



A Study of the Technology and Methods of Exploitation of Water Resources in the Civilizations of Elam and Mesopotamia (From the Second Millennium to the End of the First Millennium BC)

Maryam Zohourian¹

1. Assistant Professor, Department of Archaeology, Faculty of Arts, University of Birjand, Birjand, Iran.

✉Corresponding Author: Zohourian@birjand.ac.ir

Received:
13 January 2025

Accepted:
27 January 2025

Published:
19 March 2025

Keywords:

*Water Technology,
Elam,
Mesopotamia,
Canal,
Qanat.*

Extended abstract

Abstract

This article examines the technologies and methods of exploitation of water resources in the Elamite and Mesopotamian civilizations from the second millennium to the end of the first millennium BC. During this period, water resources management was key to these civilizations' economic, agricultural, and sustainable development. According to their specific geographical and climatic conditions, the mentioned civilizations developed innovative technologies and methods for the optimal exploitation of water resources. Since the two civilizations of Elam and Mesopotamia were closely related to each other during the second and first millennia BCE, they had many influences from each other. Therefore, the purpose of this study is to recognize and be aware of the skills of these civilizations in comparison with common perceptions. By comparing the two civilizations under study, the role of each of them in the construction of water structures and exploitation based on engineering mechanisms is shown chronologically. Based on what has been stated, two questions are raised in this research: 1. how were these civilizations able to manage water resources? And 2- What technologies and tools did they use to exploit water resources in social development? To answer these two questions, a more detailed analysis of these technologies and their impact on the social, economic, and cultural life of these civilizations has been discussed using historical sources and archaeological data.

Cite this article: Zohourian, M. (2025). A Study of the Technology and Methods of Exploitation of Water Resources in the Civilizations of Elam and Mesopotamia (From the Second Millennium to the End of the First Millennium BC). *Journal of Aquifer and Qanat Title*, 5 (2), 41-62. DOI: <http://doi.org/10.22077/jaaq.2025.8742.1095>.



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/>).

Research Methodology

This research, which is comparative-analytical and falls into the category of fundamental research, has analyzed the technologies obtained from these two civilizations using historical sources and archaeological data. Since Khuzestan was more closely related to Mesopotamia in terms of geographical location and also due to the similar environmental conditions, this region was chosen for technology analysis, management, and exploitation of water. Then, based on ancient data and written texts such as ancient inscriptions and tablets, all water-related technologies in both civilizations, including water supply canals, drainage canals, water treatment plants or water storage structures, shades, and aqueducts, have been comparatively examined.

Results and discussion

Data analysis shows that despite the arid and low water climate, extensive efforts have been made to manage water resources in the Elamite civilization. These efforts include the construction of 50-kilometer-long irrigation canals, such as Harmushi and Nahr- e Atiq, with a depth of 1 to 5 meters. These canals were designed to irrigate the Khuzestan plain. In addition to them, drainage channels were also created to protect the fertility of the lands and prevent the salinity of the water. Also, the construction of aqueducts can be attributed to the Elamites because in the Sargon inscription, during the invasion of Azerbaijan, the destruction of the aqueducts is mentioned. Another prominent structure of this period is the Chogha Zanbil Temple water storage and purification system, built using bitumen technology and baked bricks and was very efficient even during floods. In the Mesopotamian civilization, there is also evidence of advanced technologies in canalization. The canals of the city of Nippur, as well as the sewage and sanitation systems of Tell Asmar, show the Mesopotamians' high skill in water management. The relief of Sennacherib also suggests that they used technologies to move water from the bottom up, which predates Archimedes' invention of the water-lifting screw. Also, the use of shades for water supply was common in Mesopotamia, which later became wider and larger canals. Like the Elamites and Mesopotamians, they also built artificial dams and lakes to control floods, which shows their advanced knowledge and technology. In addition, tablets from both civilizations have been obtained that display canal maps, revealing their mathematical, topographical, and engineering skills.

Table 1 - Review of Ancient Channels (Author: 2024)

Depth	Length	Age	Channel Name
4 meters	50 kilometers	2370 BC	Harmooshi Channel
From 1 meter to 5 meters	18 kilometers	1000 BC	Nahr-e-Atiq Channel
4 meters	50 kilometers	4000 BC	Nippur Channel

Conclusion

This article uses historical and archaeological sources to analyze these technologies and their impact on these civilizations' social, economic, and cultural life. The results show that the intelligent exploitation of water resources has not only helped the development of agriculture and food supply but has also played a significant role in strengthening these civilizations' social and political structures. In Mesopotamia, the Tigris and Euphrates Rivers, as vital arteries, played an important role in supplying agricultural and drinking water. By creating extensive networks of canals, aqueducts, dams, and water reservoirs, this civilization could irrigate large areas for agriculture. Advanced engineering methods were also used to control floods and store water in dry seasons. Despite the arid and scarce climate in the Elam civilization, many attempts were made to manage water resources. By digging aqueducts and using subsurface irrigation systems, this civilization could irrigate its agricultural lands and maintain its economic stability. There is also evidence of the construction of rudimentary dams in the area, indicating advanced

efforts to store and manage water. The results show that the intelligent exploitation of water resources has not only helped the development of agriculture and food supply but has also played a significant role in strengthening these civilizations' social and political structures.



بررسی فناوری و روش‌های بهره‌برداری از منابع آبی در تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین (از هزاره دوم تا پایان هزاره اول قبل از میلاد)

مریم ظهوریان^۱ ✉

۱. استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشکده هنر، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

✉ نویسنده مسئول: Zohourian@birjand.ac.ir

چکیده

پژوهش حاضر با هدف واکاوی و تحلیل تطبیقی فناوری‌های آبی و سیستم‌های هیدرولیکی در تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین طی هزاره‌های دوم و اول پیش از میلاد انجام گرفته است. این پژوهش در پی پاسخ‌گویی به این پرسش‌های اساسی است که این تمدن‌ها چگونه به مدیریت منابع آبی می‌پرداختند و از چه فناوری‌ها و ابزارهایی برای بهره‌برداری از منابع آبی در توسعه اجتماعی استفاده می‌کردند؟ این مطالعه با بهره‌گیری از روش‌شناسی تطبیقی - تحلیلی و با تکیه بر مستندات باستان‌شناختی، شامل سازه‌های معماری، الواح گلی و سایر شواهد مادی، به بررسی زیرساخت‌های هیدرولیکی و مکانیسم‌های مدیریت منابع آبی در این دو تمدن می‌پردازد. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که این تمدن‌ها به سطح قابل توجهی از پیشرفت در زمینه مهندسی هیدرولیک و مدیریت منابع آبی دست یافته بودند. شواهد نشان می‌دهد که تکنیک‌های پیشرفته تصفیه آب، سیستم‌های کنترل سیلاب و فناوری قنات از دستاوردهای تمدن عیلام بوده که بعدها در دوره هخامنشی به صورت نظام‌مند و در مقیاس وسیع‌تر توسعه یافته است. مطالعه کتیبه سناخریب نشان می‌دهد که مهندسان بین‌النهرینی به دانش پیشرفته‌ای در زمینه انتقال آب به ارتفاعات دست یافته بودند که مستلزم تسلط بر محاسبات ریاضی پیچیده و طراحی ابزارهای مهندسی بوده است. این سیستم‌های هیدرولیکی نه تنها امکان بهره‌برداری بهینه از منابع آبی را فراهم می‌آورد، بلکه با ایجاد سازوکارهای مقابله با خشک‌سالی و سیلاب، پایداری جوامع انسانی را در شرایط بحرانی تضمین می‌نمود. بنابراین می‌توان دریافت که مردمان باستان در خاورمیانه پیش از سایر مناطق به تکنولوژی مهندسی آب بر اساس شرایط زیست محیطی و تغییرات اقلیمی آگاه بوده و به صورت کاملاً تخصصی جهت بهبود و بهره‌وری منابع آبی استفاده نموده‌اند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۹

کلیدواژه‌ها:

فناوری آب،

عیلام،

بین‌النهرین،

کانال،

قنات.

مقدمه

یکی از راهبردهای جدید در باستان‌شناسی بررسی زیست محیط و تکنولوژی مردمان گذشته است. چراکه زیست محیط و تکنولوژی‌های هر دوره بر اقتصاد، معیشت و همچنین بر ادامه زیست، جوامع گذشته بسیار تأثیر گذار بوده است. در این میان چگونگی استفاده از آب‌های سطحی و زیرزمینی در استمرار و توسعه جوامع پیش از تاریخی و تاریخی نقش به سزایی داشته است. همیشه جوامع انسانی، ساختارهای اقتصادی، پویایی جمعیتی، سیستم‌های سیاسی و ساختار فرهنگی را شکل داده و دگرگون کرده و باعث هماهنگی یا تنش شده است. بشر نیز به نوبه خود با اجرای اقدامات ساختاری و غیرساختاری و مجموعه‌ای از قوانین، شیوه‌ها و فرایندها، منابع آب را به‌طور فعال مدیریت، اداره و در نهایت توسعه داده است. توسعه منابع آب همواره همزمان با توسعه اجتماعی اتفاق افتاده است و هر دو عمل تحت تأثیر زمان، جغرافیا و اقلیم بوده است. با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و عراق، تغییرات اقلیمی و توزیع نابرابر منابع آب، توسعه منابع آب همواره چالش برانگیز و در هم تنیده با عوامل مختلف طبیعی و انسانی بوده است. در طول هزاره‌ها، مردمان باستان راهبردهای متفاوتی را برای ارتباط منطقی بین دسترسی به آب (آب‌های سطحی و زیرزمینی)، نیازهای مکانی-زمانی، شرایط جغرافیایی و اقلیمی، ارزش‌های فرهنگی، حقوق قانونی، ابزارهای تکنولوژیکی، قدرت سیاسی و امتیازات اجتماعی-اقتصادی به کار گرفته‌اند (Saatsaz & Rezaei, 2023). در این میان تمدن بین‌النهرین و عیلامی‌ها از جمله تمدن‌های پیشرفته در دوران باستان بودند که در زمینه‌های مختلف از جمله فرهنگی، مذهبی و فناوری بر یکدیگر تأثیر داشتند. یکی از جنبه‌های مهم این تأثیرات، فناوری آبرسانی بود. شواهد معماری و باستان‌شناسی مانند لوله‌های آب و لوح‌های باستانی که شامل کتیبه‌ها و تصاویر مرتبط هستند، نشان‌دهنده دانش پیشرفته این تمدن‌ها در مدیریت منابع آب است. بنابراین اهمیت و ضرورت این پژوهش از آن نظر است که به شناخت دقیق‌تر فناوری پیشرفته تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین در مدیریت منابع آب می‌پردازد. این شناخت، تصویری روشن‌تر از مهارت این تمدن‌ها در مقایسه با تصورات رایج ارائه می‌دهد و با مقایسه تطبیقی

دو تمدن مورد مطالعه نقش هر یک را جهت ساخت سازه‌های آبی و بهره‌برداری بر اساس مکانیزم‌های مهندسی را به تفکیک زمانی نشان می‌دهد. بر اساس آنچه بیان شد دو پرسش در این پژوهش مطرح می‌شود: ۱- این تمدن‌ها چگونه توانستند منابع آبی را مدیریت کنند؟ و ۲- از چه فناوری‌ها و ابزارهایی برای بهره‌برداری از منابع آبی در توسعه اجتماعی استفاده می‌کردند؟ که برای پاسخ بدان در ابتدا به معرفی هر تمدن پرداخته، سپس بر اساس شواهد باستان‌شناختی به طبقه‌بندی و معرفی فناوری آبرسانی می‌پردازیم. در این راستا می‌توان دریافت که مردمان باستان نه‌تنها از فناوری و دانش لازم برخوردار بوده‌اند بلکه این فناوری اجرا و به بهترین نحو در حفظ منابع آبی و گسترش کشاورزی استفاده کرده‌اند.

روش پژوهش

این پژوهش با رویکرد تطبیقی و تحلیلی و با ماهیت تاریخی انجام شده و در زمره پژوهش‌های بنیادی قرار دارد. در این روش، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای به بررسی مقالات و گزارش‌های کاوش پرداخته شده است. دلیل انتخاب تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین، هم‌جواری و تعاملات گسترده آن‌ها در هزاره دوم و اول قبل از میلاد بوده است. از آنجا که خوزستان از نظر شرایط زیست‌محیطی شباهت زیادی به منطقه بین‌النهرین دارد، این دو منطقه برای بررسی انتخاب شده‌اند. بر اساس شواهد باستان‌شناسی، روش‌های بهره‌برداری از آب در این دو تمدن شامل کانال‌های آبرسانی، کانال‌های زهکشی، تصفیه‌خانه‌ها یا سازه‌های ذخیره آب، شادوفاها و قنات‌ها بوده است. تمامی این روش‌ها در تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین معرفی شده‌اند و به‌طور تطبیقی مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفته‌اند.

پیشینه پژوهش

در زمینه فناوری و نقش آب در تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین، مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است که به برخی از مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود. در مقاله‌ای از صادق پرتانی و وحید حیدری (۱۳۹۶) با عنوان «مطالعه کارکرد سازه آبی حصار سوم محوطه باستانی چغازنبیل» با استفاده از مطالعات میدانی و مدل‌سازی هیدرولیکی-هیدرولوژیکی، تحلیل مکانیسم سازه‌های آبی در چغازنبیل

دو تمدن قدرتمند پیردازد. عیلام و بین‌النهرین، به‌عنوان دو حکومت بزرگ و تأثیرگذار، در طول هزاران سال ارتباطات نزدیکی با یکدیگر داشته‌اند که این ارتباطات نقش مهمی در توسعه و تبادل دانش و فناوری‌های مرتبط با آب داشته است. این مطالعه بر آن است تا ضمن تمرکز بر یک دوره خاص، جنبه‌های فنی و مهندسی این دستاوردها را تحلیل کرده و به اهمیت آن‌ها در شکل‌گیری تمدن‌های باستانی بپردازد.

معرفی تاریخ سیاسی عیلام و بین‌النهرین

در کشور ایران، دوران تاریخی، در قسمت‌های شمال فلات، از اوایل هزاره اول ق. م و در قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی ایران از اوایل هزاره سوم و با شروع تاریخ عیلام آغاز گردیده است (Negahban, 1993). این دوران به چند سلسله تقسیم می‌گردد: یک سلسله اوان از ۲۷۰۰ ق. م تا ۲۲۰۰ ق. م، سیماش از ۲۱۰۰ تا ۱۸۵۰ ق. م، آپارتی‌ها از ۱۸۵۰ تا ۱۵۰۵، ایکهالکی، ۱۳۵۰ تا ۱۲۱۰ ق. م، شوتروک‌ها از ۱۲۰۵ تا ۱۱۱۰ که دوره ایکهالکی و شوتروک‌ها را عیلام میانه نام‌گذاری نموده‌اند. پس از عیلام میانه، سلسله عیلام جدید، از ۷۶۰ تا ۶۴۰ ق. م بر کشور عیلام حکومت کردند. در حد فاصل بعضی از سلسله‌ها وقفه‌هایی وجود دارد که تاریخ و وقایع آن‌ها به‌خوبی مشخص نشده است (Scheil, 1931). سر انجام، در سال ۶۴۵ ق. م سلسله‌های عیلامی در دشت خوزستان، توسط آشوریانیپال پادشاه آشور در بین‌النهرین منقرض گردیده و دولت عیلامی را به‌طور کلی از صحنه سیاسی آن روزگار محو می‌نماید. بعد از این تاریخ سرزمین خوزستان در اواخر قرن ششم ق. م زیر نفوذ دولت تازه تأسیس پارس‌ها قرار گرفته و از این مرحله به بعد دشت خوزستان دوران جدیدی از تاریخ سیاسی خود را آغاز می‌نماید. (Afshar, 1990). تمدن بین‌النهرین نیز شامل سرزمین‌های ما بین دور رودخانه فرات و دجله است. دوره تاریخی این تمدن در مناطق آبرفتی و با نام دوره اروک از ۳۸۰۰ تا ۳۱۰۰ ق. م شکل گرفت و نخستین شهرها و دولت‌ها پدید آمد (Hole and Flannery, 1967). دوره‌های تاریخی بین‌النهرین شامل اواخر دوره‌ی اوروک، سومر، اکد، بابل و آشور بوده است. این تمدن‌ها در تمامی این دوران‌ها با عیلامیان در ارتباط بوده‌اند. موقعیت استراتژیک

انجام شده است. در مقاله‌ای دیگر از (Sabri, 2024) تحت عنوان «Irrigation System in Ancient Mesopotamia» به بررسی کانال‌کشی از رودخانه دجله و تأثیر آن بر آبیاری و حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی در بین‌النهرین پرداخته و همچنین به لایروبی و نگهداری این کانال‌ها اشاره کرده است. در مقاله‌ای از (Poorya Khadish, 2024)، با عنوان «A 7000-Year-Old Water Canal at Tepe Pardis»، نوع کانال‌های باستانی و روش‌های آبرسانی به تپه پردیس در هفت هزار سال پیش تحلیل شده است. همچنین در مقاله‌ای از (Mohsen Zeynivand and Fereshteh Sharif, 2023) با عنوان «A Mesopotamian Tradition? An Ancient Map Related to the Irrigation System of the Old Elamite Period from Tapeh Garan, Dehluran Plain, Iran» دهلران در عیلام قدیم و ارتباط آن‌ها با تمدن بین‌النهرین مورد بررسی قرار گرفته است. در مقاله‌ای از (Aldo, 2010) «Water Technology in Ancient Mesopotamia» به سیستم‌های آبیاری، فاضلاب و کانال‌های زهکشی در بین‌النهرین پرداخته است. در مقاله دیگری از (Stephanie Dalley, 1994) با عنوان «Nineveh, Babylon and the Hanging Gardens: Cuneiform and Classical Sources Reconciled» نقوش برجسته کاخ سناخریب و تکنولوژی آبیاری مورد تحلیل قرار گرفته است. در کتاب «Ancient Water Technologies» نوشته Larry W. Mays (2009) نیز به‌طور مختصر به معرفی فناوری‌های آب در تمدن‌های باستانی همچون ایران، بین‌النهرین، چین، یونان، روم، مصر و دیگر مناطق پرداخته است. همچنین در کتاب «Private Houses and Graves in the Diyala» نوشته Delougaz (1967)، P, Hill HD, Lloyd S، پلان خانه‌ها، کانال‌های آبرسانی، سرویس‌های بهداشتی و کانال‌های زهکشی و فاضلاب در شهر باستانی تل اسمر در بین‌النهرین بررسی شده است. در بسیاری از تحقیقات و مطالعات انجام‌شده، چه به صورت تخصصی در یک دوره خاص و منطقه معین و چه به صورت کلی در تمامی دوره‌ها و تمدن‌های مختلف، به موضوع فناوری و بهره‌برداری از آب در تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین پرداخته شده است. این پژوهش نیز با هدف بررسی دقیق‌تر و تخصصی‌تر، تلاش دارد تا به فناوری‌ها و شیوه‌های بهره‌برداری از آب در این

انتقال فناوری میان آن‌ها شکل گیرد (تصویر ۱). (Mahmoudian, 2018).

و شرایط خاص این دو تمدن باعث شد که علاوه بر میدان‌های نبرد، عرصه‌هایی برای رقابت، تبادل فرهنگی و



شکل ۱. موقعیت عیلام و بین النهرین (Zur et al, 2012).

Fig 1. Location of Elam and Mesopotamia (Zur et al, 2012).

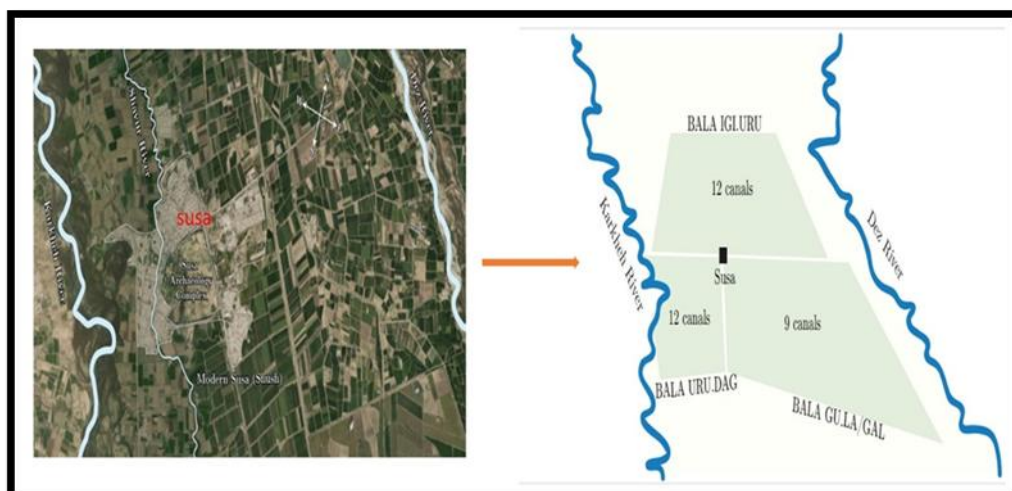
مربوط به سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۵۰۰ پیش از میلاد است، اطلاعاتی درباره موقعیت و طراحی این کانال‌ها ارائه می‌دهند (Heydari and Muroi, 2023).

در میان این کانال‌ها، باستان‌شناسان کانالی به نام "هارموشی" را شناسایی کرده‌اند که طول آن تقریباً ۵۰ کیلومتر بوده و توانایی آبیاری حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع از زمین‌های کشاورزی را داشته است. این کانال دارای شاخه‌های فرعی نیز بوده که به گفته باستان‌شناسان، برای رساندن آب به مناطق عشایری طراحی شده بودند. رودخانه کرخه به عنوان مهم‌ترین آبراه شکل دهنده الگوهای استقرار باستانی دشت‌های غربی شوشیان در نظر گرفته می‌شود. مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که یک رویداد ژئومورفولوژیکی (فرسایش بیش از حد) منجر به کاهش سطح آب و قطع کانال‌های آن در هزاره اول میلادی شده است.

احتمالاً به دنبال این رویداد، سیستم کشاورزی و سکونتگاهی منطقه باید سازماندهی مجدد می‌شد.

فناوری و بهره‌برداری منابع آبی در تمدن عیلام باستان

کانال‌کشی: یکی از روش‌های متداول در تمدن عیلام، ایجاد کانال‌هایی از رودخانه‌ها برای کشاورزی و مصارف روزمره بوده است. نمونه‌ای از این نوع کانال‌کشی را می‌توان در منطقه شوش مشاهده کرد. شهر شوش، که یکی از مناطق استقرار عیلامیان به‌شمار می‌رفته، بین دو رودخانه کرخه و دز قرار داشته است. به همین دلیل، برای تأمین آب این منطقه نیاز به کانال‌کشی وجود داشته است. این کانال‌ها بر اساس محاسبات ریاضی دقیق طراحی شده بودند و این موضوع نشان‌دهنده دانش و آگاهی مردمان باستان است. از آنجا که سطح آب رودخانه کرخه نسبت به شوش و رودخانه دز بالاتر بوده است، بیشتر کانال‌ها از این رودخانه تأمین می‌شده‌اند. بر اساس کاوش‌های انجام‌شده، حدود ۴۰ کانال آب در دوران عیلام باستان زمین‌های کشاورزی منطقه شوش را آبیاری می‌کرده‌اند (تصویر ۲). همچنین، الواح به‌دست‌آمده از "سلسله سوکلمه" که

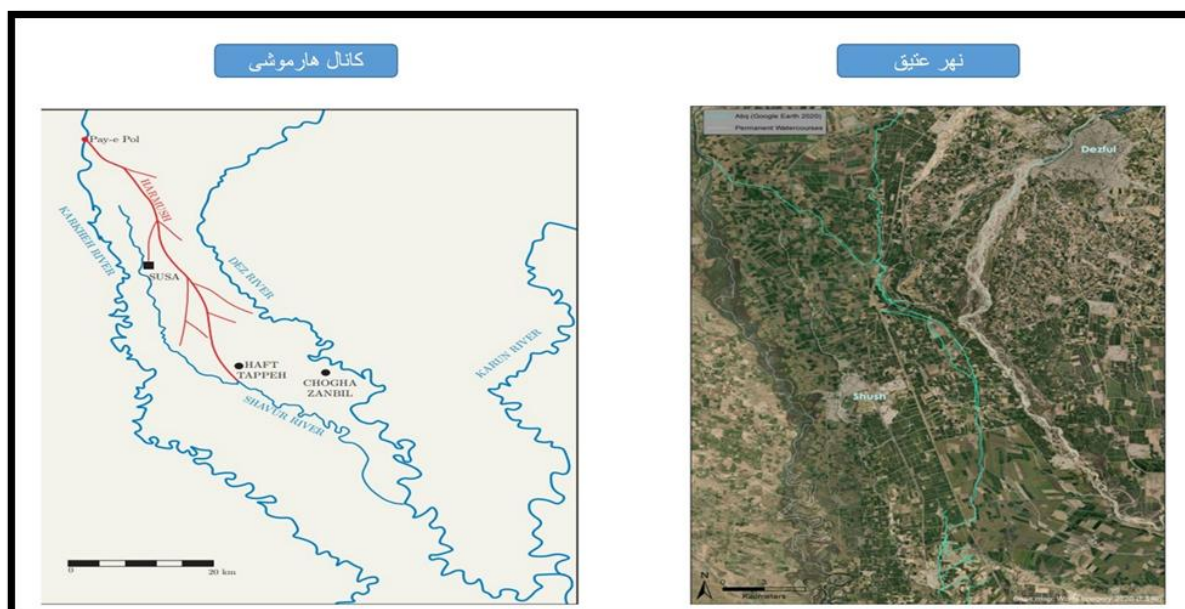


شکل ۲. موقعیت رودخانه دز و کرخه نسبت به شوش و کانال‌های یافت شده (Heydari and Muroi , 2023).

Fig 2. The Location of The Dez and Karkheh Rivers in Relation to Susa and The Found Canals (Heydari and Muroi , 2023).

رود شائور می‌رسیده است. بنابراین می‌توان دریافت در دوره عیلام باستان در منطقه شوشان که یکی از مناطق مهم استقرار آن‌ها در هزاره دوم و اول ق. م میلاد بوده است از طریق کانال‌کشی و یا جهت دهی به نهرها به آبرسانی مناطق دورتر از منابع آبی می‌پرداختند (تصویر ۳) (Rashidian, 2021).

شاید همین دلیل پیدایش کانال هرموشی از کرخه باشد. با این حال، یک مطالعه زمین باستان شناسی اخیر نیز نشان داده است که رودخانه دز نیز در این زمینه نقش مهمی داشته است و از طریق کانال‌ها، آب را برای کل منطقه بین دشت‌های دز و کرخه تأمین می‌کرده است. در این میان نهر عتیق یکی از کانال‌های آبی است که منطقه شوشان را آبرسانی و به

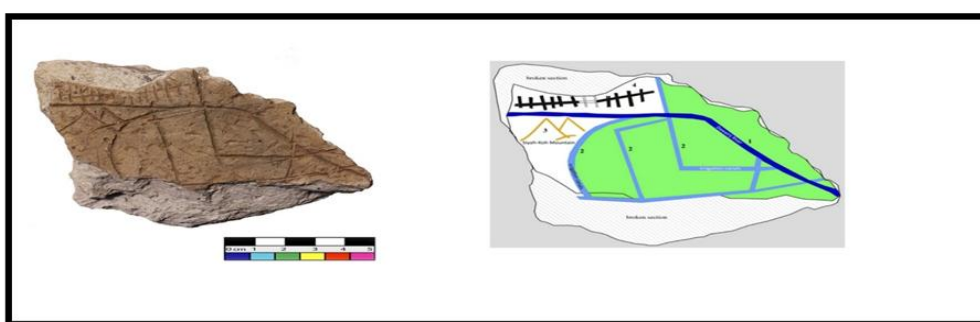


شکل ۳. موقعیت قرارگیری نهر عتیق (Rashidian, 2021) و کانال هارموشی در منطقه شوش (Heydari and Muroi , 2023).

Fig. 3. Location of The Nahr- e Atiq (Rashidian, 2021) and Harmoushi Canal in the Susa Region (Heydari and Muroi , 2023).

طراحی کانال‌ها و نهرها پرداخته‌اند (تصویر ۴). در این تصویر، موقعیت رودخانه دوویرج که از ارتفاعات زاگرس مرکزی جاری می‌شود، سد یا بند و در نهایت کانال‌های آبی قابل مشاهده است. بر همین اساس می‌توان دریافت که عیلامی‌ها به دلیل عمق بستر رودخانه، با احداث سد یا بند، آب را به سطح بالاتر هدایت کرده و سپس از طریق کانال‌ها آن را به مناطق دوردست منتقل می‌کرده‌اند. این شواهد نشان‌دهنده دانش پیشرفته عیلامی‌ها در مدیریت منابع آب است (Zeynivand and Sharifi, 2023).

سؤالی که ممکن است مطرح شود این است که آیا عیلامی‌ها دارای نقشه یا طرحی نظام‌مند برای آبیاری، مشابه منطقه بین‌النهرین، بوده‌اند یا اینکه این کار را صرفاً بر اساس نیاز و بدون هیچ‌گونه برنامه‌ریزی انجام می‌دادند؟ بر اساس کاوش‌های انجام‌شده در منطقه دهلران و سایت باستانی تپه گاران، تکه آجری شکسته کشف شده که پس از باز طراحی آن، مشخص شد تصویر آجر با توپوگرافی منطقه دهلران منطبق است و کانال‌های آبی در آن طراحی شده‌اند. این امر نشان می‌دهد که عیلامی‌ها با دانش کافی از محاسبات ریاضی و جغرافیای منطقه، به



شکل ۴. تکه آجر عیلامی یافت شده از تپه گاران (Zeynivand and Sharifi, 2023).

Fig. 3. Elamite Brick Fragment Found From Tepe Garan (Zeynivand and Sharifi, 2023).

به عنوان راهکاری برای مدیریت آب در فصول خشک و مرطوب پا به عرصه گذاشت. یکی از کهن‌ترین شواهد این هنر مهندسی، در تپه پردیس واقع در دشت تهران، متعلق به حدود ۵۲۲۰ تا ۴۹۹۰ پیش از میلاد یافت شده است (تصویر ۵). در اینجا بود که انسان توانست با بهره‌گیری از دانش و تلاش، آب را به خدمت بگیرد و زمین را بارور کند (Valipour et al, 2020).

زهکشی: در دوره نوسنگی (ده هزار ق. م)، زمانی که انسان نخستین گام‌های خود را برای رام کردن حیوانات وحشی برداشت، جهان تغییراتی متفاوت به خود گرفت. ابزارهای سنگی ساده، اما کارآمد، در دستان انسان‌های آن دوران، راه را برای کشاورزی و ساخت نخستین سکونتگاه‌ها هموار کردند. این سکونتگاه‌ها، نیازمند منابع آب بودند؛ نیازی که انسان با نبوغ خود به آن پاسخ داد. با گذر زمان و افزایش جمعیت، ابداع کانال‌کشی و زهکشی

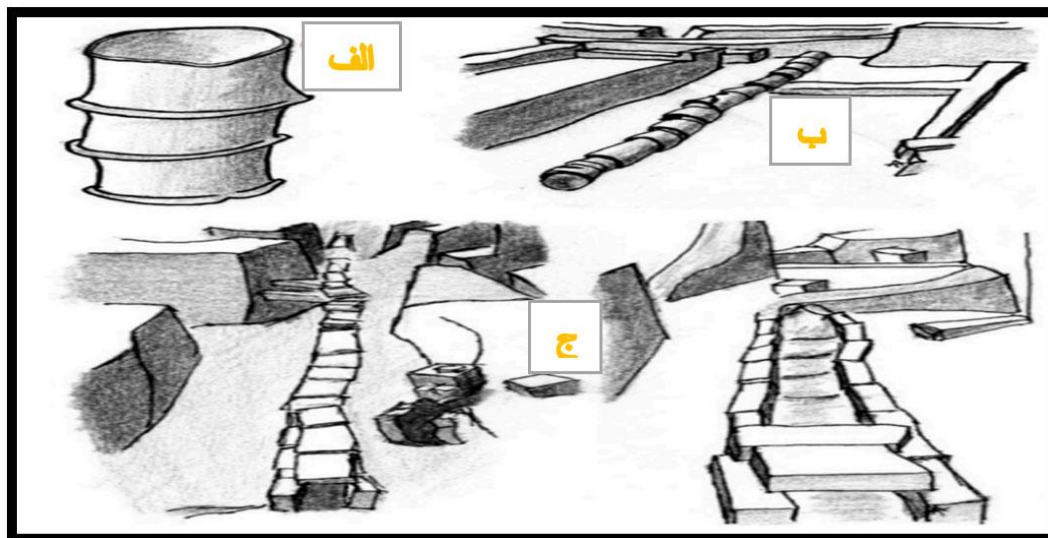


شکل ۵. کانال زهکشی - تپه پردیس (Valipour et al, 2020).

Fig. 5. Drainage Channel -Teph Pardis (Valipour et al, 2020).

زمین را از آب‌های اضافی رهایی می‌بخشیدند، بلکه گواهی بر هوش و خلاقیت انسان‌های آن دوران بودند (تصویر ۶).

در دوره‌های بعدی، همچون عیلام باستان، این فناوری گسترش یافت و لوله‌های سفالین به عنوان نمادی از پیشرفت در زهکشی ظاهر شدند؛ ابزارهایی که نه تنها



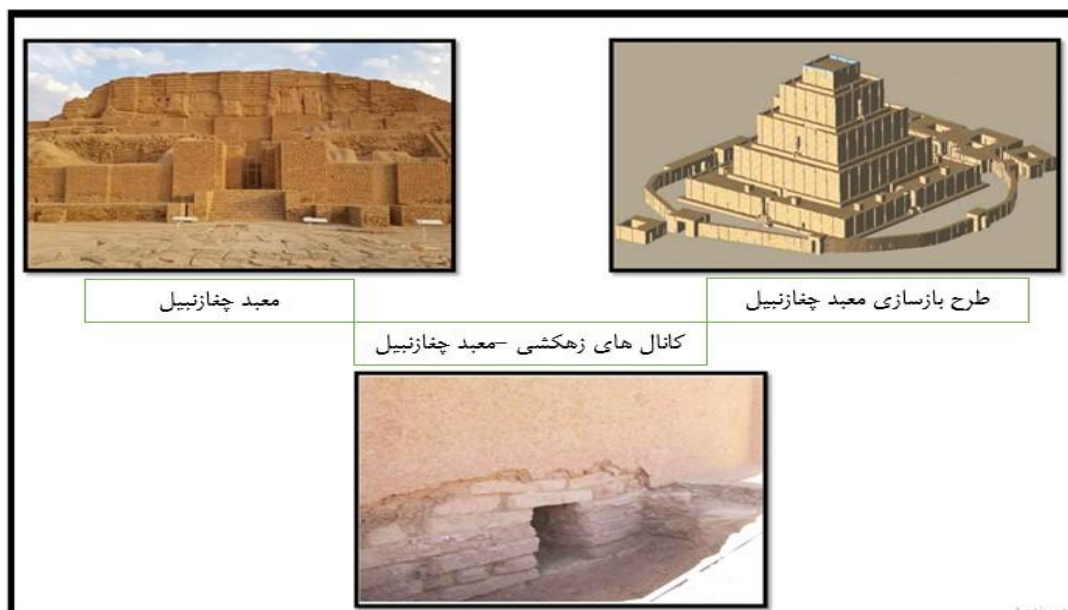
شکل ۶. الف: لوله‌های زهکشی در دوره عیلام (۲۷۰۰ – ۱۶۰۰ ق. م)، ب: دوره پیش از نگارش (۳۴۰۰ – ۲۹۰۰ ق. م) ج: کانال زهکشی ساخته شده از خاک رس پخته (Valipour et al, 2020).

Fig. 6. A: Drainage Pipes in the Elamite Period (2700-1600 BCE), b) Pre-script Period (2900-3400 BCE) C: Drainage Channel Made of Baked Clay (Valipour et al, 2020).

اهمیت است. بر این اساس است که در این معبد ما شاهد کانال‌های زهکشی و منبع ذخیره جهت حفاظت بنا و اجرای مراسم‌های مذهبی هستیم. سازه آبی کشف شده در چغازنبیل دارای یک کانال ورودی کانال ورودی، دو دیوار جانبی و یک دیوار جلویی ساخته شده از قیر و آجر است (تصویر ۸). آب در مخزن ذخیره و سیل زدایی می‌شده است و از طریق ۹ مجرای واقع در پایین دیواره جلویی به حوضچه منتقل می‌شده است. هر مجرا دارای دو سطح شیب‌دار بود. فاصله بین دو مجرا مجاور هم ۰/۸ متر بود. از آنجا که ارتفاع حوضچه بیشتر از مجراها بود، مواد خاکی و گلی از بدنه آب خارج می‌شدند هنگامی که حوضچه به طور کامل پر می‌شده است، آب فیلتر شده به معبد منحرف می‌شد. در معبد، آب توسط شبکه‌ای ویژه برای مراسم عبادت و تطهیر توزیع می‌شد (Saatsaz and Rezaei, 2023).

سازه ذخیره آبی

یکی از مهم‌ترین سازه‌های هیدرولیکی در منطقه شوش و در شهر باستانی دوراوندتاش است که باستان شناسان در این شهر کانال‌های آبیاری، چاه‌های فاضلاب، چاه‌های آب و کانال‌های زهکشی پیدا نموده‌اند. یکی از نمونه‌های شاخص سازه هیدرولیکی کانال روباز به طول ۲۰ کیلومتر است که به سازه‌ای ذخیره آبی، در بزرگ‌ترین معبد عیلامی‌ها با نام چغازنبیل می‌رسد. چغازنبیل معبد بزرگ عیلامی‌ها بوده است که در هزاره دوم ق. م توسط اوندتاش - ناپیرشاه پادشاه بزرگ عیلامیان برای خدای اینشوشیناک شناخته شده است. این معبد دارای سه حصار بوده که در حصار سوم این سازه آبی ساخته شده است (تصویر ۷) (Potts, 2021). درد دیدگاه عیلامی‌ها بالاترین اتاق به عنوان اتاق خدایان است که از آنجا می‌توان با آن‌ها ارتباط نزدیکی داشت (Afkhami, 2019). بر این اساس مراقبت نمودن و حفظ این بناها بسیار حائز



شکل ۷. معبد چغازنبیل در شوش (Mofidi-Nasrabadi, 2015)

Fig. 7. Chogha Zanbil Temple in Susa (Mofidi-Nasrabadi, 2015).

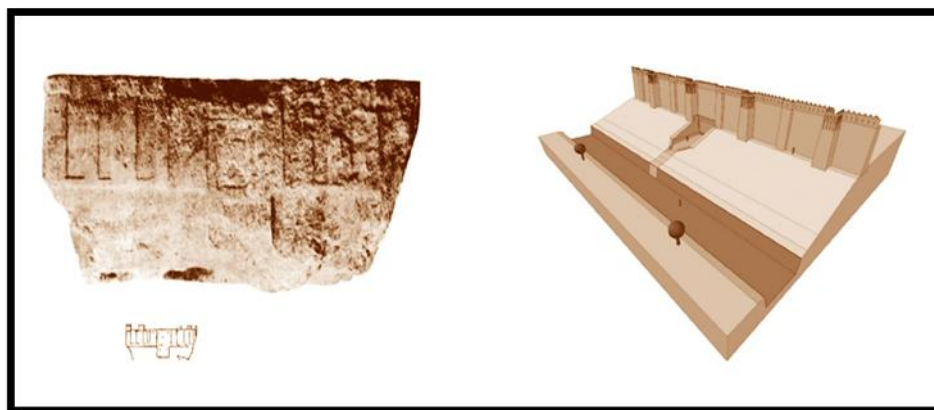


شکل ۸. سازه آبی چغازنبیل (Saatsaz and Rezaei, 2023).

Fig. 8. Chogha Zanbil Water Structure (Saatsaz and Rezaei, 2023).

بیرونی شهر باستانی را نشان می‌دهد که در فواصل معین، پشت‌بندهایی برج‌مانند در آن تعبیه شده است (تصویر ۹). در میانه این سازه، مقطعی دیده می‌شود که در کروکی مربوط به آن به شکل کانال تصور شده است. حتی در دیواره مقابل این کانال، دریچه‌هایی وجود دارد که شباهت زیادی به شیارهای نه‌گانه سازه آبی چغازنبیل دارند (Heydari et al, 2014).

اگرچه برخی از پژوهشگران بر این باورند که این سازه برای کنترل سیلاب و تخلیه آب از این منطقه مقدس ساخته شده است، اما نبود نمونه‌های مشابه کافی در ایران، بین‌النهرین و سایر مناطق، شناخت دقیق‌تری از این سازه را دشوار کرده است. با این حال، وجود لوح گلی مربوط به دوره عیلام تا حدی به کشف ماهیت کالبدی و کارکردی این سازه آبی کمک کرده است. این لوح بخشی از حصار



شکل ۹. طرح بازسازی شده ساز آبی چغازنبیل و لوح گلی عیلامی (Heydari et al, 2014).

Fig. 9. The Reconstructed Design of the Chogha Zanbil Water Instrument and the Elamite Clay Tablet
(Heydari et al, 2014).

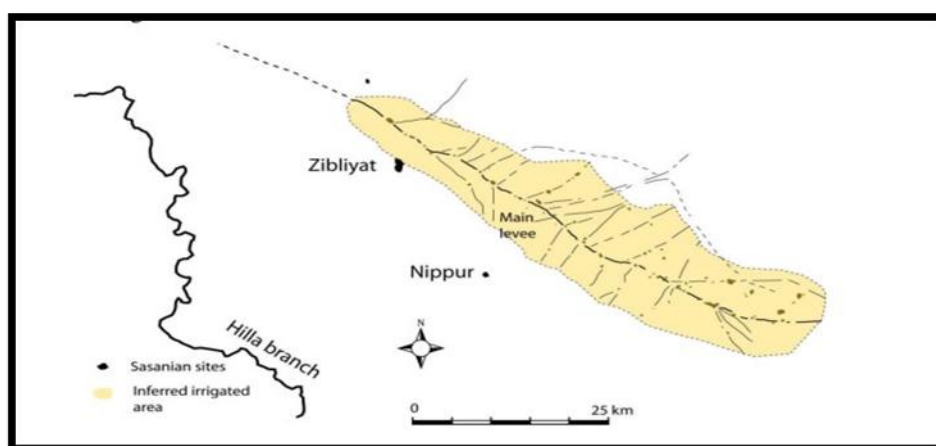
برای محصولات تابستانی خیلی زود است. برای یک جامعه مبتنی بر کشاورزی، اطمینان از آبیاری یک نگرانی دائمی بود و سیستم پیچیده‌ای از کانال‌ها، مخازن و غیره به‌منظور اطمینان از تأمین آب مناسب مزارع توسعه یافت (Roux, 1992).

کانال‌کشی: در بین‌النهرین، به‌ویژه در مناطقی که دور از رودخانه‌ها بودند یا اقلیمی خشک داشتند، آثار و شواهدی از کانال‌کشی به چشم می‌خورد. مهم‌ترین نمونه کانال‌های آبی در بین‌النهرین در شهر نیپور در جنوب بین‌النهرین است که متعلق به ۴۰۰۰ هزار ق. م میلاد است که به طول ۵۰ کیلومتر طراحی شده است و از دوره اروک تا دوره ساسانی از آن استفاده شده است. اگرچه از شکل اولیه این کانال به دلیل مدفون شدن در زیر رسوبات به‌دست نیامده است اما بر اساس کاوش‌های انجام شده شکل به‌دست آمده این کانال در دوره تسلط ساسانی‌ها بر منطقه به صورت استخوان ماهی است. این نوع آبیاری باعث گسترده‌گی وسعت آبرسانی به مزارع می‌شود و در خلال آن پشته‌های کوچکی برای جلوگیری از شدت آب نیز طراحی شده است (تصویر ۱۰) (Wilkinson et al, 2015).

درباره قوانین آب در شوش، می‌توانیم به قوانین حمورابی (۱۷۹۲-۱۷۵۰ قبل میلاد) در بین‌النهرین اشاره نمود که بر اساس شواهد باستان‌شناختی همان قوانین در شوش نیز اجرا می‌شده است و در زمینه تقسیم عادلانه آب بوده است (Veenhof, 1995). کسانی که به کانال‌ها آسیب می‌رساندن و یا با انحراف آب، آب دزدی می‌نمودند مجازات می‌شدند. از آنجا که آیین نامه حمورابی جنبه‌های مختلف حکمرانی آب را در نظر گرفته است، این قوانین بر توسعه و مدیریت آب در شهرهای اولیه هم در بین‌النهرین و هم در عیلام تأثیر زیادی گذاشته است (Saatsaz and Rezaei, 2023).

فناوری و بهره‌برداری منابع آبی در تمدن بین‌النهرین

بین‌النهرین به سرزمین گفته می‌شود که بین دو رود دجله و فرات است. قسمت شرقی بین‌النهرین به نام هلال حاصل‌خیز معروف است و دارای دشت‌های آبرفتی است این در حالی است که در قسمت‌های دیگر بین‌النهرین نیاز به آبیاری و استفاده از سیلاب‌ها و یا چاه‌های آب است. آب و هوای بین‌النهرین مرکزی و جنوبی به‌گونه‌ای است که دوره‌های سیلابی رودخانه‌ها بین فروردین و خرداد رخ می‌دهد، برای محصولات زمستانی خیلی دیر و

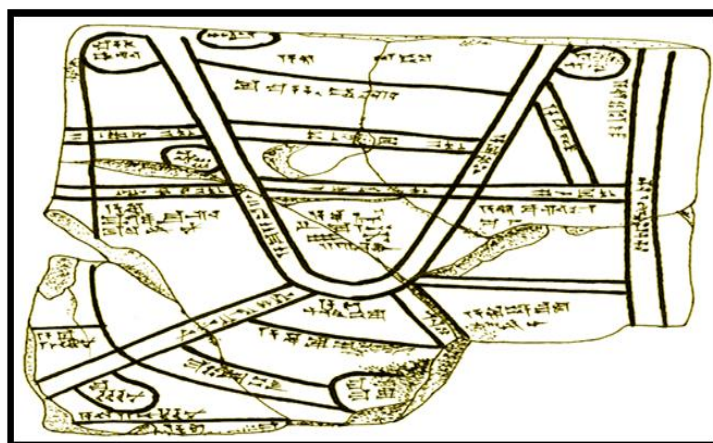


شکل ۱۰. کانال نیپور به صورت استخوان ماهی (Wilkinson & Jotheri, 2016).

Fig. 10. Nippur Canal in the form of a Fishbone (Wilkinson & Jotheri, 2016).

از کانال کشی آن دوره را نشان می‌دهد. این لوح گواهی است بر تسلط کامل مردمان بین‌النهرین بر نظام‌های آبیاری و مهندسی هیدرولیک و مدیریت منابع آب بوده است (تصویر ۱۱).

سؤال مهم دیگری که مطرح می‌باشد این است که بین النهرینی‌ها نیز همچون عیلامی‌ها دارای سیستم نقشه‌کشی و طراحی از پیش تعیین شده بودند یا بر اساس تجربه؟ در پاسخ می‌توان به لوحی اشاره نمود که نقشه‌ای



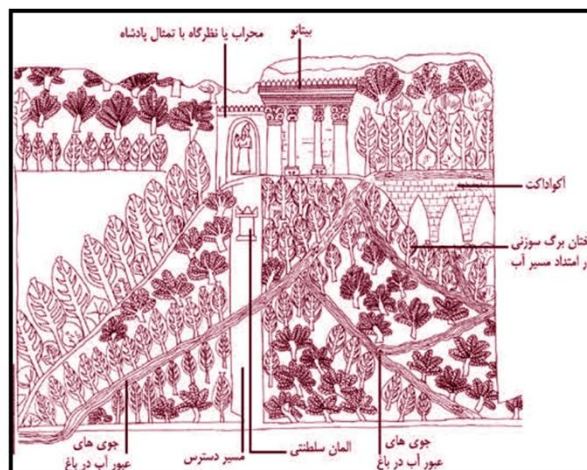
شکل ۱۱. لوح نیپور ۱۵۰۰ ق. م (Tamburrino, 2010).

Fig. 11. The Nippur Tablet 1500 BC (Tamburrino, 2010).

داریم. به عنوان مثال در لوحی از بین النهرین می‌خوانیم که، حاکم دوران اولیه دودمانی اورنانشه از شهر ایالت لگاش در یکی از نوشته‌های سلطنتی خود ادعا می‌کند که ۹ کانال حفر کرده است. در طول تاریخ میان‌رودان، حفر کانال‌ها معمولاً در کنار ساخت معابد و کاخ‌ها به عنوان یکی از دستاوردهای برجسته سلطنتی ذکر می‌شود. بر اساس نظر وین‌تر، ادعای حمایت از ساخت کانال به انگیزه در تفکر سومری برای فراهم کردن فراوانی کشاورزی توسط خدایان و حاکمان اشاره دارد. بنابراین، حفر کانال‌ها

لوحی که به آن اشاره شده است، نشان‌دهنده تسلط بین‌النهرینی‌ها بر سیستم‌های آبیاری و مهندسی هیدرولیک در دوران باستان است. این لوح مربوط به مزارع کشاورزی نیپور در حدود ۱۵۰۰ قبل از میلاد است و نقشه کانال‌های آبیاری را به تصویر می‌کشد. طراحی این کانال‌ها به گونه‌ای بوده که با توپوگرافی منطقه کاملاً هماهنگ است (Tamburrino, 2010). در اوایل آغاز نگارش اولین شواهد مستقیم در مورد سازمان اجتماعی آبیاری در قالب نوشته‌های سلطنتی و اسناد اداری را

آثاری از این باغ برجای‌مانده است اما نقش برجسته به‌جای مانده در کاخ آشوربانیپال (تصویر ۱۲) نشان می‌دهد که کانال‌های آبی در باغ سناخریب، آب را به بالای باغ برده و سپس از طریق آکوادکت یا همان آبگذرهای هوایی که با تراس‌بندی‌ها یکپارچه شده‌اند، باغ‌ها را آبیاری می‌نمودند (Asadpour, 2018).

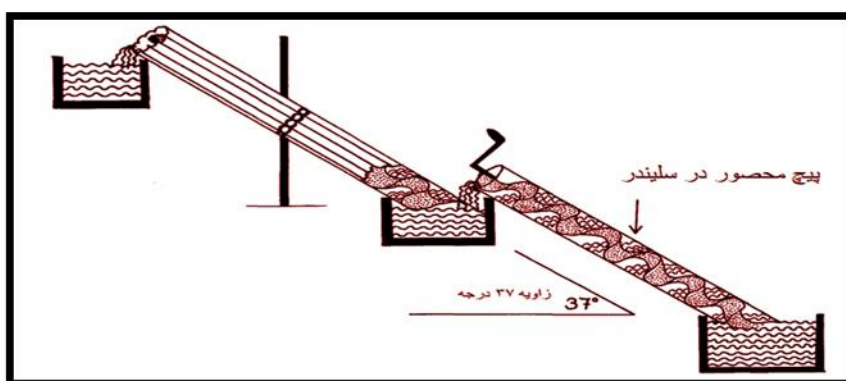


شکل ۱۲. نقش باغ سناخریب در کاخ آشوربانیپال (Asadpour, 2018).

Fig 12. The Role of Sennacherib's Garden in Ashurbanipal's Palace (Asadpour, 2018).

آلامیتو به‌جای شادوف در بالای آب‌انبارها قرار گرفته‌اند." سناخریب در کتیبه خود در حال توصیف سیلندر و پیچ است که دو جزء این دستگاه هستند و مهندسان او حدود ۴۰۰ سال قبل از زمان ارشمیدس پیچ معروف ارشمیدس را اختراع کردند (تصویر ۱۳) (Dalley, 1994).

اما در بالا بردن آب به بالای باغ یک فناوری در این دوره شکل گرفت. سناخریب در کتیبه خود می‌گوید: "من اشیا مسی اختراع کردم و آنها را به‌طور ماهرانه‌ای ساختم. من قالب‌های سفالی ایجاد کردم برای کشیدن آب از مخزن تمام روز طناب داشتم، کابل‌ها و زنجیرهای برنزی درست کردم؛ و من مس را داشتم، درختان بزرگ و درختان نخل



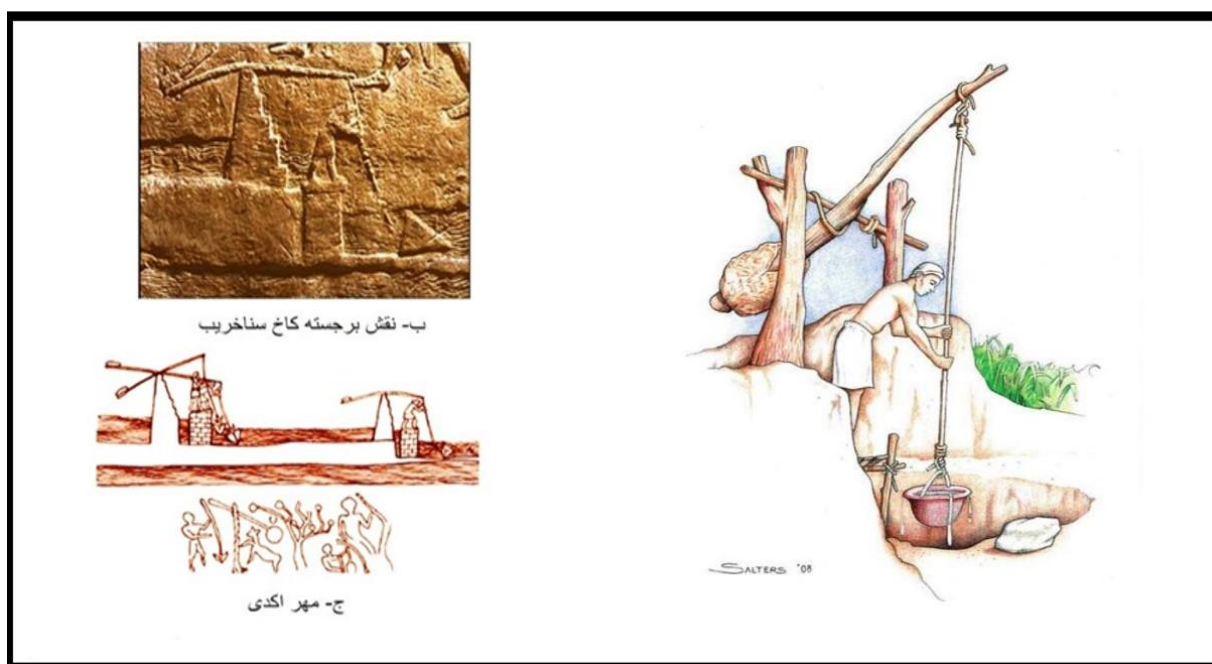
شکل ۱۳. پیچ ارشمیدس برای بالا بردن آب (Dalley, 1994).

Fig 13. Archimedes' Screw to Raise The Water (Dalley, 1994).

پرنندگان، خوک وحشی و... از جنگلی که در آن رها کردم. به نظر می‌رسد این اولین توصیف مکتوب از حوضچه‌های نگهدارنده برای تنظیم سیل است که با دیدگاه سازگار با محیط زیست طراحی شده است (Dalley and Oleson, 2003).

شادوف: یکی دیگر از فناوری‌هایی که در این دوره جهت آبیاری استفاده می‌شده است، وسیله‌ای به نام shaduf است که در نقش برجسته کاخ سنخاریب (تصویر ۱۴-ب) و هم در مهری از دوره اکد (تصویر ۱۴-ج) استفاده از این فناوری را نشان می‌دهد. این وسیله در هزاره سوم ق. م در بین‌النهرین استفاده می‌شده است (Tamburrino, 2010). شادوف‌ها برای بلند کردن آب از منبعی مانند چاه یا رودخانه یا کانال از طریق نیروی انسانی استفاده می‌شد. در واقع شادوف یک کیسه و طناب داشت که به یک سر بازو یا تیر جنگلی متصل بود و در انتهای دیگر بازو تعادل داشت (تصویر ۱۴) (Mays, 2010).

آن‌ها همچنین برای جلوگیری از خطرات سیل دریاچه‌های مصنوعی نیز تشکیل می‌دادند که هم در مواقع سیل جلوی آب را بگیرند و هم در فصل خشک‌سالی محیط را مرطوب و برای حیوانات مناسب باشد. در کتیبه سنخاریب پادشاه آشور (ستون هشتم، خط ۴۶ تا ۴۹ محل نگهداری در موزه بریتانیا) می‌خوانیم که سنخاریب: «به‌ویژه خوشحال بود که یک دروازه دریچه اتوماتیک طراحی کرده است که به خودی خود باز می‌شود، بدون استفاده از بیل یا بیل... (آن) با هیچ عملی از دست مردان باز نمی‌شود. سنخاریب توانست در طول سال آب کافی برای آبیاری باغ‌ها، باغ‌ها، پارک‌ها و مزارعی را که در نینوا ساخته بود، تضمین کند. با این حال، بهار دوره‌ای بالقوه خطرناک بود زیرا سیل‌های ناشی از ذوب شدن برف در کوه‌ها ایجاد می‌شد. او مشکل را با استفاده از یک خروجی که سیل را به باتلاقی که مخصوص این منظور طراحی شده بود منحرف می‌کرد، حل کرد: «برای استراحت مسیر آن آب، یک باتلاق ایجاد کردم و یک مزرعه نی در آن کاشتم



شکل ۱۴. نمونه‌های از شادوف در بین‌النهرین.

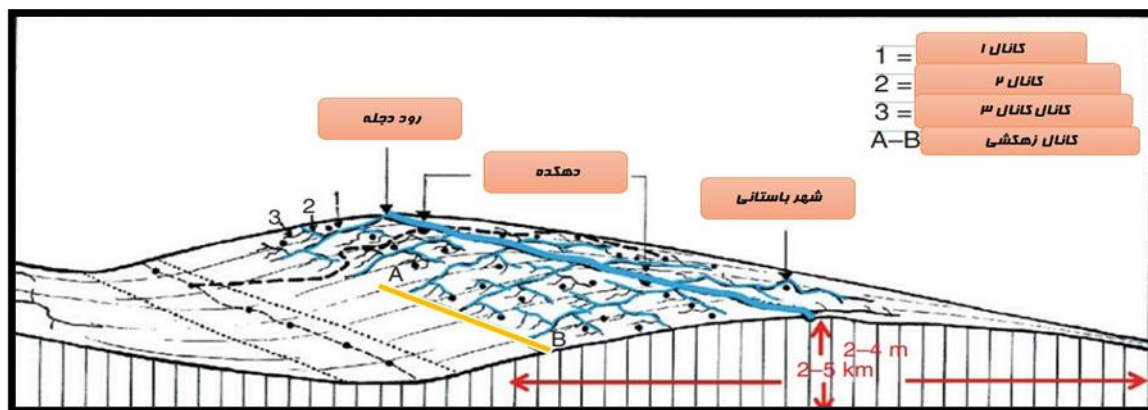
Fig 14. Examples of Shaduf in Mesopotamia.

اجتماعی در آن روزگار وجود داشته است. استفانی روست از مؤسسه شرق‌شناسی شیکاگو بر اساس متون و شواهد باستانی طرحی از کانال‌کشی و زهکشی از رودخانه دجله را طراحی کرده است که نشان می‌دهد؛ کانال‌های فرعی از

کانال‌های زهکشی: در بین‌النهرین بر اساس شواهد و مدارک به‌دست آمده می‌توان دریافت که کانال‌های زهکشی در زمین‌های کشاورزی و همچنین جهت بهداشت

زمین و خارج نمودن آب اضافه قرار داده می‌شده است (تصویر ۱۵).

رودخانه منشعب شده و بعد از گذشت چند کیلومتر به روستاها و شهرها می‌رسیده است. اما در پایین دست یا در شیب زمین کانال‌های زهکشی جهت جلوگیری از شوری

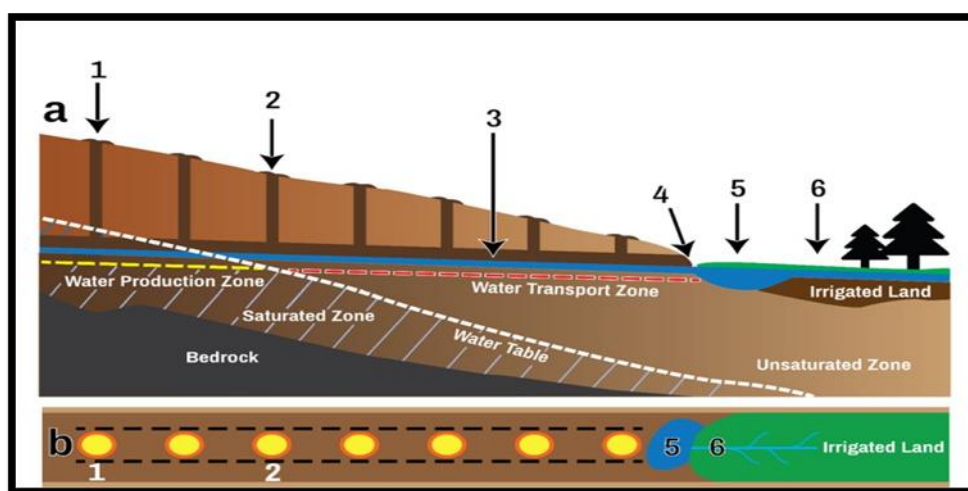


شکل ۱۵. طرحی از کانال‌های آبی و زهکشی در بین‌النهرین (Rost, 2017).

Fig 15. A Plan of Water Channels and Drainage in Mesopotamia (Rost, 2017).

وجود داشت و در سنگ فرش شکاف دیگری به عرض ۱۲ سانتی‌متر تعبیه شده بود که در زیر آن لوله‌ای سفالی قرار داشت و برای اتصال بهتر، دهانه لوله‌ها با قیر اندود می‌شد (Delougaz et al, 1967). این سیستم زهکشی نشان‌دهنده دانش مهندسی و فناوری بهداشتی پیشرفته مردمان آن دوران است (تصویر ۱۶).

در بین‌النهرین، کانال‌های زهکشی توالت‌ها از دوره اکدی (۲۱۵۵-۲۳۳۵ قبل از میلاد) و در دوره بعدتر از آن در تل اسمر و سلسله اولیه III (۲۳۵۰-۲۶۰۰ قبل از میلاد) کشف شده‌اند که نشان‌دهنده پیشرفت و توجه به مسائل بهداشتی در آن دوران است. این توالت‌ها به شکل صندلی‌هایی از آجر پخته و قیر ساخته می‌شدند و طراحی خاصی داشتند. در مرکز آن‌ها شکافی ۱۰ سانتی‌متری



شکل ۱۶. فرم توالت و کانال‌های زهکشی در تل اسمر (Delougaz et al., 1967; Tamburrino, 2010).

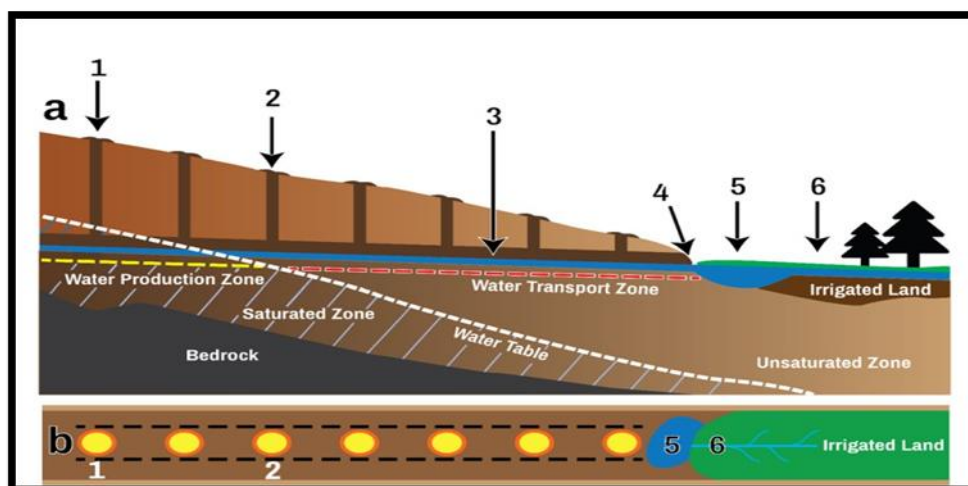
Fig 16. Toilet Form and Drainage Channels in Tal Asmar (Delougaz et al., 1967; Tamburrino, 2010).

استفاده می‌شده است. قنات شامل یک سیستم حفاری زیرزمینی است که از یک چاه مادر (چاه اصلی) و چندین چاه عمودی دیگر تشکیل شده است. این چاه‌ها به صورت

قنات: قنات یکی از روش‌های سنتی و هوشمندانه برای استخراج و انتقال آب زیرزمینی است که از زمان‌های بسیار دور در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در ایران

زنجیره‌ای به یکدیگر متصل می‌شوند تا آب زیرزمینی را به سطح زمین هدایت کنند. چاه مادر معمولاً در نقطه‌ای حفر می‌شود که سطح آب زیرزمینی بالاست. سپس، تونلی زیرزمینی با شیب ملایم از چاه مادر به سمت مقصد

(معمولاً زمین‌های کشاورزی یا روستاها) حفر می‌شود. چاه‌های عمودی در طول مسیر حفر می‌شوند تا هم فرآیند حفاری تونل آسان‌تر شود و هم امکان تهویه و خروج خاک فراهم گردد (تصویر ۱۷) (Dalley, 2002).



شکل ۱۷. نمای افقی a و هوایی از قنات b: ۱- چاه مادر، ۲- شفت‌های عمودی، ۳- تونل یا کانال اصلی ۴- خروجی قنات، ۵- حوض انبار، ۶- کانال‌های صحرایی (Saatsaz and Rezaei, 2023).

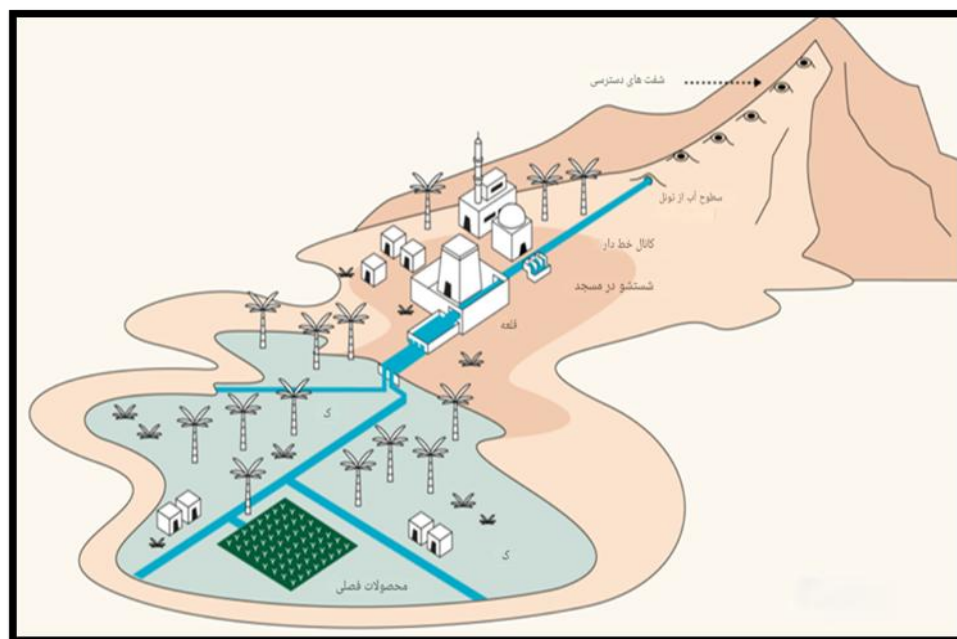
Fig 17. Horizontal a and aerial view of Qanat b: 1- Mother well, 2- Vertical shafts, 3- Tunnel or main canal 4- Qanat outlet, 5- Warehouse pond, 6- Field canals.

تاریخی، او قناتی به طول ۲۰ کیلومتر ساخته بود که در هر ۴۵ کیلومتر یک شفت داشت و برای آبیاری زمین‌ها و باغ‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت. (Ward, 1968) با توجه به این شواهد، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً ایرانی‌ها مدت‌ها پیش از حمله سارگون دوم با این فناوری آشنا بوده‌اند، چرا که او هنگام رسیدن به این مناطق با قنات‌های ساخته‌شده مواجه شده است.

تجزیه و تحلیل بر اساس داده‌های باستان‌شناختی

تمدن عیلام باستان، یکی از کهن‌ترین تمدن‌های ایران باستان، در مناطق غرب و جنوب غربی ایران شکل گرفته و مراکز حکومتی مهمی را در این نواحی بنا نهاده است. شهر شوش، به‌عنوان یکی از پایتخت‌های برجسته این تمدن، نقش مهمی در تاریخ عیلام ایفا کرده و مکان‌هایی نظیر شهر باستانی دورونتاش و معبد بزرگ چغازنبیل را در خود جای داده است.

ساخت و فناوری قنات را نمی‌توان به‌طور دقیق به تمدن خاصی نسبت داد، اما شواهد نشان می‌دهند که این فناوری در حدود ۲۵۰۰ سال پیش در غرب ایران، شمال عراق و شرق ترکیه مورد استفاده قرار می‌گرفته است. شواهد تاریخی از جمله سنگ‌نوشته‌ای که به‌شدت آسیب دیده است، حاکی از آن است که ساخت قنات در ایران سابقه‌ای دیرینه دارد. در این سنگ‌نوشته آمده است که سارگون دوم در سال ۷۱۴ قبل از میلاد به منطقه آذربایجان (در نزدیکی دریاچه ارومیه) حمله کرده و برای تصرف منطقه "اولهو"، قنات‌های شهر را تخریب کرده است. همچنین، داده‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهند که اکباتان، پایتخت مادها، نیز از فناوری قنات بهره‌مند بوده است. بعدها داریوش شاه از این روش برای آبرسانی به منطقه استخر استفاده کرده است. در بین‌النهرین نیز سناخریب (۷۰۵ ق. م) از این تکنولوژی برای تأمین آب شهرهای نینوا و اربیل بهره برده است. طبق شواهد

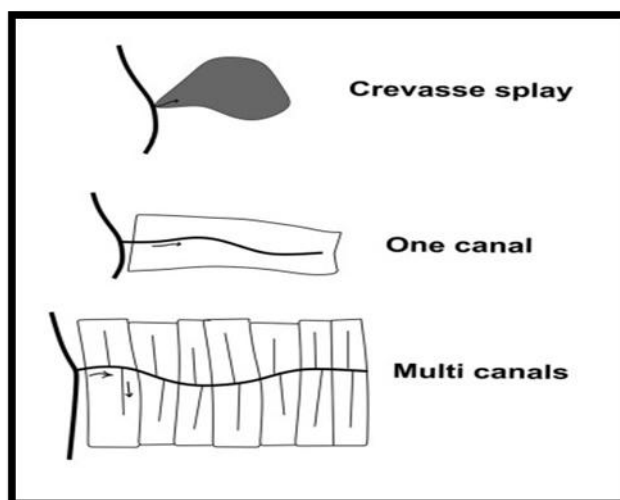


شکل ۱۸. تصویر نمای هوایی از قنات‌ها.

Fig 18. Aerial View of the Qanat.

شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی استقرارها نسبت به منابع آبی، تأثیر مستقیمی بر فناوری‌ها و روش‌های بهره‌برداری از آب در این تمدن داشته است. مطالعات باستان‌شناسی نشان می‌دهد که در مناطقی که رودخانه‌ها در نزدیکی سکونتگاه‌ها قرار داشته‌اند، مانند شوش که بین دو رودخانه دجله و فرات واقع شده، کانال‌های آبرسانی و زهکشی برای جلوگیری از شوری زمین ساخته شده است. لازم به یادآوری است که تحول کانال‌های باستانی تنها به صورت خطی نبوده، بلکه بر اساس نیازهای متغیر، به اشکال گوناگونی صورت می‌گرفته است. از جمله این اشکال می‌توان به روش «Crevasse splay» اشاره کرد، که طی آن با ایجاد شکافی در رودخانه و سیلابی کردن منطقه، رسوبات حاصلخیز در ناحیه مورد نظر انباشته می‌شدند. همچنین، ساخت کانال‌ها به صورت تک‌کانال یا چندکاناله (به شکل استخوان ماهی) نیز از شیوه‌های دیگر مهندسی آب در دوران باستان بوده است (تصویر ۱۹).

شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی استقرارها نسبت به منابع آبی، تأثیر مستقیمی بر فناوری‌ها و روش‌های بهره‌برداری از آب در این تمدن داشته است. مطالعات باستان‌شناسی نشان می‌دهد که در مناطقی که رودخانه‌ها در نزدیکی سکونتگاه‌ها قرار داشته‌اند، مانند شوش که بین دو رودخانه دجله و فرات واقع شده، کانال‌های آبرسانی و زهکشی برای جلوگیری از شوری زمین ساخته شده است. لازم به یادآوری است که تحول کانال‌های باستانی تنها به



شکل ۱۹. مدل توسعه‌ای کانال‌های باستانی (Wilkinson et al, 2015).

Fig 18. Development Model of Ancient Canals (Wilkinson et al, 2015).

چنین پروژه‌هایی نه تنها گواهی بر مهارت، دانش و فناوری پیشرفته آن‌هاست، بلکه نشان‌دهنده قدرت سیاسی و اجتماعی آن‌ها در مدیریت منابع آب، مهار جریان‌ها، به‌کارگیری نیروی انسانی و پیشگیری از منازعات داخلی برای دستیابی به آب است.

از دیگر موارد قابل بررسی، وسعت کانال‌هایی است که بر اساس نیازهای آبرسانی در منطقه ایجاد شده‌اند و در جدول زیر به آن‌ها اشاره شده است. این مسئله نشان می‌دهد که مردمان عیلام و بین‌النهرین توانسته‌اند کانال‌هایی با طول ۵۰ کیلومتر و عمقی متغیر بین ۱ تا ۵ متر برای آبرسانی گسترده و با حجم بالا احداث کنند.

جدول ۱. بررسی کانال‌های باستانی.

Table 1. Investigation of Ancient Canals.

عمق Depth	طول Length	قدمت Age	نام کانال Channel Name
۴ متر 4 meters	۵۰ کیلومتر 50 kilometers	۲۳۷۰ ق. م 2370 BC	کانال هارموشی Harmooshi Channel
از ۱ متر تا ۵ متر From 1 meter to 5 meters	۱۸ کیلومتر 18 kilometers	۱۰۰۰ ق. م 1000 BC	کانال نهر عتیق Naher-e-Atiq Channel
۴ متر 4 meters	۵۰ کیلومتر 50 kilometers	۴۰۰۰ ق. م 4000 BC	کانال نیپور Nippur Channel

بوده است. مقایسه تطبیقی داده‌های باستان‌شناختی این دو تمدن نشان می‌دهد که نخبگان و مهندسان آن دوره با سیستم‌های طبیعی قلمرو خود آشنایی کاملی داشتند. بیشتر سکونتگاه‌ها در ارتفاعات کمتر از ۶۰۰ متر از سطح دریا قرار داشتند، جایی که دشت‌های حاصلخیز، بارندگی مناسب برای کشاورزی دیم و منابع آبی سطحی کافی وجود داشت. در مناطق کوهستانی نیز کانال‌های آبی نقش مهمی در انتقال آب ایفا می‌کردند. حکومت‌ها با استفاده از نیروی کار، منابع آبی را مدیریت کرده و در فصل بارش با احداث سیل‌بندها و در فصل گرما با ایجاد سیستم‌های هیدرولوژیکی نیازهای آبی خود را تأمین می‌کردند. این تلاش‌ها نشان‌دهنده مدیریت هوشمندانه منابع طبیعی در تمدن‌های باستانی است.

نتیجه‌گیری

در پاسخ به پرسش‌های مطرح شده در پژوهش می‌توان این‌گونه بیان داشت که تحلیل فناوری و روش‌های بهره‌برداری آبی در تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل توجه این تمدن‌ها در مدیریت منابع طبیعی است. این دو تمدن با تکیه بر دانش مهندسی و خلاقیت، توانسته‌اند سیستم‌های آبیاری و زهکشی پیشرفته‌ای را توسعه دهند که نه تنها پاسخ‌گوی نیازهای کشاورزی و روزمره آن‌ها بوده، بلکه تأثیر عمیقی

همچنین، در مناطقی که سیلاب‌ها تهدید جدی محسوب می‌شدند، فناوری‌هایی نظیر سیل‌بندها و مخازن ذخیره آب توسعه یافته‌اند. نمونه بارز این فناوری‌ها، مخزن آب چغازنبیل است که هم به‌عنوان منبع ذخیره آب و هم به‌عنوان تصفیه‌کننده مورد استفاده قرار می‌گرفت. این مخزن با استفاده از مصالح پیشرفته‌ای نظیر آهک، قیر و آجر پخته عایق‌بندی شده بود. یکی دیگر از فناوری‌های برجسته ایرانیان باستان، قنات‌ها بودند. با گسترش جوامع و افزایش نیاز به کشاورزی و منابع آبی، اهمیت قنات‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دوچندان شد. قنات‌ها نه تنها در تأمین آب برای کشاورزی مؤثر بودند، بلکه در شرایط خشک‌سالی نیز به‌عنوان راهکاری پایدار عمل می‌کردند. کتیبه‌های آشوری نشان می‌دهند که ایرانیان باستان با فناوری قنات آشنا بوده و از آن بهره می‌بردند. بعدها، سناخریب، پادشاه آشور، این فناوری را برای آبیاری زمین‌ها و باغ‌های خود در بین‌النهرین به کار گرفت. مهندسی آب در تمدن‌های باستانی ایران و بین‌النهرین نشان‌دهنده دانش پیشرفته مردمان آن دوره است. لوح‌های به‌دست‌آمده حاکی از آن است که طراحی و ساخت سازه‌های آبی با نقشه‌های دقیق و برنامه‌ریزی شده انجام می‌شده است. همچنین، شواهد تاریخی نشان می‌دهد که سناخریب پادشاه آشوری با فناوری‌هایی نظیر فلزکاری و ساخت پیچ برای انتقال آب به ارتفاعات آشنا

Asadpour, Ali. (2018). Phenomenology of Garden in Assyrian Documents and Reliefs; Concepts and Types, *Bagh- e Nazar*, No. 60, pp. 51-62. DOI: 10.22034/bagh.2018.62765

Dalley, S & Oleson, J.P., (2003). *Sennacherib, Archimedes, and the water screw*. Technol Culture 44(1):1-26

Dalley, S., (1994). Nineveh, Babylon and the Hanging Gardens: cuneiform and classical sources reconciled, *Iraq*, vol 56, 45- 58,

Dalley, S., (2002), Water Management in Assyria from the ninth to the seventh centuries BC, *ARAM Periodical*, vol 14, 443- 460

Delougaz P, Hill, HD & Lloyd, S., (1967). *Private houses and graves in the Diyala region*. Oriental Institute Publications, vol. LXXXVIII, the University of Chicago Press, Chicago, IL

E. Rashidian, (2021). Rivers in the making; the definition of "Nahr" as a hybrid water-course based on geoarchaeological evidence from Southwestern Iran, *Water Hist*, No. 13. 235-259. DOI: 10.1007/s12685-021-00283-7

Heydari, N & Muroi, K., (2023). Excavation Problems in Elamite Mathematics, *arXiv*, No, 25 , 1-23 DOI: 10.48550/arXiv.2304.01357

Heydari, V., Meghdadian, H., Partani, S., Jahanabadian, H., & Aminpour, B. (2014). A Survey of the Function of TchoghaZanbil Water Structure. *Honar- Hy-ye Karbordi*, No. 4, pp. 15-24. DOI: 10.22075/aaj.2014.373

Hole, F & Kent, F., (1967). *The Prehistory of South Western Iran*, London: Proceeding Of the Prehistoric Society.

Khadish, P., (2024), A 7000-Year-Old Water Canal at Tepe Pardis?, *Ancient Iranian Studies*, No.10, 5-34 DOI: 10.22034/AIS.2024.385445.1035

Mahmoudian, V, (2018), Political-Economic Relations of Elam and Mesopotamia in Ancient Times, *Ilam Studies Quarterly*, No. 6, pp. 1-11.

Mays, L.W., (2010). *A Brief History of Water Technology during Antiquity: Before the Romans*, Springer: Ancient Water Technologies, chapter1, 1-26

Mofidi-Nasrabadi, B., (2015). Reconstruction of the Ziqqurat of Chogha Zanbil, *Elamica*, No.5, 38- 51

Negahban, E. (1993). *Excavation of Haft Tappeh, Khuzestan Plain*. First Edition. Tehran: Cultural Heritage Organization Publications.

Potts, D, T., (2021). *Ziggurat (Choga Zanbil), The Encyclopedia of Ancient History: Asia and Africa*, New York University, USA, 1-5

Rost, S., (2017). Water management in Mesopotamia from the sixth till the first millennium B.C., *WIREs Water*, vol 4, 1-23. DOI: 10.1002/wat2.1230

Roux, G., (1992). *Ancient Iraq, 3rd edn*. England: Penguin Books

Saatsaz, M & Rezaei, A., (2023) .The technology, management, and culture of water in ancient Iran from prehistoric times to the Islamic Golden Age,

بر توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی آن‌ها گذاشته است. در تمدن عیلام، استفاده از کانال‌های آبیاری مانند کانال هارموشی که قادر به آبیاری مناطق وسیعی بود، نشان‌دهنده طراحی دقیق و دانش ریاضی و جغرافیایی مردمان آن دوران است. همچنین، شواهدی از سازه‌های ذخیره آبی همچون سازه آبی چغازنبیل در شهر دوراوتاش به‌دست آمده که به‌طور خاص برای تأمین آب مراسم‌های مذهبی و محافظت از معابد طراحی شده بودند. این سازه‌ها، که با استفاده از قیر و آجر ساخته شده‌اند، نشان‌دهنده سطح بالای فناوری هیدرولیکی در عیلام است. در تمدن بین‌النهرین نیز سیستم‌های آبیاری و زهکشی پیشرفته‌ای وجود داشته است. کانال‌کشی‌های گسترده، استفاده از شادوف برای بالا بردن آب، و ساخت قنات‌ها برای انتقال آب به مناطق دورافتاده، از جمله دستاوردهای این تمدن در مدیریت منابع آب بوده است. همچنین، ایجاد دریاچه‌های مصنوعی برای کنترل سیلاب‌ها و تأمین آب در دوره‌های خشک‌سالی، نشان‌دهنده نگاه جامع آن‌ها به مدیریت منابع طبیعی است. یکی از نکات برجسته در هر دو تمدن، قوانین مرتبط با آب بوده که بر تقسیم عادلانه منابع و حفظ زیرساخت‌های آبی تأکید داشته است. این قوانین، که نمونه‌هایی از آن‌ها در قوانین حمورابی یافت می‌شود، نه‌تنها به مدیریت بهتر منابع کمک کرده‌اند بلکه پایه‌ای برای توسعه اجتماعی و سیاسی نیز بوده‌اند. در مجموع، فناوری‌های آبی این دو تمدن، الگویی از هماهنگی انسان با طبیعت و استفاده پایدار از منابع طبیعی را ارائه می‌دهند. در پایان پیشنهاد می‌گردد جهت پیشبرد و تکمیل پژوهش‌ها در چشم‌انداز آینده به مطالعه تطبیقی بین فناوری‌های آبی تمدن‌های عیلام و بین‌النهرین با تمدن‌های دیگر مانند مصر باستان و هند، به‌منظور شناسایی نقاط قوت و ضعف هر سیستم و تأثیر آن‌ها بر توسعه تمدن‌ها در مناطق شرقی پرداخت.

منابع

Afkhami, B., (2019). Phenomenology of Chogha Zanbil ziggurat, *Journal of Ancient History and Archaeology*, No 6, 1-9/ DOI: 10.14795/j.v6i1.355

Afshar Sistani, I., (1990), *A Glance at Khuzestan: A Collection of Historical, Geographical, Social, and Economic Aspects of the Region*, Second Edition, Tehran: Bolour Publications.

- Humanities and Social Science Communication, No: 10, 1-22. DOI: 10.1057/s41599-023-01617-x
- Sabir, D.M., (2024), *Irrigation System in Ancient Mesopotamia*, Athens Journal of History, No.10: 1-16- DOI: .org/10.30958/ajhis.X-Y-Z
- Scheil, V, (1931). Dynasties élamites d'Awan et de šimaš, *Revue d'Assyriologie*, vol.28,1-28, Paris
- Tamburrino, A., (2010). Water Technology in Ancient Mesopotamia, *Ancient Water Technologies*, Chapter 2, 29- 51
- Valipour, M., Krasilnikof, J., Yannopoulos, S., Kumar, R., Deng, J., Roccaro, P., Mays, L., Grismer, M.E, & .
- Veenhof, KR (1995) In Accordance with the Words of the Stele”: Evidence for Old Assyrian Legislation. *Chicago Kent Law Rev* 70:1717–1744
- Ward, p., (1968). The Origin and Spread of Qanats in the Old World, *American Philosophical Society*, vol 112. No: 3, 170-181
- Wilkinson, T.J & Jotheri, J., (2016). The Origins of Levee and Levee-Based Irrigation in the Nippur Area– Southern Mesopotamia, *Chapterbook: Cycles and Stages in Jeeps and Passats: Studies in the Ancient Near East in Honour of McGuire Gibson*, Publisher: University of Chicago Oriental, 1-17
- Wilkinson, T.J , Rayan, L & Jotheri, J. (2015). *Hydraulic landscapes in Mesopotamia: the role of human niche construction*, *Water Hist*, No 7:397–418 , DOI 10.1007/s12685-015-0127-9
- Zeynivand, M & Sharifi, F., (2023). A Mesopotamian Tradition? An ancient Map Related to the Irrigation System of the Old Elamite Period from Tapeh Garan, Dehluran Plain, iran, *IRAQ*, 85. 193-204- DOI: 10.1017/irq.2023.1
- Zur, M., Farzin, S& Aryanpour, B., (2012), Womin in Anciont Elam (According to Archeological & historical Evidence), *Anahita*, vol 1, 215- 234.

