهزینه‌ای برای جابجایی زیرزمینی آب انجام داده‌اند. دیرینگی سکونت در این ناحیه، به دوره ایلامی تعلق دارد. اما آنچه که با قطعیت و بر اساس نتایج مطالعات اخیر باستان‌شناسی می‌توان گفت: گسترده‌گی جمعیتی و سکونتگاه‌ها حداقل مربوط به بازه زمانی حکومت ساسانیان تا سده‌های اولیه دوره اسلام و همچنین تا قرون ۵ و ۶ هجری قمری است.

۵- تضاد منافع نویسندگان

نویسنده این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ تضاد منفعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارد.

۶- منابع

- Azadijoo, O. (2023). Introducing and understanding the Qanat of the Jezireh, the largest water transfer structure of ancient times in Bushehr Province on the Persian Gulf coast, The Second International Conference on Research in Water, Wastewater and River Engineering, Tehran. (In Persian)
- Boustani, F. (2008). Sustainable water utilization in arid region of Iran by qanats. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 2(7), 152-155. <https://zenodo.org/record/1080378/files/13037.pdf>
- Bushehr Regional Water Company. (2021). Office of Basic Studies of Water Resources, Data and Statistics Bank, Statistical Period of 2011-2021 water years. (In Persian)
- Esmaeili, Gh., Habibi, A., & Esmaeili, HR. (2022). Qanat system, an ancient water management system in Iran: History, architectural design and fish diversity. *Iranian Journal of Ichthyology*, 10(2), 131-144.
- Eghtedari, A. (1969). The remains of ancient cities on the coasts and islands of the Persian Gulf and the Sea of Oman. National Monuments Association Publications, Tehran, p.1136. (In Persian)
- Haeri, MR. (2016). Qanat in Iran, Cultural Research Office Publications. Second edition, Tehran, p.126 (In Persian)
- National Cartographic Center of Iran "NCC". (2007). Farazamin Consulting Engineers Co., Aerial Orthophoto Bushehr Province, (Scale:1/1000). (In Persian)
- ParsPiyab. (2007). Planning for the organization of springs and Qanats in Deylam city, Bushehr Province Agricultural, Jihad Organization. (In Persian)
- Tabatabaei, S.M., & Khozaymehnezhad, H. (2022). Assessment of protective methods and increase of qanats discharge in Iran, *Journal of Aquifer and Qanat (semi-annual)*, 2(4), 17-28. (In Persian)
- Zarei, H. (2022). Archaeological survey of the coastline of Bushehr-Daylam Peninsula and the Persian Gulf, Tehran. First edition, Ganjineh Hunar Publications, p.254. (In Persian)