ANCIENT IRANIAN STUDIES

پژوهشنامهٔ ایران باستان

کانال آبیاری ۷۰۰۰ ساله در تپه پردیس؟
نویسنده(گان): پوریا خدیش
منبع: پژوهشنامهٔ ایران باستان، سال ۳، شمارهٔ ۱۰: ۵-۳۴.
گروه پژوهشی باستان‌کاوی تیسافرن

A 7000-Year-Old Water Canal at Tepe Pardis?
Author(s): Poorya Khadish
Source: Ancient Iranian Studies, July 2024, VOL. 3, NO. 10: 5-34.
Published by: Tissapherness Archaeological Research Group
Stable URL:
https://doi.org/10.22034/AIS.2024.385445.1035

© 2024 The Author(s). Published by Tissaphernes Archaeological Research Group, Tehran, Iran. Open Access. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited, and is not altered, transformed, or built upon in any way.
The ethical policy of Ancient Iranian Studies is based on the Committee on Publication Ethics (COPE) guidelines and complies with International Committee of Ancient Iranian Studies Editorial Board codes of conduct. Readers, authors, reviewers and editors should follow these ethical policies once working with Ancient Iranian Studies. The ethical policy of Ancient Iranian Studies is liable to determine which of the typical research papers or articles submitted to the journal should be published in the concerned issue. For information on this matter in publishing and ethical guidelines please visit www.publicationethics.org.

Ministry of Science Research & Technology
Tissaphernes Archaeological Research Group
www.tissaphernesArc.ac.ir

Ancient Iranian Studies
2024, VOL. 3, NO. 10: 5-34. OPEN ACCESS
https://doi.org/10.22034/AIS.2024.385445.1035

ANCIENT
IRANIAN
STUDIES

RESEARCH ARTICLE

A 7000-Year-Old Water Canal at Tepe Pardis?

Poorya Khadish[1]

Abstract

The 2000s excavations at Tepe Pardis in Varâmin unveiled several noteworthy findings, capturing the attention of researchers associated with or connected to the excavation team. Following fieldwork, excavators promptly published their interpretations of these discoveries, which included the identification of a potter's wheel, pottery kilns, and an irrigation canal. These interpretations, posited at the moment of detection, have persisted over time despite the inherently revisable nature of humanities research. One such interpretation focused on a triangular earthly feature near trench IV at Tepe Pardis, exposed through machinery activities. This feature was initially construed as an ancient irrigation canal operating at the end of the 6th millennium BC. The excavators extrapolated from this assumption to suggest the existence of forms of irrigated agriculture during the Early Chalcolithic Period in the Iranian Central Plateau. Notably, the excavators, in support of their hypothesis, did not present paleo-botany data—an essential set of documents regarded as the most reliable evidence for understanding agricultural practices. This paper aims to critically examine the so-called irrigation canal at Tepe Pardis by conducting a brief review of various water-transferring methods employed in Iran and its periphery from ancient times to the present. The objective is to unravel the true functioning of the feature and to question the validity of the excavator's interpretation.

Keywords: Water Canal; Irrigated Agriculture; Tepe Pardis; Late Neolithic Period; Early Chalcolithic Period.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] MA of Archaeology, Iran. poryakhadish@gmail.com
Article info: Received: 13 February 2023 | Accepted: 1 May 2024 | Published: 1 July 2024
Citation: Khadish, Poorya. (2024). "A 7000-Year-Old Water Canal at Tepe Pardis?". *Ancient Iranian Studies*, Vol. 3 (10): 5-34.
https://doi.org/10.22034/AIS.2024.385445.1035

Introduction

Excavations conducted in 2006 at Tepe Pardis in Varamin, Iran unveiled the presence of several canals located along the periphery of trenches, when being drilled by heavy machinery. Despite the absence of cultural artifacts within these canals, excavators speculated their antiquity, positing them as remnants of ancient times. They suggested the existence of a historical watercourse surrounding the mound.

Notably, one canal drew attention due to its triangular cross-section and steeped base, measuring one meter in length with a maximum depth of 24cm. This particular canal contained rip-up cast from underlying clays and flakes. The absence of cultural materials within these deposits raised suspicions, but excavators associated the feature with an artificial water canal linked to a tributary dating back to the end of the 6th millennium BC (Vidale *et al.*, 2018: 14).

Despite initial skepticism arising from the lack of cultural remnants, subsequent research on the form of the canal and its depth apparently supported the excavators' primary hypothesis. The findings almost convinced them that this artificial canal represented the earliest attempt by the inhabitants of the Iranian Central Plateau to channel water to their fields during the transition from the Neolithic to the Early Chalcolithic periods (Manuel *et al.*, 2018: 18).

The excavators put forth two lines of evidence that potentially supported the existence of irrigation facilities, and these will be thoroughly examined in the current paper. Intriguingly, these pieces of evidence not only suggest a connection to water canals but also serve as compelling counterarguments that could potentially refute the excavators' hypothesis.

Morphological Feature

In the images published and descriptions provided by the excavators, the observed features display a nearly triangular cut with a narrow opening at the right corner. Notably, there is a lack of discernible variation in the deposits surrounding it, resembling more a hole in a consistent and coherent way rather than an artificial canal exhibiting several post-depositional sequences. The absence of an explanation regarding how water could effectively flow in a triangular canal, particularly without a symmetric half, raises questions about the functionality of the structure. When considering the typology of various water canals, the Tepe Pardis feature cannot be readily categorized into any conventional and logical types of a watercourse.

Canal Deposits

The excavators did not provide details on the extent of the deposits found inside the emptied canal, but they asserted the absence of any cultural material. Interestingly, in the deposits surrounding the canal, sherds and cultural materials were explicitly identified (Gillmore *et al.*, 2009: 298). If the feature indeed functioned as an ancient watercourse, it would be expected that sherds and other artifacts would be transported from the surrounding context and deposited in its bed.

Discussion

Typically, ancient canals lacked a roof,

and at the conclusion of their use, they were filled with heavier and denser deposits, in contrast to the lightweight materials found in the Tepe Pardis feature. The absence of such heavier deposits within the feature is inconsistent with the usual pattern of canal filling, suggesting that the light and hollow sediments inside the Pardis may have been deposited through the transverse movement of erosion material during sudden floods, penetrating into a roofed hole rather than in the bed of a conventional water canal. This discrepancy raises questions about the feature's true nature and its alignment with established patterns of the deposition at any ancient watercourse.

If the feature identified as a triangular canal lacks the characteristics expected of an ancient watercourse, an alternative explanation emerges. The nature of the roofed hole revealed in the cut at the site, as well as in similar instances in the vicinity designated as natural canals, bears a striking resemblance to the holes created by rodents, particularly mice. The size and features of this canal align closely with the characteristics of mice holes.

In the preliminary report of Trench IV, numerous points were highlighted regarding tunnels dug by animals, without specification of the type. Significantly, the location of Trench IV directly overlays the cut made by the loader, and animal holes are scattered around the so-called irrigation canal and above it. Images from the report depict nested tunnels with adjunct branches and rest rooms. Additionally, remains of at least two more holes are discernible on the left wall of the trench at a higher altitude.

Conclusion

It appears that the diameter and size of these tunnels surpass those typically associated with holes created by mouse. The dimensions, specifications, and placement of these holes bear a striking resemblance to the nests of the Varamin Mouse (*Nesokia indica*). This particular species, also known as the *Short-tailed Nesokia*, boasts a size ranging from 150 to 215mm and a weight of 130 to 180g. approximately seven times larger than the house mouse. The Varamin Mouse has a robust body with a short, round muzzle and a tail. Equipped with wide and sturdy frontal teeth, this species is adept at digging long tunnels into the ground.

The nests of the Varamin Mouse exhibit several openings to the outside, which can be sealed with soil during hot days. Distributed in low plains up to an elevation of 1500m above sea level, the species constructs nests characterized by numerous branches, rest rooms, and entrance holes. The size of these resting rooms, where offspring are born and raised, varies between 15cm and 25cm. Given the species' permanent root-eating behavior, it doesn't engage in food storage, resulting in nests lacking dedicated storage areas.

Typology and the current elevation of the feature closely resembling the animal holes observed during the excavations at Tepe Pardis. Significantly, the feature is situated precisely around documented mice nests detailed in the excavation report. Inferred from the feature's appearance is a long and narrow entrance on the right, possibly designed to deter hunters, and a rest area on the left with sufficient height for nesting an

animal the size of the Varamin Mouse.

The absence of any cultural materials may be linked to inherent behavior of the animal, involving the continual cleaning of the nest (Jegstrup *et al.*, 2005: 154-155). Given the species' primary diet consisting of plant roots and its lack of storing behaviors, the absence of seeds and organic materials in the nests is unsurprising. It is conceivable that when the nest was abandoned and no longer protected, erosional materials carried by floods continued to fill the nest until reaching its full capacity.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Ancient Iranian Studies
2024, VOL. 3, NO. 10: 5-34. OPEN ACCESS
https://doi.org/10.22034/AIS.2024.385445.1035

ANCIENT
IRANIAN
STUDIES

مقالهٔ پژوهشی

کانال آبیاری ۷۰۰۰ ساله در تپه پردیس؟

پوریا خدیش[۱]

چکیده

طی کاوش‌های دههٔ ۱۳۸۰ تپه پردیس ورامین، مجموعه یافته‌های جدید و گاه منحصربه‌فردی مشاهده و گزارش شد که توجه محققان داخلی و خارجی عضو یا همکار هیئت کاوش را به خود جلب کرد. در سال‌های بین این کاوش‌ها یا اندکی پس از پایان آنها، کاوشگران به ارائهٔ دستاوردهای این مطالعات و انتشار تفسیرهای خود از این یافته‌ها پرداخته و تاکنون به تکرار فرضیات اولیهٔ خود ادامه داده‌اند. چرخ سفالگری، کورهٔ سفال‌پزی و کانال آبیاری ازجمله یافته‌های این کاوش‌ها بودند که به‌نظر می‌رسد کارکرد آنها در همان لحظهٔ کشف تعیین شده و با گذشت زمان تردیدی در ذهن کاوشگران نسبت به ماهیت آنها ایجاد نشده است. بااین‌حال، ازآنجاکه هویت علوم انسانی و تجربی تغییرپذیری آنهاست، مردود شدن فرض‌ها و نتایج حاصل از کاوش تپه پردیس هیچ‌گاه نباید دور از انتظار باشد. ازجمله یافته‌های کاوش تپه پردیس برشی تقریباً مثلثی‌شکل در دیوارهٔ مجاور محل کاوش بود که به عقیدهٔ کاوشگران می‌تواند نمایانگر یک کانال آب باستانی باشد. بر این مبنا کاوشگران نتیجه گرفته‌اند که این پدیده، یک سازهٔ مصنوعی و درواقع یک کانال آب برای آبیاری مزارع پیرامون تپه پردیس بوده است. در این مقاله با مروری بر سابقهٔ انتقال آب از قدیم‌ترین زمان‌ها تا دوره‌های اخیر در ایران و نواحی پیرامونی‌اش و همچنین بررسی دقیق‌تر این پدیده می‌کوشیم ماهیت آن را روشن کنیم.

واژه‌های کلیدی: کانال آب، کشت آبیاری شده، تپه پردیس، دورهٔ نوسنگی جدید، دورهٔ مس‌وسنگ قدیم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، پژوهشگر آزاد. poryakhadish@gmail.com
مشخصات مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۴ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۱۱ | تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۴/۱۱
استناد: خدیش، پوریا. (۱۴۰۳). "کانال آبیاری ۷۰۰۰ ساله در تپه پردیس؟"، *پژوهشنامهٔ ایران باستان*، سال ۳، شمارهٔ ۱۰: ۵-۳۴.
https://doi.org/10.22034/AIS.2024.385445.1035

مقدمه

طی دور جدید مطالعات باستان‌شناسی مرکز فلات ایران که از حدود دو دهه پیش و با همکاری تیم‌های بین‌المللی پژوهشی در دشت‌های تهران، کاشان و قزوین انجام شد یافته‌های جدیدی مرتبط با ابعاد مختلف زندگی جوامع کهن ساکن در این محدودهٔ جغرافیایی گردآوری و تفاسیری از آنها در انتشارات متعدد، ارائه شد. از نقاط مثبت این مرحلهٔ جدید پژوهشی در باستان‌شناسی مرکز فلات ایران حضور و فعالیت محققان علوم میان‌رشته‌ای و تخصص‌های مختلف در کنار باستان‌شناسان بود تا داده‌های متنوع گردآوری شده از یک کاوش در راستای بازسازی الگوهای فرهنگی و زیستی جوامع دورهٔ پیش از تاریخ این منطقه یکدیگر را تکمیل کنند. علاوه‌بر گروهی از سازه‌ها و ابزارهای قابل توجه، در یافته‌های باستان‌شناختی کاوش تپه پردیس ورامین بقایای یک پدیدهٔ زمینی مشاهده و ثبت شد که توجه کاوشگران را به خود جلب کرد. این پدیده یک برش با مقطع مثلثی شکل در حاشیهٔ تپه پردیس در میان نهشته‌های حاوی مواد فرهنگی دورهٔ نوسنگی جدید–مس‌وسنگ قدیم بود (تصویر ۱). چند سال پس از کاوش و مطالعه بر شکل برش و مواد انباشتی درون آن محققان را به این باور رساند که این بقایا متعلق به یک کانال آبیاری قدیمی و براساس تاریخ‌گذاری مواد بالا و پایین، این کانال مربوط به اواخر دورهٔ نوسنگی است. به‌این‌ترتیب، براساس شواهد موجود و سابقهٔ حفر کانال و آبیاری مزارع، این یافتهٔ تپه پردیس به‌عنوان قدیمی‌ترین تلاش ساکنان ایران برای آبرسانی به زمین‌های زراعی در اواخر هزارهٔ ششم پ‌م تفسیر شد (Manuel *et al.*, 2018: 18).

این نخستین مورد از تحولات بنیادین نسبت داده شده به ساکنان دورهٔ پیش از تاریخ تپه پردیس نبود. کشف برخی یافته‌ها با کاربرد تردیدآمیز دیگر مانند دیسک سفالی و سازه‌های خشتی و تفسیر آنها به‌عنوان چرخ سفالگری و کورهٔ سفال‌پزی نیز موجب انتساب برخی تحولات نادرست یا پیش از موعد به جامعهٔ مستقر در تپه پردیس و تعمیم آن به دورهٔ فرهنگی سیلک II در مرکز فلات ایران شد (نک. Fazeli *et al.*, 2009; 2010). تحولات مرتبط با سازمان تولید سفال در تپه پردیس که شامل تولید انبوه و صنعتی، متخصصان تمام وقت، استانداردسازی سفال و تخصص‌گرایی تولیدی بود در مقالهٔ مفصلی (خدیش، ۱۴۰۱) بررسی و تجدیدنظر شده است. در این مقاله ضمن مروری بر روش‌های متفاوت انتقال آب و قدمت آنها، به بازبینی پدیدهٔ معرفی شده تحت عنوان کانال آبیاری مصنوعی در تپه پردیس پرداخته و می‌کوشیم کارکرد و ماهیت آن را از دریچه‌ای دیگر ببینیم.

کانال تپه پردیس

در کاوش سال ۱۳۸۴ تپه پردیس شماری کانال در حاشیهٔ محل کاوش، جایی که به‌واسطهٔ خاکبرداری برش خورده بود، نمایان شد. هرچند درون این کانال‌ها مواد فرهنگی وجود نداشت اما کاوشگران آنها را مربوط به دوران کهن دانستند. آنها معتقدند که انباشته شدن این کانال‌ها با شن و رسوبات نشان می‌دهد که در دوران کهن جریان آبی در پیرامون تپه وجود داشته است (Fazeli *et al.*, 2007: 272). یکی از این کانال‌ها با مقطع مثلثی شکل، دیوارهٔ صاف و عمودی در یک سمت و کف شیب‌دار مورد توجه گروه کاوش قرار گرفت. طول این پدیده یک متر و حداکثر عمق آن ۲۴ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. درون این کانال به‌طور کامل با انباشته‌هایی از جنس شن‌های رسوبی، ورقه‌ها و ذرات رسی به اشکال نامنظم حاصل پوسته‌های تخریبی پر شده بود (تصویر ۲). پژوهشگرانی که بررسی و مطالعهٔ این پدیده

تصویر ۱. نمایی از پدیدهٔ زمینی تپه پردیس (Gillmore *et al.*, 2009, Fig. 6)

Fig. 1. Overview of the Pardis Feature (Gillmore *et al.*, 2009, Fig. 6)

را به انجام رسانده‌اند، اعتقاد دارند رسوبات موجود درون این کانال تا پیش از پر شدن کامل ظرفیت آن بیانگر وقوع حداقل ۳ مرحله طغیان سیل بودند. ساختار رسوبی این مواد اپیزودهایی از طغیان سریع سیلابی و شکل‌گیری لایه‌های ته‌نشستی افقی را نشان می‌دهند. به‌این‌ترتیب، کانال در زمانی نامشخص به مخزنی برای انباشته شدن رسوبات پس از فرونشست سیل تبدیل شد. جنس انباشت‌های درون این کانال به کلی با ماهیت مواد پیرامون آن در بالا، پایین و طرفین متفاوت است (Gillmore *et al.*, 2009: 289-91).

اگرچه نبود هرگونه مواد فرهنگی درون انباشت‌های این کانال برای کاوشگران تپه پردیس شک‌برانگیز بود[1] (Gillmore *et al.*, 2009: 298) اما از همان زمان مشاهدهٔ این ساختار، احتمال کاربری آن به‌عنوان یک کانال مصنوعی آبیاری متصل به سیستمی برای توزیع آب به قدمت اواخر هزارهٔ ششم پ‌م را مطرح کردند (Coningham *et al.*, 2006: 51; Vidale *et al.*, 2018: 14). مطالعات آزمایشگاهی متعاقب بر شکل این کانال و انباشت‌های درون آن فرض اولیهٔ کاوشگران را تقویت کرد و تقریباً به یقین رسیدند که این سازهٔ مصنوعی نمایانگر نخستین تلاش‌های مردمان ساکن مرکز فلات ایران برای دستکاری در مسیر طبیعی آب و رساندن آن به مزارع در برههٔ انتقال از دورهٔ نوسنگی به مس‌وسنگ قدیم بوده است (Fazeli and Matthews, 2021: 176). آنان در همین مقاله با ارجاع به (Gillmore *et al.*, 2009)، شروع آبیاری مزارع گندم و جو در تپه پردیس را به‌عنوان نشانه‌ای از گسترش پیچیدگی اقتصادی-اجتماعی در جوامع نوسنگی مرکز فلات دانسته‌اند. بااین‌حال، در مقالهٔ مورد ارجاع حتی یک بار نیز اسمی از گندم برده نشده و کاشت

[1] یکی از نشانه‌های اصلی تشخیص کانال‌های آبیاری باستانی وجود خرده سفال و مواد فرهنگی در بستر آن است. نک. ادامه.

تصویر ۲. نمای نزدیک از انباشت‌های درون پدیدهٔ زمینی پردیس (Gillmore *et al.*, 2009, Fig. 7)

Fig. 2. Detailed Examination of Depositions within the Pardis Feature (Gillmore *et al.*, 2009, Fig. 7)

جو هم فقط در بافت استقراری تپه علی‌کش و تپه سبز دهلران (و نه تپه پردیس) مورد اشاره قرار می‌گیرد (Gillmore *et al.*, 2009: 286). در مجموع، برخلاف نمونه‌برداری‌های منظم برای شناورسازی از لایه‌های تپه پردیس (فاضلی، ۱۳۸۶) تاکنون گزارشی از انواع بذرها و تغییرات ریخت‌شناسانهٔ دانه‌های گیاهی به‌عنوان مدارک غیرمستقیم از آبیاری مزارع در این محوطه منتشر نشده تا براساس اطلاعات دیرین‌گیاه‌شناسی بتوان شیوه‌های کشاورزی کهن مورد استفاده در این محوطه را بازسازی کرد. در نبود مدارکی از کانال‌های کشاورزی، دانه‌ها و بذرهای گیاهی مطمئن‌ترین یافته‌های غیرمستقیم برای اثبات شیوهٔ کشت محصولات کشاورزی هستند. برای مثال در دهلران باوجود کشف نشدن کانال آبیاری، دانه‌های کتان، سرنخی از کشت آبی دانسته شده، به این دلیل که نیاز بالای آب این نوع گیاه، کشت دیم آن را غیرممکن می‌ساخته است.

پیشینهٔ روش‌های تأمین و انتقال آب

وجود منابع دائمی و قابل اطمینان آب شیرین اصلی‌ترین نیاز انسان برای بقاء است. ازاین‌رو

در طول تاریخ زندگی بشر تمامی اقامتگاه‌های موقت یا استقرارگاه‌های دائمی انسانی در کنار یا در نزدیکی منابع دائمی آب مانند چشمه‌ها، رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین شکل گرفته است. این موضوع به‌ویژه در نقاط خشک و کم‌آبی مانند فلات ایران و خاورنزدیک نمود بیشتری یافته است؛ با یافتن منبع جدیدی از آب شیرین استقرارگاه تازه‌ای برپا می‌شد و کاهش در میزان و کیفیت یا خشک شدن آب عاملی برای ترک استقرار یا نابودی آن بود. اهمیت این منبع زیستی در جوامع انسانی به حدی بود که در دورهٔ زمانی کهنی مانند نوسنگی پیش از سفال B (حدود ۸۰۰۰ پ‌م) جمعیت‌های ساکن در درهٔ اردن با ابزارها و دانش بدوی خود تلاش شگرفی برای تأمین آب آشامیدنی از طریق حفر چاه و مقاوم‌سازی دیوارهٔ آن انجام داده‌اند (Garfinkel *et al.*, 2006). در مناطق گسترده‌ای از خاورنزدیک، فائق آمدن بر محدودیت زیست‌محیطی کمبود آب از یک طرف زمینهٔ افزایش جمعیت در محیطی که پیش از آن غیرمسکونی بود را فراهم آورد و از طرف دیگر اقتصاد معیشتی کشاورزی و دامپروری را تقویت کرد. اگرچه دامداران می‌توانستند برای رسیدن به منابع آب زندگی کمابیش متحرکی داشته باشند اما سبک زندگی وابسته به کشاورزی بی‌شک نیازمند سکونت دائمی در نزدیکی منابع آب بود.

استفاده از دانه‌های گیاهی که از اواخر دورهٔ فراپارینه‌سنگی با گردآوری روشمند غلات خودرو در خاور نزدیک آغاز شده بود به‌تدریج به اهلی شدن گونه‌های مستعد و اقتصادی‌تر منجر شد. پس از مدتی آزمون و خطا در دورهٔ نوسنگی پیش از سفال (حدود ۱۱۰۰۰ پ‌م) کشت دیم برخی گونه‌های اهلی‌شده مانند گندم تک‌ردیفه (*Triticum monococcum*)، گندم دوردیفه (*Triticum dicoccum*)، جو (*Hordeum vulgare*)، عدس (*Lens culinaris*) و انواع دیگر در خاک‌های غنی دالان لوانتی[1] (شامل درهٔ اردن و فرات میانی. رک: Bar-Yosef, 1998) و دامنه‌های زاگرس (Riehl *et al.*, 2013)، توسعه یافت و انسان به منابع گیاهی وابسته شد. بااین‌حال، زمان‌بندی و میزان بارندگی‌ها در این مناطق منظم نبود و تکیهٔ صرف بر بارش سالانه، کشاورزی را به عملی پرمخاطره تبدیل می‌کرد. در واکنش به این چالش زیست‌محیطی برخی جوامع راهکار آبیاری مزارع در زمان کمبود بارش‌ها را برگزیدند. کشت آبیاری شده هرچند عملی دشوار و پر زحمت بود، علاوه‌بر آن که اطمینان از داشت محصول را تا حدودی تضمین می‌کرد، بازده گیاهان در سطح زیر کشت را نیز افزایش می‌داد. به‌عنوان مثال، در سال ۱۳۷۰ متوسط بازده گندم در زمین‌های آبیاری شدهٔ عراق ۲/۷ تن در هکتار و ۱/۷ تن در هکتار در کشت دیم نقاط با میزان بارندگی بهینه[2] بوده است (Jaradat, 2002: 45). در ایران و نواحی پیرامونی‌اش روش‌های مختلفی در زمان‌های متفاوتی برای رساندن آب به مزارع به‌کار گرفته شد که در ادامه مروری بر آنها خواهیم داشت.

کانال

در برخی نقاط دنیا با زمین‌های مستعد کشاورزی و منابع سطحی آب، پتانسیل طبیعی برای افزایش بهره‌وری کشاورزی از طریق حفر کانال‌های آب و آبیاری مزارع وجود دارد. جنوب بین‌النهرین و دلتای نیل از جملهٔ این مناطق هستند که ساکنان آن توانستند سامانه‌های کارآمد آبیاری را توسعه داده و به انباشت ثروت و قدرت دست یابند. در

[1] Levantine Corridor

[2] باوجوداین، خشکسالی یا بارش در زمان نامناسب می‌تواند بازده در سطح را از صفر تا حدود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش دهد.

بین‌النهرین زمان‌بندی نامناسب بالا آمدن سطح آب رودها و سپس کاهش آن عامل مهمی برای احداث سازه‌های آبیاری بوده است. سطح آب دجله و فرات در فصل زمستان بالا می‌آید و در ابتدای بهار با ذوب شدن برف و یخ در حوضهٔ آبگیر آنها و همچنین بارش‌های بهاره به حداکثر میزان خود می‌رسد. این زمان برای بهره بردن غلاتی که در زمستان کاشته شده‌اند دیگر دیر است؛ بالا آمدن سطح آب بهاره به‌ویژه در مورد رود دجله که طغیان‌های شدیدتر و غیر قابل پیش‌بینی‌تری نسبت به فرات دارد می‌تواند به تخریب فاجعه‌بار مزارع و نابودی غلاتی که آمادهٔ درو هستند منجر شود. افزایش جریان آب بهاره همچنین برای کاشت تابستانهٔ محصولات نیز بسیار زود و غیر قابل استفاده است؛ در فصل تابستان آب به پایین‌ترین سطوح خود می‌رسد و جاری ساختن آن بر سطح زمین‌های زراعی دشوار می‌شود. به‌این‌ترتیب، احداث سازه‌های کنترل، بالا آوردن سطح آب و انشعاب آن نقش بسیار مهمی در کاهش تأثیرات مخرب سیلاب‌ها یا کمبود آب و در نتیجه فراهم آمدن امکان تولید مازاد محصول داشته است (Downing & Gibson, 1974: 7-12). درواقع، پس از آبیاری روشمند مزارع در اوایل هزارهٔ چهارم پ‌م بود که رشد زیادی در ابعاد محوطه‌ها و تراکم آنها در دشت آبرفتی جنوب بین‌النهرین رخ داد (Bagg, 2012: 268).

تا به امروز، قدیم‌ترین مدرک از انشعاب آب از رودخانه با ایجاد کانال آبیاری مصنوعی مربوط به ابتدای هزارهٔ ششم پ‌م از محوطهٔ چغامامی در شرق بغداد است. این محوطه در مثلثی میان دو رودخانهٔ گنگیر و آب‌نفت در نقطه‌ای قرار گرفته که از گنگیر انشعابی به رود آب‌نفت که با اختلاف سطح اندکی پایین‌تر جریان دارد، متصل می‌شود. ازاین‌رو، عامل ارتفاع و قرار گرفتن بین دو رودخانه خود زمینهٔ مساعدی برای احداث کانال آب فراهم می‌آورده است. کاوشگران چغامامی در ضلع شمالی تپه مجموعه‌ای از کانال‌های آبیاری را مشاهده کردند که جدیدترین آنها در سال ۱۹۶۷ همچنان مورد استفاده بود اما قدمت بقیه آنها به دورهٔ فرهنگی سامره (۶۰۰۰-۵۵۰۰ پ‌م) می‌رسید. در حاشیهٔ جنوبی تپه یک کانال بزرگ (به عرض ۱۰ متر) که کف آن سفال‌های دورهٔ سامره وجود داشت، کاوش شد. علاوه‌بر این، آثار سطحی از کانال‌هایی دیگری در مجاورت تپه مشاهده شد که براساس شواهد موجود تا دوره‌های عبید و اوروک نیز مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند (Oates and Oates, 1976: 128-33). ازآنجاکه آب این کانال در مسیری مخالف از جنوب شرق به سمت شمال غرب، تقریباً به موازات اولین ردیف از پشته‌های محوطه جریان می‌یافت و تمامی آبکندهای طبیعی حاشیهٔ تپه را بریده بود، باستان‌شناسان اطمینان یافتند که این کانال به هیچ عنوان طبیعی نبوده است (Oates, 1969: 128-133). مطالعات باستان‌گیاه‌شناختی بر دانه‌های کربنیزه شده (ازجمله جو شش ردیفه) نیز نشان داد که اشکالی از آبیاری گیاهان در این محوطه انجام می‌شده است (Rost, 2017: 7).

در طول دوره‌های پس از سامره کاربرد کانال‌های آبیاری در بین‌النهرین به‌تدریج گسترده‌تر شد و روش‌های پیچیده‌تری برای حفر، حفظ و مدیریت آنها به کار گرفته شد. به‌عنوان مثال، براساس متون بایگانی شدهٔ معبدی از لاگاش مربوط به ۲۴۷۵-۲۳۱۵ پ‌م، مشخص شده که سازمان آبیاری این محدوده شامل شبکه‌ای چندمرحله‌ای به این شرح بود: آب از رودخانه توسط تنظیم‌کننده‌هایی به کانال‌های اولیه منتقل شده و از آنجا به کانال‌های ثانویه انشعاب می‌یافت. سپس توزیع‌کنندگان با ایجاد مخزن و بند، جریان آب را تنظیم و درنهایت

آن را روانهٔ مزارع می‌کردند. حاکم شهر مسئول حفر کانال‌های اولیه و تنظیم‌کننده‌ها بود و معابد احداث و نگهداری سازه‌های کوچک‌تر آبیاری و توزیع آب بین کشاورزان را در دست داشتند (Schrakamp, 2018: 117). حجم ساخت‌وساز و تلاش برای حفظ و کارایی کانال‌های آب در دورهٔ بابل قدیم و به‌خصوص در زمان حمورابی به اوج خود رسید. او که شمال و جنوب بین‌النهرین را متحد ساخته بود کانال‌های تخریب شدهٔ پیشین در محدودهٔ امپراتوری خود را بازسازی و کانال‌های جدیدی را حفر کرد. اهمیت و ابعاد این کانال‌ها به‌حدی بود که در تصاویر آنها در نقشه‌های شهری این دوره بروز و نمود یافت. بزرگ‌ترین این کانال‌ها که از شهرهای نیپور، اور، اوروک، ایسین، لارسا و اریدو عبور می‌کرد، ۱۶۰ کیلومتر طول داشت و نام «برکت حمورابی برای مردم» بر آن نهاده شده بود (Adamo & Al-Na-seri, 2020: 46). در دورهٔ آشور نو طرح‌های انتقال آب بسیار پرکار و پر هزینه‌ای مانند کانال سناخریب در جروانه[1] اجرا شد. جروانه کانالی از سنگ‌های تراش‌خورده در کف و دیواره با پل و سازه‌های یادمانی چشمگیر بود که آب را از رود گومل‌سو به حوالی نینوا می‌رساند (Fales & Del Fabbro, 2016). محققان پیشین این سازه را یک قنات باستانی دانسته و آن را به اقتباس پدر او، سارگن دوم از قنات‌های ایران نسبت می‌دادند. بااین‌حال، ازآنجاکه تقریباً بیشتر مسیر این کانال روباز بود، طبق تعاریف پذیرفته شده (Boucha-rlat, 2001, 2003) نمی‌توان این سازه را یک قنات دانست.

در ایران مدارک دیرین‌قوم‌گیاه‌شناختی نشان داده که آبیاری از مرحلهٔ سبز (۵۲۰۰-۵۰۰۰ پ‌م) تپه علی‌کش و در چغاسفید انجام می‌شده و شاید بتوان سابقهٔ آن را تا حدود ۶۰۰۰ پ‌م به عقب برد. مطالعات بر مدارک مستقیم و غیرمستقیم نشان می‌دهد که آبیاری مزارع در دهلران از مرحلهٔ انتقالی چغامامی (۵۴۰۰-۵۲۰۰ پ‌م) آغاز شد (Neely and Wright, 1994: 194). در این زمان اقتصاد معیشتی محوطه‌های غرب ایران دستخوش تغییراتی شد و شمار آنها نیز افزایش یافت (Hole, 1987: 35). وجود جو شش ردیفهٔ بدون غلاف (نوعی از غلات که غالباً باید آبیاری شود)، گندم شش ردیفهٔ بدون غلاف، عدس دانه درشت، کتان و وجود استخوان گاو اهلی همگی شواهدی از تغییر در سازمان اجتماعی و شروع کشاورزی آبیاری شده هستند. مدارک مستقیم آبیاری در اینجا شامل کشف کانال‌های آب پهن و کم‌عمق با پشته‌های کوتاه و الگوی پوشش گیاهی متراکم‌تر در حوالی آنهاست (Neely and Wright, 1994: 186). اگرچه این دو محوطه در محدودهٔ کشت دیم واقع شده‌اند (Miller, 2003: 12) اما در کنار هر دو محوطه منابع دائمی آب وجود دارد. احتمال داده شده کیفیت پایین آب مورد استفاده برای آبیاری زمین‌ها در طول دو هزار سال بعد، به شوره‌زار شدن خاک و تخریب زیست‌محیط منطقه در مرحلهٔ بیات منجر شده باشد (Hole *et al.*, 1969: 364).

تپه یحیی در جنوب شرق ایران نیز مدارکی از کشت آبیاری شده ارائه کرده است. در دولت‌آباد هم بارندگی اندک است و هم رودخانهٔ مهمی برای آبیاری وجود ندارد. به‌این‌ترتیب، جوامع پیش از تاریخ به‌احتمال به جریان موقتی آب باران در مسیل‌ها، روان‌آبها و سیلاب‌ها وابسته بودند. به‌دلیل ترک کامل محدودهٔ این تپه‌های باستانی، شبکه‌های آبیاری و مزارع آن از هزارهٔ چهارم پ‌م تا زمان کاوش تپه در دههٔ ۱۹۶۰ میلادی دست نخورده باقی مانده بود. در اینجا محوطه‌های عصر مس‌وسنگ بر تعدادی مخروط‌افکنهٔ شنی که

[1] Jerwan

توسط رود خشک ایجاد شده بود شکل گرفتند. در شمال این مخروط‌افکنه‌ها تعدادی مزارع قدیمی روی خاکی با قابلیت نگهدارندگی بالای رطوبت ایجاد شده بودند که با روان‌آب‌های سیلابی تغذیه می‌شدند. در اواخر هزارهٔ ششم پ‌م کشاورزی با این روان‌آبها موجب شکل‌گیری شمار بالایی از استقرارهای انسانی شد. در اواسط هزارهٔ پنجم پ‌م این استقرارها به مرکز مخروط‌افکنه، جایی که هم از جریان سیلابی و هم آب رود خشک تغذیه می‌شد، تغییر مکان دادند. در برش یکی از این محوطه‌ها بقایای حداقل دو کانال آب مشاهده شد که در کف آنها قطعات سفال و مواد فرهنگی وجود داشت. به‌احتمال این کانال‌ها از سدهای کوچک سنگی پراکنده در کف دره تغذیه می‌شدند که مشابه آنها همچنان در نواحی جنوب شرق ایران و پاکستان تا چند دههٔ پیش وجود داشت. بقایای گیاهی شامل گندم دوردیفه، جو بدون غلاف دو و شش ردیفه، ارزن، کِبر[1] و خرما نشان‌دهندهٔ وجود کشت آبیاری شده در این محوطه‌ها است (Prickett, 1979: 50-3; 1986: 728).

مدارک باستان‌شناختی در زمینهٔ ساخت کانال‌های آبیاری در بسیاری از دیگر نقاط ایران اندک و غیرمطمئن هستند. به‌عنوان مثال، در نبود مطالعات متمرکز بر سازه‌های آبیاری و دیرین‌گیاه‌شناسی در دورهٔ پیش از تاریخ دشت شوشان، شروع به آبیاری مزارع فقط از دورهٔ اوروک به بعد با تغییر مکانی محوطه‌ها به سمت غرب دشت، جایی که برای آبیاری زمین‌ها مناسب‌تر بود، پیشنهاد شده است (هول، ۱۳۸۱: ۹۱). درعین‌حال، متروک شدن دشت شوشان با منابع آب فراوان و خاک مستعد در دورهٔ متعاقب آن یعنی شوش III پرسش برانگیز است (آلدن، ۱۳۸۱: ۳۲۶). وجود دانهٔ کتان در شهرسوخته و تپه یحیی و گندم معمولی (*Triticum Aestivum*) نیز به‌عنوان نشانه‌ای از کشت آبی در هزاره‌های پنجم تا سوم پ‌م تفسیر شده است (Miller, 2003: 13). سامنر پس از بررسی دشت مرودشت به این نتیجه رسید که کشت آبیاری شده با توسعهٔ کانال‌ها در این محدوده از دورهٔ جری (۶۰۰۰ پ‌م) آغاز شده است. او حتی گسست بزرگ استقراری میان دورهٔ بانش و کفتری را به‌دلیل آبیاری بیش از حد مزارع در دورهٔ بانش و شور شدن زمین‌های کشاورزی به‌دلیل نبود زهکش مناسب در این دشت دانسته است (Sumner, 1990b). بااین‌حال مدارک مستقیم و غیرمستقیم مرتبط با آبیاری از فرض‌های او پشتیبانی نمی‌کنند (نک. Powell, 1985).

مطالعات باستان‌شناسی نشان داده‌اند که اغلب استقرارهای پیش از تاریخ ایران در کنار چشمه‌ها و منابع سطحی آب شیرین شکل می‌گرفتند. از مهم‌ترین دلایل این مکان‌یابی، فراهم نبودن روش‌های آبرسانی به‌دلیل شیب نامناسب زمین در ناحیهٔ غالباً کوهستانی ایران و قلت منابع سطحی آب در دشت‌های با شیب مناسب‌تر بوده است. باوجوداین، قرارگیری در کنار منابع آب مناسب برای کشاورزی همواره اولویت همهٔ مردمان در همهٔ زمان‌ها نبوده است. به‌عنوان مثال، برخلاف دورهٔ پیشین که در کنار منابع آبی استقرار می‌یافتند، محوطه‌های دورهٔ عبید ماهیدشت در نواحی مرتفعی قرار دارند که آبیاری زمین‌های وابسته به آنها امکان‌پذیر نیست. محققان علت این تغییر مکانی را افزایش بارندگی در هزارهٔ پنجم پ‌م و فراهم آمدن امکان کشت دیم عنوان کرده‌اند (Levine & Mc. Donald, 1977: 49-50). اطلاعات ما از روش‌های آبرسانی در هزاره‌های بعد اندک است مانند مدارکی از کرت‌های آبیاری در استقرار هزارهٔ سوم پ‌م در

[1] گیاهی از راستهٔ کلم‌سانان.

شهداد (کابلی، ۱۳۶۲)، یک الگوی استقرار خطی دورهٔ ایلامی در میانآب شوشتر (Mogh-adam & Miri, 2007: 51) و «نهر کورش» در حوالی بغداد (Zawadzki, 2000; MacGinnis, 2003: 50). به‌نظر می‌رسد در این زمان با اهمیت یافتن اقتصاد معیشتی کوچروی بنا به دلایلی مانند تغییرات اقلیمی و همچنین منازعات بین منطقه‌ای کشت دیم، شیوهٔ غالب کشاورزی در بخش بزرگی از ایران بوده است. ادمز نیز ارتباطی میان توسعهٔ قدرت نظامی حکومت ایلام با الگوی روستاهای متراکم و کشت آبیاری شده در سرزمین‌های پست شوشان، جایی که قلب حکومت ایلام خوانده شده، نیافته است (Adams, 1962: 115).

در میان حکومت‌های هزاره‌های اخیر، اقدامات شاهان اورارتویی در ساخت‌وساز پروژه‌های آبرسانی شاخص است به‌نحوی‌که لقب بزرگ‌ترین حکومت دارندهٔ سازه‌های آبی در آناتولی و آسیا را به آنها داده‌اند (مثلاً: Or-han, 2004: 346). پیشینهٔ ساخت کانال‌های آبی در محدودهٔ حکومت اورارتو به دورهٔ هیتی‌ها و آشوریان بازمی‌گردد که برخی از آنها با استحکام‌بخشی‌های انجام شده تا دورهٔ عثمانی‌ها کارآیی خود را حفظ کردند. یکی از جالب‌توجه‌ترین اقدامات اورارتوها انتقال آب برای ساخت دریاچه‌های مصنوعی در اطراف دریاچهٔ وان از طریق تنبوشه‌های سفالی و کانال‌های سنگی بوده است (Belli, 1994). اورارتوها همچنین شمار بالایی از سازه‌های آبی شامل سد، کانال، آبراهه و دریاچهٔ مصنوعی را در شرق آناتولی احداث کردند که اغلب دارای کتیبهٔ ساخت مفصلی نیز هستند (نک. Ziman-sky, 1985). پیشنهاد شده که گستردگی اقدامات آبرسانی اورارتوها نه‌فقط برای افزایش بهره‌وری کشاورزی بلکه همچنین به‌منظور تقویت مراتع و چمنزارها برای توسعهٔ دامپروری در قلمرو پادشاهی اورارتو بوده است (ifci and Greaves, 2013).

از توسعهٔ کانال‌های منشعب از رودها در دورهٔ هخامنشی درون ایران اطلاعات چندانی در دست نیست هرچند خشکسالی و کمبود آب دغدغهٔ بزرگی برای حاکمان این دوره بوده است. مدارکی از آبرسانی هخامنشیان به کاخ‌های پاسارگاد و تخت‌جمشید و ساخت سد و بند از رودهای سیوند، پلوار و کر (Sumner, 1986; Boucha-rlat *et al.*, 2012) به‌دست آمده است. درعوض، هخامنشیان با حفر کانال‌های عرضی[1] که آب فرات را به سمت شرق منشعب می‌کرد گام بزرگی در تغییر زمین‌سیمای بین‌النهرین و بهره‌برداری گستردهٔ کشاورزی از زمین‌های آن برداشتند (Za-wadzki, 2000). قدیمی‌ترین توصیف روشن از سامانهٔ کانال‌های آبیاری در دشت آبرفتی بین‌النهرین در نگاشته‌های جغرافیایی اوایل اسلام، پس‌زمینهٔ احداث کانال‌های قدیمی‌تر را روشن می‌سازد. طبق توصیف یحیی بن سرافیون (قرن سوم هجری) در زمان او کانال‌های عظیم عرضی بر سامانهٔ کهن انشعاب‌های موازی که آب فرات را در امتداد مرکز دشت آبرفتی منتقل می‌کرد ساخته شد (تصویر ۶). این کانال‌های عرضی امکان استفادهٔ گسترده از منابع آبی و رشد چشمگیر استقرارها و کشاورزی در محدوده‌های آبیاری شده را فراهم آورد. مدرکی از احداث چنین سامانه‌ای در دورهٔ بابل نو وجود ندارد اما اشارهٔ هرودوت به وجود آنها در میانهٔ قرن پنجم پ‌م نشان می‌دهد که به‌احتمال فراوان توسط هخامنشیان احداث شده‌اند. اشارهٔ سرافیون به قابلیت کشتیرانی در بزرگ‌ترین این کانال‌ها، کاربرد دوگانهٔ آنها علاوه‌بر آبرسانی، به‌عنوان ابزاری برای تسهیل حمل‌ونقل کالاها و مازاد

[1] transverse canal

محصول را نشان می‌دهد. گزنفون نیز به وجود حداقل چهار کانال عرضی در این دشت اشاره می‌کند که عرض هرکدام حدود ۳۰ متر بود. کتیبه‌های خط میخی از معابد دورهٔ هخامنشی در سیپار و اوروک و همچنین بایگانی موراشو در نیپور به قوانین استوار حکومتی برای نگهداری این سامانه‌های آبیاری اشاره دارند (Christensen, 1993: 74-77).

به‌نظر می‌رسد در دورهٔ هخامنشی توجه به شیوهٔ تازه ابداع شدهٔ قنات در نواحی فاقد آب‌های با قابلیت کانال‌کشی بیشتر بوده است. پلیبیوس به وجود قنات در بیابان‌های شمال ایران اشاره کرده و توضیح می‌دهد در دورهٔ هخامنشی به کسانی که قنات حفر می‌کردند و آب را به نقاط بایر می‌آوردند به مدت پنج نسل اجازهٔ بهره‌برداری از زمین‌ها (به‌احتمال معاف از مالیات) داده می‌شد. این نکتهٔ مهمی در حمایت هخامنشیان از تولید کشاورزی و تأییدی بر گسترش سامانه‌های قنات در این دوره است (Beriant, 1996: 369-389). در دوره‌های فراهخامنشی و اشکانی نیز توجه به سازه‌های آبیاری روزمینی و زیرزمینی ادامه یافت (نک. Adams, 1962; Wenke, 1975) و سرانجام بزرگ‌ترین عملیات حفر کانال پیش از اسلام توسط ساسانیان در دشت‌های پر آب خوزستان و بین‌النهرین انجام شد (Adams, 2005: 28-30). از عمده‌ترین برنامه‌های آبرسانی ساسانیان که بعدها مورد تحسین تاریخ‌نویسان اسلامی قرار گرفت، کانال نهروان بود که آب دجله را در مسیری به طول ۲۳۰ کیلومتر در امتداد سرزمین‌های پست دیاله تا شرق بغداد منتقل می‌کرد. این کانال که به‌احتمال در قرن ششم میلادی ساخته شده بود می‌توانست ۸۰۰۰ کیلومتر مربع از زمین‌های زراعی بین‌النهرین را آبیاری کند (Wilkinson and Rayne, 2010: 122). به‌نظر می‌رسد پادشاهان ساسانی با سرمایه‌گذاری گسترده بر کشاورزیِ این مناطق هم تمهیدی برای خشکسالی‌های بزرگ (مانند قحطی هفت ساله ۴۶۴-۴۷۱ م. در زمان پیروز یکم) اندیشیده و هم از مازاد محصول و مالیات بر زمین‌های پربازده آن برای تقویت بنیهٔ پادشاهی خود استفاده کرده‌اند (برای کانال‌های آب ساسانی در نقاط مختلف امپراتوری نک. بارتولد ۱۳۵۰؛ Alizadeh and Ur, 2007; Sauer *et al.*, 2013: 599).

پس از حملهٔ عرب‌ها به ایران، سازمان آبیاری و کشاورزی بین‌النهرین و خوزستان رها شد و به دنبال آن کاهش چشمگیری در تعداد استقرارگاه‌ها و جمعیت این مناطق رخ داد (Adams, 1965: 84). خشکسالی‌ها، امراض فراگیر، مالیات‌ستانی بیش از حد و تخریب سامانه‌های آبیاری، مناطق آباد پیشین را به سرزمینی متروکه تبدیل کرد؛ غیرقابل سکونت، بد آب‌وهوا با انبوهی از جانوران زهردار و حشرات گزنده، توصیفی است که ثعالبی از خوزستان در ابتدای قرن ششم هجری ارائه می‌دهد (Christensen, 1993: 135). پس از فترت اولیه و با شکل گرفتن حکومت‌های آبادگری مانند سامانیان تلاش‌ها برای حفر کانال‌های آبرسانی و تولید مازاد محصول کشاورزی در نقاط مستعدی مانند ماوراءالنهر افزایش یافت. اهمیت منابع غذایی تولید شده در منطقهٔ اخیر به حدی بود که با از دست رفتن کنترل بر ماوراءالنهر، قحطی و گرسنگی بر خراسان سایه می‌افکند (بارتولد، ۱۳۸۷: ۴۲۱).

ساخت و نگهداری مداوم کانال‌های آبیاری عملی بسیار دشوار و پرهزینه بود؛ تقریباً هر سال به دنبال طغیان‌های بهاره بسیاری از کانال‌ها تخریب شده یا با گل و لای انباشته می‌شد (رک. Houtum -Schindler, 1891: 288-9). ازاین‌رو، بخش عمده‌ای از زمین‌های کشاورزی ایران در نواحی با متوسط میزان بارندگی سالانهٔ حدود ۳۰۰ میلی‌متر به کشت دیم گندم و جو

اختصاص می‌یافت. ازآنجاکه رژیم بارندگی‌ها در ایران منظم نبود، بروز قحطی در خشکسالی‌های طولانی، جمعیت بزرگی از انسان و حیوان را به کام مرگ می‌کشید (برای یک نمونهٔ جدید نک. ویلز، ۱۳۶۸: ۲۸۷-۲۹۳).

تمهیدات دیگری برای بهره‌برداری از منابع آب وجود داشته که اغلب مربوط به دوران تاریخی هستند. به‌عنوان نمونه قنات[۱] و شدوف، تنبوشه و چرخاب.[۲]

[۱] کمبود آب در بسیاری از نقاط ایران به‌ویژه در حاشیهٔ کویرها مهم‌ترین مانع در افزایش تعداد استقرارها و جمعیت انسانی بود. درواقع اشاره شده که تا پیش از ابداع و فراگیر شدن تأسیسات هوشمندانهٔ قنات (حدود ۱۰۰۰ پ‌م)، شمار استقرارگاه‌ها در حواشی مرکز فلات ایران بسیار اندک بوده است (Manuel *et al.*, 2018: 18). به‌دلیل کمبود منابع آب سطحی، تبخیر شدید و حجم بالای نشت در مسیر، ایرانیان به جای ساخت کانال‌های روی زمینی به عملیات دشوار و پیچیدهٔ احداث کانال‌های زیرزمینی در مسیرهای طولانی روی آوردند. قنات ابزاری ساده برای تجمیع و انتقال آب‌های زیرزمینی در نواحی آبرفتی شیبدار است. ساختار قنات شامل دو بخش است: ۱) پیشکار یا مادر چاه که از سطح تا عمق زمین برای رسیدن به آب حفر می‌شود؛ ۲) تونلی با شیب ملایم که آب را در نقطه‌ای مشخص بر مخروط افکنهٔ آبرفتی ظاهر می‌سازد. بزرگ‌ترین ابعاد در قنات‌های ایران شامل ۷۲ کیلومتر طول قنات زراچ یزد و ۲۸۰ متر عمق مادرچاه قنات قصبهٔ گناباد است. بااین‌حال، طول اغلب قنات‌ها حدود ۴ کیلومتر و عمق چاه‌های آنها بین ۴ تا ۵۰ متر است (Christensen, 1993: 152). تا نیم قرن پیش، حدود ۳۰ هزار رشته قنات با حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر مجموع طول میل قنات و تونل‌های زیرزمینی، ۷۵ درصد از آب مورد نیاز ایران را تأمین می‌کردند. دبی آب این قنات‌ها متفاوت بود؛ به‌عنوان مثال، در اواخر دههٔ ۴۰ شمسی از ۲۰۰ رشته قنات در محدودهٔ دشت ورامین دبی آب آنها از ۲۷۰ لیتر در ثانیه تا کمتر از یک لیتر در ثانیه متغیر بود (Wulff, 1968: 94-6). حفر قنات نیازمند داشتن دانش و مهارت‌هایی ویژه است. ابتدا باید مکان مناسب برای حفر مادر چاه را پیدا کرد که گاه نیازمند حفر چند چاه آزمایشی است. آنگاه مقنیان باید با دقت فراوان مسیر و شیب تونل زیرزمینی را تعیین کنند. پس از رسیدن به آب در مادر چاه و مشخص کردن محل مظهر، کار کندن تونل‌ها از مظهر به سمت مادرچاه آغاز می‌شود. آنها در طول مسیر میله‌های قنات را در فواصل معین برای تهویهٔ هوا، نورگیری و خارج کردن خاک تونل‌ها حفر می‌کنند. این خاک که به شکل تپه‌ای گرد دورتادور میلهٔ قنات تخلیه می‌شود، از جریان‌یابی سیلاب به درون قنات و تخریب آن جلوگیری می‌کند. اگر مقنیان در طول مسیر به شن یا خاک سست برخورد کردند برای استحکام دیواره از کَوَل‌های گلی که یا پخته شده یا در آفتاب خشک شده‌اند استفاده می‌کنند. دشوارترین مرحلهٔ کار اتصال تونل به منبع آب زیرزمینی است که می‌تواند برای مقنیان مخاطرات فراوانی ازجمله ریزش دیواره و یا خفه‌شدگی بر اثر شدت جریان آب داشته باشد. پس از برقرار شدن جریان آب، قنات نیازمند انجام لایروبی‌ها و تعمیرات مداوم است. میزان دبی آب قنات‌ها به عمق مادرچاه و ماهیت منبع آب زیرزمینی بستگی دارد اما خشکسالی‌های طولانی تمامی قنات‌ها حتی آنها که عمیق‌ترین مادرچاه‌ها دارند را نیز خشک می‌کند.

برای مدت‌ها تعداد، ابعاد و انرژی صرف شده برای حفر و کارکرد قنات‌های ایران موجب حیرت و شگفتی سیاحان، مورخان و باستان‌شناسان شده بود؛ آنها بی‌هیچ شکی منشاء این فناوری را سرزمین ایران می‌دانستند که دانش احداث آن از موطن خود به نقاط گسترده‌ای از ژاپن تا اسپانیا منتشر شده بود (Al-Ghafri, 2018) (توسعهٔ سیستم انتقال آب زیرزمینی کاملاً شبیه به قنات به نام محلی پوکوئیوس (*puquios*) در فرهنگ نازکا (۱۰۰ پ‌م تا ۸۰۰ میلادی) در شیلی و پرو اثبات شده اما مسئلهٔ انتقال دانش ساخت آن به قارهٔ امریکا در دورهٔ پیشا-کلمبی یا بومی بودنش روشن نیست). بااین‌حال، طی چند دههٔ اخیر شبهاتی دربارهٔ خاستگاه قنات مطرح شده تا جایی که به‌تازگی نسبت دادن ابداع آن به ایران را «سندروم ایرانی» نام نهاده‌اند (Hehmeyer, 2017). نظریهٔ جدید را یاسین ولید تکریتی با کاوش در شهر العین امارات و به دنبال کشف قنات‌هایی مربوط به اوایل عصر آهن (۱۳۰۰-۳۰۰ پ‌م) که به اعتقاد او چند قرن قدیمی‌تر از نمونه‌های ایرانی هستند، گسترش داد (Al Tikriti, 2002). پس از او برخی محققان دیگر بحث کردند که به‌دنبال خشکسالی‌های گسترده در اواخر هزارهٔ دوم پ‌م و به مخاطره افتادن حیات جوامع محلی جنوب شرق شبه‌جزیره که در آن زمان از طریق استخراج و تجارت مس با جوامع بین‌النهرینی اقتصاد پویایی داشتند نوعی سامانهٔ انتقال آب به نام امروزی فَلَج (*falaj*) در نقاطی از عمان، یمن و امارات ابداع و به‌کار گرفته شد (Charbonnier, 2014). گروه دیگری از باستان‌شناسان نیز با ذکر نمونه‌های موردی، فرضیهٔ چند مرکزی بودن ابداع قنات در ایران و شبه‌جزیره را مطرح کردند (مانند: Magee, 2005; Boucharlat, 2017). برای مشخص ساختن منشاء قنات به مطالعات بیشتر نیاز است اما فارغ از هرنوع بحث جانبدارانه شاید قابل توجه باشد که جدای دانش ساخت قنات، ایران اصلی‌ترین گزینهٔ آموزش استخراج فلز آهن به جوامع محلی شبه‌جزیره معرفی شده است (Magee, 1998).

[۲] به‌جز سامانه‌های انتقال آب پرهزینه‌ای مانند کانال و قنات، روش‌های ساده‌تر یا بهداشتی‌تری برای آبرسانی به مزارع و استقرارگاه‌ها به‌کار گرفته شده است. منشاء بسیاری از این ابداعات نیز خاورنزدیک بود که کاربرد آنها به نقاط گسترده‌ای در سراسر جهان انتشار یافت. ازآنجاکه آب همواره همسطح با زمین‌های کشاورزی جریان نداشت، نیاز بود تا با روش‌های مختلف آب را بالا کشیده و بر سطح زمین‌های زراعی جاری شود. حدود ۳۰۰۰ پ‌م ابزاری کارآمد به نام شَدوف در مصر و یا بین‌النهرین ابداع و به‌کار گرفته شد

مشخصات یک کانال آبیاری

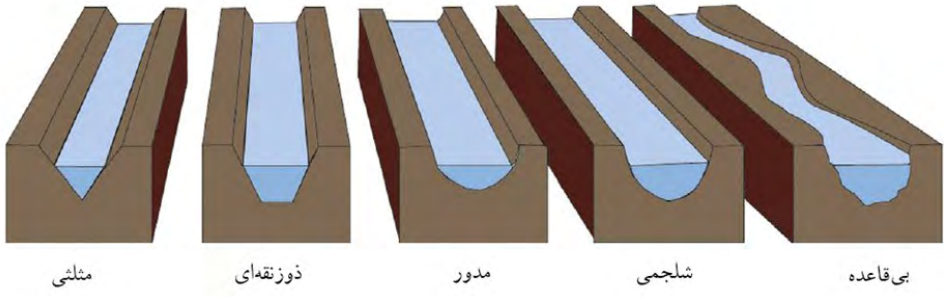
در بالا خلاصه‌ای از شیوه‌های کهن انتقال آب در ایران و سرزمین‌های پیرامون ارائه شد اما در بازگشت به بحث دربارهٔ آنچه که کانال آبیاری در تپه پردیس معرفی شده نیازمند تعریفی روشن از یک کانال آب باستانی هستیم. کانال آبیاری به سازه‌ای مصنوعی در امتداد مرزهای قطعه زمینی قابل کشت برای انتقال آب به کمک نیروی گرانش از رودخانه، دریاچه و مشابه آنها به‌منظور فراهم آوردن آب لازم جهت آبیاری محصولات گفته می‌شود. کانال خاکی، مانند آنچه که برای سازهٔ پردیس فرض شده، به سادگی با حفر مسیری در زمین و انباشتن خاک حاصله در لبه‌های برش شکل می‌گیرد. از معایب کانال‌های خاکی تخریب دیواره‌ها در اثر جریان آب، رشد انبوه گیاهان خودرو در اطراف آن، نفوذ حجم زیادی از آب به زمین‌های مجاور کانال و احتمال تخریب آن توسط حیوانات خانگی و فعالیت‌های جوندگان است. براساس مقطع می‌توان کانال‌ها را به شش شکل چهارضلعی (الف)، مثلثی (ب)، ذوزنقه‌ای (پ)، مدور (ت)، شلجمی (ث) و بی‌قاعده یا طبیعی (ج) تقسیم کرد (تصویر ۳). وجود یک کانال باستانی را از طریق شواهد مستقیم شامل مشاهدهٔ کانال‌های سطحی از طریق تصاویر هوایی و ماهواره‌ای (Wilkinson, 2003: 73)، و غیرمستقیم مانند مشاهدهٔ تغییرات فیزیولوژیک روی دانه‌های کربنیزه شدهٔ گیاهی (Helbaek, 1960: 541) یا آزمایش ایزوتوپ‌های پایدار کربن و نیتروژن بر دانه‌ها[1] (Araus *et al.*, 1997: 729) می‌توان استنباط کرد. از دیگر مدارک نشان‌دهندهٔ وجود کانال یا شبکهٔ آبیاری، قرار گرفتن تعدادی محوطهٔ باستانیِ هم‌دوره در

(برای منشاء و قدمت شدوف نک. Nenci, 2018). شدوف که در برخی نواحی همچنان مورد استفاده است، از یک تیر بلند، یک محور افقی، یک سطل یا دلو و وزنه‌ای در سمت مقابل آن تشکیل می‌شود. کاربر شدوف با استفاده از خاصیت توازن و نیروی اهرم حاصل از تیرهای عمودی و افقی، انرژی بسیار کمتری نسبت به روش برداشت عمودی آب از طریق دلو و طناب صرف می‌کند. رساندن این آب به گیاهان نیازمند حفر کانال در امتداد مزارع است و نشت آب در جدارهٔ کانال‌های ابتدای مسیر موجب کاهش حجم آب به بخش‌های دورتر نسبت به شدوف می‌شد. ازاین‌رو مزارع آبیاری شده با شدوف در حاشیهٔ رودخانه‌ها یا در نزدیکی چاه‌ها و منابع آب متمرکز بوده‌اند. مطالعات تجربی نشان داده که بازده این ابزار ۳ متر مکعب آب به ازای هر ساعت کار بود (Bagg, 2012: 264). بدین‌ترتیب، با ۱۲ ساعت کار کشاورز می‌توانست یک هکتار از زمین‌هایش را به وسیلهٔ شدوف آبیاری کند.

یک اختراع مهم دیگر که مزیت آلوده نشدن آب در مسیر انتقال و همچنین هرز رفتن آن را داشت، قطعات سفالی مجزایی بود که به یکدیگر متصل شده و مسیر لوله‌مانندی را ایجاد می‌کرد. براساس مدارک موجود به‌نظر می‌رسد تنبوشه‌های سفالی در ایران یا بین‌النهرین ابداع شده و از آنجا به نقاط دیگر گسترش پیدا کرده است. سراسر شهرک دورهٔ آغاز ادبیات چغامیش با تنبوشه‌های سفالی انتقال آب (و شاید فاضلاب) که به‌خوبی درهم چفت شده بودند، پوشانده شده بود. از تنبوشه یا لوله‌های سفالی همچنین در دوره‌های جدیدتر این محوطه مانند استقرار دورهٔ ایلام قدیم هم استفاده شده است (Alizadeh, 2008). مدارکی از کاربرد تنبوشه در شهرسوخته (Tosi, 1968) و چغازنبیل (گیرشمن، ۱۳۷۳) نیز وجود دارد. در دوره‌های جدیدتر کاربرد تنبوشه عمومیت یافت و در بسیاری از مکان‌های مهم و سازه‌های یادمانی یا کاربردی ایران از تخت‌جمشید تا کاخ گلستان، باغ‌ها، حمام‌ها و دیگر بناها به کار گرفته شد.

چرخاب (گاو چاه، دولاب، چرخ چاه) ابزار دیگری بود که با استفاده از انواعی از قرقره یا چرخ‌دنده و نیروی حیواناتی مانند گاو، اسب یا شتر آب را توسط دلو از عمق‌های مختلف به سطح زمین منتقل می‌کرد. این ابزار به‌احتمال در نیمهٔ دوم هزارهٔ اول پ‌م ابداع شد و به مرور مراحل تحول و تکامل را طی کرد (Lucas, 2011: 2). چرخاب در ایران به‌فراوانی مورد استفاده قرار گرفت و ابداعاتی به آن افزوده شد. از جملهٔ این نوآوری‌ها زنجیره‌ای از دلوها بود که به ترتیب وارد منبع آب شده و سپس در کانال متصل به مزرعه تخلیه می‌شدند. بعدها برای صرف انرژی کمتر، مسیری با شیب منفی در جهت بالا کشیدن دلوها ایجاد کردند. بدین‌ترتیب در سربالایی، دلو خالی را به عمق منبع آب می‌رساندند و در سراشیبی دلوهای سنگین شده را به سطح می‌آوردند. روش‌های کمتر شناخته‌شده‌ای مانند سیفون جندی‌شاپور یا تِرنُه روستای کوخرد در بستک هرمزگان نیز برای انتقال آب شیرین به‌کار گرفته شده است. شیوه‌های پرکاربردتر دیگری هم برای تأمین آب وجود داشته مانند آب‌انبارها در مناطق مختلف ایران یا مادی‌های زاینده رود.

[1] انباشته شدن حجم بالاتری از سیلیکا یا دی اکسید سیلیسیوم در دانه‌های غلات باستانی می‌تواند مدرکی از کشت آبیاری شدهٔ آنها باشد (Nicolas *et al.* 1993).



تصویر ۳. نمایش انواع مقاطع کانال‌های آبیاری (Purdue & Berger, 2015, Fig. 3b)

Fig. 3. Various cross-sections of water canals (Purdue & Berger, 2015, Fig. 3b)

امتداد یک مسیر خطی است (نک. فرین، ۱۴۰۰: ۳-۵). شواهدی از افزایش جمعیت در مناطق خشک یا افزایش در تولید محصولات کشاورزی نیز می‌تواند نشانه‌ای از کاربرد کانال آبیاری در این نقاط باشد (Neely and Wright, 1994: 193-5).

ازآنجاکه در دورهٔ پیش از تاریخ استقرارگاه‌های نواحی خشک در کنار منابع آبی شکل می‌گرفتند سازه‌های آبی احتمالی آنها نیز در نزدیکی یا متصل به حاشیهٔ تپه‌های باستانی ایجاد می‌شد. نزدیکی به سکونتگاه انسانی موجب انباشته شدن شماری از سفال‌ها و مواد فرهنگی آن استقرار در بستر جوی یا کانال مصنوعی همجوار می‌شد. به دلایلی مانند وزن یا شکل، قطعات سفالی در برابر جابه‌جایی بر اثر جریان آب مقاومت کرده و در کف بستر باقی می‌ماندند (تصویر ۴). ازاین‌رو مشاهدهٔ آنها در بستر پدیده‌ای شبیه به جوی یا کانال، نشانه‌ای تردیدناپذیر بر وجود جریان آب در آن است؛ خواه از آن جریان آب برای آبیاری مزارع استفاده شده یا صرفاً از حاشیهٔ یک تپهٔ باستانی گذر کرده باشد. در طول زمان، روندهای مداوم فرسایشی و فعالیت‌های انسانی موجب تغییر شکل گسترده در سیمای زمین و دشواری در تمایز میان رودخانه‌های طبیعی با کانال‌های مصنوعی شده است. این موضوع تأثیر فراوانی بر دانش ما از فعالیت‌های مرتبط با آبرسانی کهن توسط انسان‌ها داشته است. براساس مطالعات انجام شدهٔ اخیر بر باستان‌زمین‌سیمای بین‌النهرین هفت عامل برای تمایزگذاری میان کانال طبیعی با مصنوعی شامل عارضه‌نگاری مقطع، وجود مخروط‌های گِلی،[1] مرداب‌ها، رودپیچ‌ها،[2] نقاط قطع[3] و دریاچه‌های طوقی و تفاوت در الگوی کانال‌ها و مسیر آنها (مانند مورد چغامامی) پیشنهاد شده است (Jotheri, 2018: 111).

فن ساخت کانال آبیاری به شکل کامل خود شبیه آنچه در دوره‌های جدیدتر شاهد آنیم آغاز نشد بلکه در قالب مجموعه‌ای از مراحل تکاملی بود که از شکل‌های ساده‌تر به سوی سامانه‌های بزرگ‌تر و پیچیده‌تر در ادوار جدیدتر تحول یافت. به‌عنوان مثال، نخستین تلاش‌ها برای آبرسانی به مزارع در دورهٔ سامره به‌احتمال با دستکاری اندکی در مسیر آب رود یا سیلاب صورت گرفت. به‌نظر می‌رسد کانال‌های کوچک اولیه از پهن‌تر کردن شیارهایی ایجاد شد که پس از آبرفت‌گذاری سیلاب بر سطح زمین باقی می‌ماند و سپس در مقاطع بین سیلابی بعدی عریض‌تر و یا طولانی‌تر می‌شد (Wilkinson, 2003: 83). احداث،

[1] crevasse splays

[2] meandering

[3] cut-offs

مرمت و پاکسازی کانال‌های آبیاری در دوران اوج خود به زمان و نیروی کار فراوان نیاز داشت. به‌عنوان مثال، در نامه‌هایی از حاکم زیمری لیم به حمورابی با اشاره به آسیب‌های وارده بر اثر سیلاب فرات به بندها، پل‌ها و کانال‌ها درخواست تأمین هزینهٔ ۲۰۰۰ مرد برای یک مرتبه تعمیر و بازسازی آنها کرده است (Cole and Gasche, 1998: 9). کانال‌های قدیمی‌تر معمولاً مورد استفادهٔ مجدد قرار می‌گرفتند و اشیاء موجود در بستر آنها فقط می‌تواند تاریخ حد نهایی را برای زمان کاربری آنها تعیین کند (Purdue and Berger, 2015: 594-5). به همین دلیل تاریخ‌گذاری یک کانال آب عملی بسیار دشوار است مگر این‌که وابسته به استقراری تک‌دوره‌ای باشد.

بررسی پدیدهٔ زمینی پردیس

براساس مقاله‌ای که دربارهٔ وجود کانال آبیاری در تپه پردیس نگاشته شده (Gillmore *et al.*, 2009) دو ویژگی شامل شکل متمایز این پدیدهٔ زمینی و انباشت‌های متفاوت درون آن به‌عنوان مدارکی از کارکرد این پدیده به‌عنوان یک کانال آبیاری مطرح و نتیجهٔ دلخواه حاصل شده است. کاوشگران در نگاشته‌های پرشمارشان هیچ تلاشی برای ارائهٔ مدارک مستقیم یا غیرمستقیم مرتبط با آبیاری مزارع در استحکام‌بخشی به فرض اولیهٔ خود انجام نداده و صرفاً با استناد به نوشتهٔ پیشین بارها ادعای خود در زمینهٔ شروع به آبیاری در هزارهٔ ششم پ‌م را تکرار کرده‌اند. بااین‌حال، مدارک ارائه شده در مقالهٔ مرجع نیز به شکلی حیرت‌آور بی‌پایه و غیرمرتبط با آنچه هستند که می‌تواند تأییدکنندهٔ وجود یک کانال آبیاری باشد. درواقع، این مدارک نه‌فقط وجود کانال آب را تأیید نمی‌کنند بلکه حتی می‌توان از آنها قاطعانه برای رد فرضیهٔ کاوشگران استفاده کرد. در ادامه با نگاهی مقایسه‌ای-تحلیلی بر این دو ویژگی پدیدهٔ زمینی پردیس، تفسیر دیگری از کارکرد آن خواهیم داشت.

الف) شکل پدیده: در تصاویر منتشر شده و توصیف کاوشگران از شکل فیزیکی پدیدهٔ پردیس، آنچه که به روشنی دیده می‌شود، برشی تقریباً مثلثی شکل با دهانهٔ باریک و به‌احتمال باز در مقطع سمت راست دیواره است. هیچ تفاوت ظاهری در انباشت‌های فوقانی، تحتانی و جانبی این پدیده مشاهده نمی‌شود و به چاله‌ای حفر شده درون انباشتی منسجم و یکدست بیشتر شباهت دارد تا کانالی روباز با توالی‌های پساانباشتی[1] متفاوت در مراحل جدیدتر. کاوشگران روشن نساخته‌اند که چگونه می‌توان آب را در کانالی مثلث‌شکل که فاقد نیمهٔ متقارن است به جریان درآورد. در مراجعه به شکل‌شناسی انواع کانال‌های آب (تصویر ۳)، سازهٔ پردیس در هیچ‌کدام از دسته‌بندی‌های معمول و منطقی ارائه شده برای یک مسیر آبی جای نمی‌گیرد. حتی اگر این کانال از ابتدا مثلثی شکل حفر شده بود جریان آب در بافت گِلی طرفین آن به‌سرعت می‌توانست خاک دیوارهٔ مقابل و کف بستر را تراشیده و مقطعی مدور یا بی‌قاعده در مسیر خود ایجاد کند. شگفت‌انگیز است که کاوشگران تپه پردیس به چنین امر بدیهی توجه نکرده و آن را نادیده گرفته‌اند.

ب) انباشت‌های درون پدیده: مشخص نیست که کاوشگران تا چه میزان مسیر پدیده را پیگردی کرده و انباشت‌های درون آن را تخلیه کرده‌اند اما در مقالهٔ مرتبط اشاره شده که هیچ مادهٔ فرهنگی از درون این انباشت‌ها به‌دست نیامده است. در تصاویر واضح ارائه شده نیز هیچ اثری از هرنوع بقایای فرهنگی درون انباشت‌های بخش برش‌خوردهٔ کانال دیده نمی‌شود. درعین‌حال، اشاره شده که درون تمامی نهشته‌های دورتادور

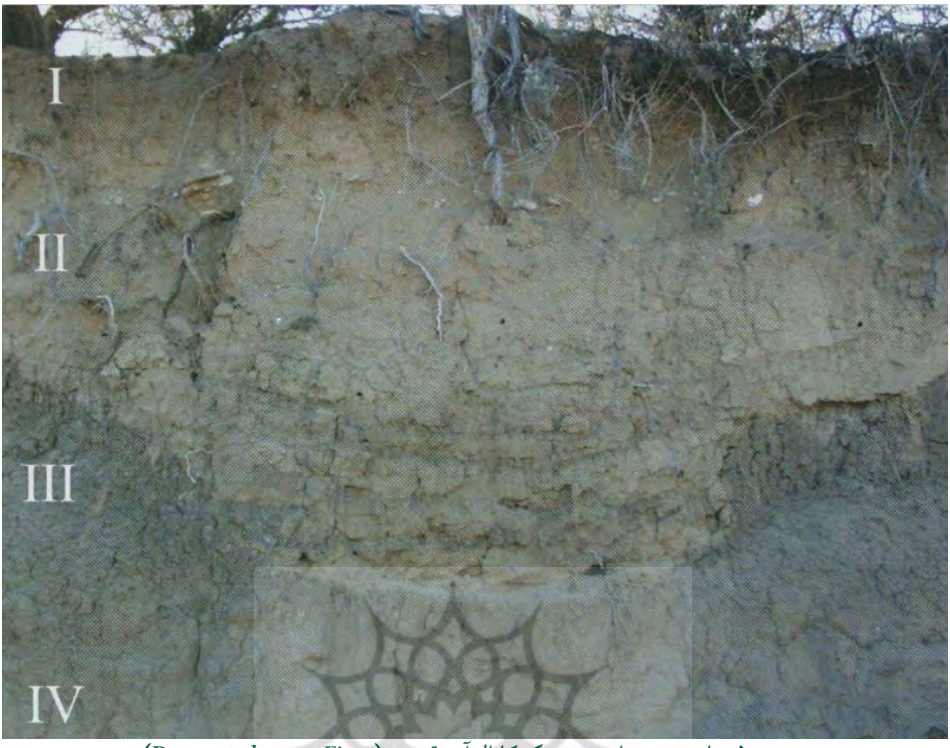
[1] post-depositional sequences

تصویر ۴. الگوی نهشت مواد در کف یک کانال آب جدید (Gillmore *et al.*, 2009, Fig. 13)

Fig. 4. Deposition Patterns in the Ancient Water Canal Bed (Gillmore *et al.*, 2009, Fig. 13)

این پدیده، سفال و مواد فرهنگی وجود داشته است (Gillmore *et al.*, 2009: 298). اگر این پدیده یک کانال آب باستانی بود بی‌شک شماری از قطعات سفالی و مواد فرهنگی بر اثر جریان آب از طرفین این کانال شسته شده و در بستر آن نهشته می‌شد. این یک نکتهٔ مهم برای تردید در کاربری این پدیده به‌عنوان کانال آب است. از طرف دیگر، کانال‌های آب باستانی اغلب روباز بودند و پس از پایان دورهٔ کاربری با نهشته‌هایی سنگین و منسجم‌تر، همراستا با فرم فیزیکی کانال که تحت فشار سطحی کوبیده و مستحکم شده بودند، انباشته می‌شدند (تصویر ۵). برعکس، به‌نظر می‌رسد رسوبات سبک‌وزن و پوک درون کانال پردیس بر اثر انتقال مواد فرسایشی حاصل از سیلاب‌های ناگهانی و نفوذ آنها به درون چاله‌ای مسقف انباشته شده‌اند نه در کف یک کانال روباز.

اگر واقعاً چنین بوده ماهیت چالهٔ مسقفی که در دیوارهٔ برش تپه پردیس نمایان شده ـو تعداد زیاد دیگری در همین محل که کاوشگران آنها را کانال طبیعی نامیده‌اند (Gillmore *et al.*, 2009: 285)ـ چه بوده است؟ درواقع، مشخصات و ابعاد این چاله شباهت فراوانی به لانهٔ موش دارد. در گزارش کاوش ترانشهٔ IV تپه پردیس موارد متعددی از دالان‌های حفر شدهٔ توسط جانوران (اشاره‌ای به نوع جانور نشده) در مراحل پاک‌سازی سطح ترانشه و سپس در حین کاوش ثبت و گزارش شده است (تصویر ۶). برحسب اتفاق، مکان این ترانشه درست در لبهٔ برش خورده توسط لودر قرار گرفته و چاله‌های جانوری یافت شده در ترانشهٔ IV نیز در همان محدودهٔ کانال آبیاری کاوشگران و دقیقاً در بالای آن واقع شده‌اند (تصویر ۷). آنچه در تصاویر گزارش کاوش از نمای این چاله‌ها می‌بینیم، دالان‌هایی تودرتو و پرشمار با انشعابات



تصویر ۵. ماهیت رسوبات درون یک کانال آب قدیمی (Damp *et al.*, 2002, Fig. 2)

Fig. 5. Sediment Characteristics in an Ancient Water Canal (Damp *et al.*, 2002, Fig. 2)

فرعی و اتاقک‌های استراحت است. در دیوارهٔ سمت چپ ترانشه در ارتفاعی بالاتر آثار حداقل دو دالان دیگر را نیز می‌توان مشاهده کرد (تصویر ۸).

بااین‌حال، به‌نظر می‌رسد قطر و ابعاد این دالان‌ها مقداری بزرگ‌تر از تونل‌های حفر شده توسط موش خانگی است. ابعاد، مکان‌گزینی و مشخصات این دالان‌ها شباهت فراوانی به لانهٔ موش ورامین دارد. موش ورامین (*Nesokia indica*) یا نزوکیای دم‌کوتاه (*Short-tailed Nesokia*) با طول سر و بدن ۱۵۰ تا ۲۱۵ میلی‌متر، طول دم ۹۰ تا ۱۳۰ میلی‌متر و وزن ۱۳۰ تا ۱۸۰ گرم، حدود ۷ برابر بزرگ‌تر از موش خانگی است (تصویر ۹). این گونه جثه‌ای بزرگ با پوزهٔ کوتاه و گرد و دمی برهنه و کوتاه‌تر از طول سر و بدن دارد. با دندان‌های پیشین قوی و پهن دالان‌هایی بلند به طول چند متر در عمق زمین حفر می‌کند. لانه از طریق چندین دالان به بیرون راه دارد و گاه در روزهای گرم سال سوراخ‌های خروجی آن به‌طور موقت با خاک پوشانده می‌شود. پراکندگی این جونده در سرزمین‌های پست تا ارتفاع حداکثر ۱۵۰۰ متری است و بیشتر در تراس‌های اطراف رودها و درون زمین‌های کشاورزی لانه می‌سازد (کرمی و دیگران ۱۳۹۵: ۲۵۶). لانهٔ موش ورامین انشعابات فراوان داشته و دارای اتاقک استراحت، تونل‌ها و ورودی‌های متعدد است. اندازهٔ اتاق استراحت که در آن زادوولد و پرورش نوزادان نیز صورت می‌گیرد بین ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر متغیر است. این گونه به‌دلیل فعالیت مداوم ریشه‌خواری، ذخیرهٔ غذایی انجام نمی‌دهد

تصویر ۶. دالان‌های موش در سطح ترانشهٔ IV تپه پردیس (فاضلی ۱۳۸۶: تصویر ۴۸)

Fig. 6. Traces of Rat Tunnels in TR IV (Fazeli, 2007: fig. 48)

و ازاین‌رو لانهٔ آن فاقد محل ذخیره‌سازی است (رحیمی و کمالی ۱۳۹۷: ۱۴).

پدیدهٔ معرفی شده تحت عنوان کانال آبیاری در تپه پردیس از لحاظ فرم‌شناسی، ابعاد و همچنین هم‌ترازی، با لانه‌های جانوری یافت شده در فضای کاوش تپه پردیس شباهت فراوان دارد. مهمتر این‌که مکان قرارگیری آن دقیقاً در حوالی لانه‌های موش ثبت شده در گزارش کاوش تپه پردیس است. آنچه که از ظاهر این پدیده می‌توان استنباط کرد یک دالان باریک و بلند (برای جلوگیری از ورود شکارچیان) در سمت راست و سپس اتاقک استراحتی با ارتفاع متناسب برای سکونت جانوری به ابعاد موش ورامین در بخش سمت چپ دیواره است. نبود هرنوع مواد فرهنگی مانند سفال و غیره به رفتار ذاتی این جانور نسبت به پاک‌سازی مداوم درون لانه وابسته است (Jegstrup *et al.*, 2005: 5-154). ازآنجاکه رژیم غذایی این گونه را بیشتر ریشهٔ گیاهان تشکیل می‌دهد و عادات ذخیره‌سازی نیز ندارد، نبود بقایای دانه‌های گیاهی و مواد آلی درون لانه دور از انتظار نیست.

دالان زیرزمینی با دیوارهٔ عمود و مرزبندی شده که در بالا به آن اشاره شد یکی از علایم شاخصهٔ حفر شدن توسط موش است؛ عملیات حفر کانال توسط دندان‌های تیز و قدرتمند این جونده در خاک فشرده و سخت برخلاف خاک‌های پوک و شنی که با ریشه و شاخهٔ گیاهان تقویت می‌شد می‌توانست برش‌های تیزی مانند آنچه در پدیدهٔ پردیس مشاهده شد ایجاد کند (نک: Szenczi *et al.*, 2011). این ویژگی کاملاً در تضاد با شرایط لبه‌های یک کانال آبیاری حفر شده در خاک است که به‌طور مدام در معرض فرسایش و شسته‌شدن است. در کانال‌های آبیاری بر اثر جریان آب دیواره‌ها فرسوده و شسته می‌شوند، درحالی‌که پدیدهٔ تپه پردیس ابداً چنین وضعیتی را نشان نمی‌دهد. قابل توجه است که در کانال‌های انتقال آبِ بلااستفاده، رسوباتی سخت و متراکم با لایه‌های بسیار نازک انباشته می‌شوند، اما

تصویر ۷. نمایش مکان پدیدهٔ زمینی پردیس (Gillmore *et al.*, 2009, Fig. 2) و محدودهٔ تقریبی ترانشهٔ IV

Fig. 7. Spatial Positioning of the Pardis Feature and Approximate Boundaries of TR IV (Gillmore *et al.*, 2009, Fig. 2)

در پدیدهٔ پردیس این رسوبات نامتراکم، ضخیم و با سختی اندک هستند. از همه مهم‌تر رسوبات درون این پدیده دارای مرزبندی بسیار روشنی با بستر و زمینهٔ اصلی خود است؛ موضوعی که نشان می‌دهد فرآیند رسوب‌گذاری به‌تدریج روی نداده و حاصل رخدادی ناگهانی و سریع بوده است. این موارد به‌روشنی آشکار می‌سازند آنچه در پردیس کانال خوانده شده با هیچ یک از ویژگی‌های یک کانال انتقال آب سازگار نیست. دیوارهٔ عمود و فرسایش نیافته، فقدان شستگی دیواره‌ها، رسوبات به‌نسبت سست، ضخیم و نامتراکم نشان می‌دهد که آنچه در تپه پردیس کانال خوانده شده، چیزی جز یک لانهٔ موش با پرشدگی سپسین نیست. بر این مبنا، احتمال دارد زمانی که دیگر لانه متروکه شده و از آن حفاظتی به عمل نمی‌آمد و سیلاب نیز در سطوحی برابر یا بالاتر از ورودی لانه جریان می‌یافت، مواد تخریبی و فرسایشی همراه با آن تا زمانی که تمامی فضاهای درون لانه پر شده بود به انباشته شدن درون لانه ادامه داده باشند. با رسوب‌گذاری سنگین جاجرود و همچنین مسیل‌های فصلی، این بخش نیز به‌احتمال مانند بسیاری دیگر از فضاها و سطوح تپه پردیس در زمانی نامشخص به زیر رسوبات رفته و سپس در برش‌ها و خاکبرداری‌های اخیر نمایان شده است.

بحث

همان‌گونه که در بالا نیز گفته شد، یکی از دلایل آبیاری محصولات کشاورزی در دورهٔ پیش از تاریخ، برآوردن نیازهای فزایندهٔ جمعیت رو‌به‌رشد برای منابع غذایی بوده است. بااین‌حال، روند افزایش جمعیت در تمامی محوطه‌های پیش از تاریخ در تمامی مناطق به شکلی یکسان صورت نگرفت و اصولاً کمبود منابع غذایی یکی از مهم‌ترین دلایل ثابت ماندن یا رشد اندک جمعیت در این دوران بوده است (Cow-gill, 1975: 506). محدودیت‌های فناوری در استخراج منابع از زیست‌بوم پیرامون و همچنین کمبود نیروی کار (Broughton, 1997: 846) نیز از دشواری‌های عمدهٔ جوامع کهن در افزایش سطح تولید بوده است. درواقع، پس از تجمیع جمعیت و کوچاندن مردم از نقاط مختلف به درون شهرهای سومری بود که توان و نیروی کار

تصویر ۸. بقایای دالان‌های موش در کف و دیوارهٔ ترانشهٔ IV (فاضلی ۱۳۸۶: تصویر ۵۸)

Fig. 8. Rat Tunnel Remnants in the Walls and Floor of TR IV (Fazeli 2007: fig. 58)

مورد نیاز برای اجرای برنامه‌های آبرسانی و تشدید بهره‌وری کشاورزی فراهم آمد (Adams, 1981: 243-4). ابعاد بسیار کوچک محوطه‌های دورهٔ نوسنگی جدید–مس‌وسنگ قدیم دشت تهران (غالباً حدود ۱ هکتار: Vidale *et al.*, 2018: 5) به‌خوبی نشان‌دهندهٔ جمعیت کم و توان اندک تولید منابع توسط این جوامع است. الگوی این روستاهای کوچک و پراکنده در اغلب نقاط ایران تا اواسط قرن گذشته ادامه پیدا کرد و فقط پس از به‌کارگیری ابزارهای کشت مکانیزه، حفر چاه‌های عمیق و نصب پمپ‌های آب بود که تغییری در شرایط ایجاد شد.[1] هرچند مطالعات مختلف نشان داده آبیاری مزارع غلات می‌تواند بازده در سطح را افزایش دهد اما این اقدام معایب خود را نیز دارد. به‌عنوان مثال، غیر از هزینهٔ سنگین و دشواری اجرا، مطالعات تجربی اثبات کرده که مزارع آبیاری شدهٔ گندم و جو شرایط مناسبی برای رشد و گسترش علف‌های هرز و آسیب رسیدن به محصول را فراهم می‌کنند درحالی‌که مزارع کشت دیم تحت همان شرایط تقریباً عاری از علف‌های هرز بوده و نتایج متناسب‌تری حاصل کردند (Mithen *et al.*, 2008: 16).

درواقع ابعاد کوچک و پراکنده بودن محوطه‌های دورهٔ پیش از تاریخ، برآمده از کوچک بودن حوضهٔ گیرش[2] آنها و محدودیت‌های فناوری مرتبط با آن دوره بوده است. اغلب محوطه‌های

[1] مستند خرمن و خاک ساختهٔ ابراهیم گلستان در سال ۱۳۴۴ به‌روشنی آغاز تغییر شرایط روستائیان در ابتدای کاربرد ابزارهای مدرن کشاورزی و آبیاری مزارع را به تصویر می‌کشد. دیدن مستند خرمن و خاک برای داشتن درکی واقع‌بینانه از شرایط زندگی مشقت‌بار، بدوی و محقرانهٔ روستانشینان ایران که با جوامع پیش از تاریخ قابل مقایسه بود، به تمامی باستان‌شناسان و انسان‌شناسان توصیه می‌شود.

[2] Catchment Basin

تصویر ۹. موش ورامین (Karami *et al.*, 2016)

Fig. 9. Varamin Mouse, *Nesokia indica* (Karami *et al.*, 2016)

نواحی خشک در کنار منابع آب شکل می‌گرفتند و نزدیک‌ترین زمین‌ها به محل استقرار خود را زیر کشت می‌بردند. در نبود امکانات حمل‌ونقلی برای صدور مازاد تولیدات کشاورزی، ذخیره‌سازی بزرگ‌مقیاس و پیروی از قانون حداقل تلاش[1]، میزان تولید محصول چندان از نیازهای شمار اندک افراد جامعه فراتر نمی‌رفت. ازآنجاکه اپیزود گرم و مرطوب دورهٔ هلوسن میانی در ایران (عزیزی و دیگران، ۱۳۹۶: ۲۱۹) برای بازده گندم و جو شرایط مناسبی فراهم می‌آورد، میزان تولید غلات به شیوهٔ کشت دیم در جوامع کوچک روستایی هزاره‌های ششم و پنجم پ‌م به‌احتمال فراوان پاسخگوی نیاز جمعیت‌های ساکن بوده است. به‌این‌ترتیب، توجیهی برای انجام عملیات دشوار، پرهزینه و نیازمند نیروی کار حفر کانال آبیاری در تپه پردیس نمی‌توان یافت. علاوه‌براین، هیچ مدرکی در اثبات وجود پیچیدگی‌های اقتصادی و اجتماعی از دورهٔ پیشنهادی برای کانال پردیس در سراسر مرکز فلات ایران از شاهرود و تهران گرفته تا قزوین و کاشان به‌دست نیامده است.

کشاورزی آبی این امکان را فراهم می‌آورد که ساکنان استقرارها با کشاورزی در اراضی پیرامون خود محصول کافی به‌دست آورند و نیازی به زیر کشت بردن مزارع وسیع، یا اراضی واقع در مسافت‌های دور از سکونت‌گاه، همچون اقتصاد برپایهٔ کشت دیم نداشته باشند. این الگو بر پایهٔ این واقعیت شکل گرفته که فقر محیط در تولید منابع زیستی موجب افزایش فاصله میان روستاها می‌شود. درواقع با توجه به بهره‌وری کمتر اراضی دیم، روستاها به‌ناچار دور از هم شکل می‌گرفتند تا

[1] Least Effort Principle

بتوانند از زمین‌های پیرامون خود بهتر بهره‌برداری کنند. اما بر عکس در اقتصاد مبتنی بر کشاورزی آبیاری شده توسط کانال، سکونت‌گاه‌ها معمولاً در فاصلهٔ به‌نسبت نزدیکی از یکدیگر شکل می‌گیرند تا با تجمیع سرمایه و نیروی کار، شرایط لازم را برای حفر، حفظ و نگهداری از کانال‌ها فراهم آورند.

برآیند

در نوشتار پیشین (خدیش، ۱۴۰۱) به بازبینی شماری از پدیده‌ها و تحولات منتسب به جامعهٔ عصر نوسنگی جدید-مس‌وسنگ قدیم در تپه پردیس پرداختیم. در آن مقاله دیدیم که پیچیدگی‌های نسبت داده شده به تپه پردیس در زمینهٔ تولید تخصصی و انبوه سفال تناسبی با ظرفیت اقتصادی-اجتماعی و همچنین نیازهای جوامع روستایی ساده در هزاره‌های دور ایران نداشته است. به همین روال، نمی‌توان دلیل یا احتمالی برای افزایش ظرفیت و تشدید بهره‌وری کشاورزی با اجرای طرح‌های آبیاری مانند آنچه برای تپه پردیس فرض شده پیدا کرد. به بیان دیگر، فرضیاتی مانند تولید انبوه، تخصص‌پذیری و رشد شتابان پیچیدگی‌های اقتصادی-اجتماعی که حاصل مکاتب فکری باستان‌شناسان دهه‌های ۱۹۲۰-۱۹۳۰ میلادی بر جوامع پیشرفته‌تر بین‌النهرینی بود مدتهاست در مورد خود این جوامع بازنگری شده و نمی‌توان آنها را در بافتار گروه‌های کوچک و پراکندهٔ دورهٔ روستانشینی ایران احیاء کرد.

در مقالهٔ حاضر دیدیم که پدیدهٔ معرفی شده با عنوان کانال آبیاری در تپه پردیس تا چه حد می‌تواند از کارکرد پیشنهادی کاوشگران این محوطه دور باشد. ابعاد کوچک محوطهٔ پردیس، بی‌شباهت بودن پدیدهٔ زمینی آن با مشخصات یک کانال آبی و نبود شواهد و مدارک مستقیم و غیرمستقیم، فرضیهٔ کشت آبیاری شده در این محوطه را مردود می‌سازند. اگرچه شاید در برخی موارد بتوان امتداد یافتن مسیر جویباری کهن به حوالی زمین‌های کشاورزی را نشان داد اما اثبات کشت آبیاری شدهٔ محصولات نیازمند ارائهٔ شواهد باستان‌گیاه‌شناختی مطمئن است؛ مطالعاتی که اگرچه انجام آن برای کاوشگران تپه پردیس ممکن بود اما به شکل پرسش‌برانگیزی بدان نپرداخته‌اند. به دلایلی که علت آن روشن نیست، کاوشگر پردیس در نوشته‌های خود با تمام توان ظرفیت‌های اقتصادی-اجتماعی این محوطه را بزرگ‌نمایی کرده و کوشیده الگوی پیچیدگی مورد نظر خود در (Fazeli, 2001) را بر یافته‌ها و مشاهداتش در تپه پردیس تحمیل کند. باوجود این تلاش شگرف برای تاریخ‌سازی، ناتوانی در تمایزگذاری میان دالان‌های پرانشعاب موش (تصویر ۶ و ۸) با آنچه یک کانال مصنوعی آبیاری متصل به سیستمی برای توزیع آب در تپه پردیس خوانده شده (Vidale *et al.*, 2018: 14) برای رأس نظام آموزشی و اجرایی باستان‌شناسی کشور و همچنین تیم بین‌المللی او، تأسف‌بار و نگران‌کننده است. با بازنگری فرضیات کاوشگر در دو نوشتهٔ اخیر، معتقدم انتقاد سازنده، تخریب نیست و می‌تواند موجب رشد آگاهی‌های ما از شرایط واقعی زندگی جوامع در ادوار کهن شود. در خاتمه و با توجه دادن دوبارهٔ خواننده به نکات ارزشمند مستند خرمن و خاک، به برخی باستان‌شناسان داخلی و خارجی توصیه می‌شود نگاه فانتزی و دور از واقعیت خود دربارهٔ زندگی و معیشت روستانشینان کهن ایران را اصلاح کرده و به بازخورد اظهارات و تفسیرهای‌شان توجه بیشتری کنند.

Bibliography | کتاب‌نامه

آلدن، جان. (۱۳۸۱). «دورهٔ شوش III»، در باستان‌شناسی غرب ایران، ترجمهٔ زهرا باستی، تهران: سازمان مطالعه و تدوین علوم انسانی (سمت)، ۳۱۶-۳۳۰.

Alden, John R. (2002). "The Susa III Period", in F. Hole (ed.) *The Archaeology of Western Iran: Settlement and Society from Prehistory to the Islamic Conquest*. Translated into Persian by Zahra Basti, Tehran, Smat: 316-330.

بارتولد، واسیلی ولادمیروویچ. (۱۳۵۰). آبیاری در ترکستان، ترجمهٔ کریم کشاورز، تهران: موسسهٔ مطالعات و تحقیقات اجتماعی، شمارهٔ ۷۶، ترجمهٔ ۴۳.

Bartold, Vasily Vladimirovič. (1971). *On the History of Irrigation in Turkestan*. Translated into Persian by Karim Keshavarz, Tehran, Institute of Social Studies and Research (In Persian).

بارتولد، واسیلی ولادمیروویچ. (۱۳۸۷). ترکستان‌نامه در عهد هجوم مغول، ترجمهٔ کریم کشاورز، تهران: آگاه.

Bartold, Vasily Vladimirovič. (2008). *Turkestan Down to the Mongol Invasion*, Translated into Persian by Karim Keshavarz, Tehran, Agah.

خدیش، پوریا. (۱۴۰۱). «بازنگری یافته‌های باستان‌شناسی مرتبط با سفالگری در تپه پردیس»، پژوهشنامهٔ ایران باستان، سال ۱، شمارهٔ ۳: ۴۴-۱۵.

Khadish, Poorya. (2022). The Archaeological Finds Related to the Pottery Production from Tepe Pardis Reconsidered. *Ancient Iranian Studies*, September 2022, VOL. 1, NO. 3: 15-44 (In Persian).

رحیمی، حسن و هاشم کمالی. (۱۳۹۷). «راه‌های پیشگیری و کنترل خسارت موش کور و موش ورامین در مزارع زعفران»، مجلهٔ ترویجی زعفران، دورهٔ ۱ شمارهٔ ۲: ۱۰-۱۹.

Rahimi, Hasan & Hashem Kamali. (2019). Ways to Prevent and Control the Damage of Blind Mice in Safron Fields, *Promotional Safron Magazine*, Period 1, No. 2: 10-19 (In Persian).

گیرشمن، رومن. (۱۳۷۳). چغازنبیل، جلد اول، ترجمهٔ اصغر کریمی، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.

Ghirshman, Roman. (1994). *Choga Zanbil, Vol. 1,* Translated into Persian by Asghar Karimi, Tehran, Cultural Heritage Organization.

عزیزی، قاسم، سحر ملکی، مصطفی کریمی و هما رستمی. (۱۳۹۶). «تغییرات اقلیم و پوشش گیاهی هلوسن در ایران»، فصلنامهٔ کواترنری ایران، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۳: ۲۰۵-۲۲۹.

Azizi, Qasem, Sahar Maleki, Mostafa Karimi and Homa Rostami. (2018). Environmental Change and Plant Coverage During Holocene in Iran, *Iran Quaternary Quarterly*, Period 3, No. 3, 205-229 (In Persian).

فاضلی نشلی، حسن. (۱۳۸۶). گزارش کاوش مقدماتی تپه پردیس، ورامین، مرکز اسناد سازمان میراث فرهنگی و گردشگری کشور (منتشر نشده).

Fazeli, Nashli, Hasan. (2008). *Preliminary Report on the Excavations at Tepe Pardis, Varamin*. The Archive of Iranian ICHTO (Unpublished) (In Persian).

فرین، داگلاس. (۱۴۰۰). جای‌نام‌های میانرودان و ایران در هزارهٔ سوم پ‌م، ترجمهٔ محمدامین میرقادری، تهران: دانشگاه تهران.

Frayne, Douglas. (2021). *The Early Dynastic List of Geographical Names*, Translated into Persian by Mohammad Amin Ghaderi, Tehran, University of Tehran.

ویلز، چارلز جیمز. (۱۳۶۸). سفرنامهٔ دکتر ویلز، ایران در یک قرن پیش، ترجمهٔ غلامحسین قراگوزلو، تهران: اقبال.

Wills, Charles James. (1989). *In the land of the lion and sun, or, modern Persia: being experiences of life in Persia from 1866 to 1881*. Translated into Persian by Gholamhossein Karagozlu, Tehran: Iqbal.

کابلی، میرعابدین. (۱۳۶۲). «آب و آبیاری در شهداد هزارهٔ سوم»، مجلهٔ فروهر، شمارهٔ ۱: ۶۰-۶۶.

Kaboli, Mir Abedin. (1984). "Water and Irrigation in Shahdad in the 3rd Millenium BC", *Fravahar*, No. 1, 60-66 (In Persian).

کرمی، محمود، طاهر قدیریان و کاوه فیض‌اللهی. (۱۳۹۵). اطلس پستانداران ایران، تهران: سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران.

Karami, Mahmoud, Taher Ghadirian and Kaveh Faizolahi. (2016). *The Atlas of Mammals of Iran*, Department of the Environment I.R. Iran and University of Tehran (In Persian).

هول، فرانک. (۱۳۸۱). باستان‌شناسی دورهٔ روستانشینی، در باستان‌شناسی غرب ایران، ترجمهٔ زهرا باستی، تهران: سازمان مطالعه و تدوین علوم انسانی (سمت)، ۵۰-۱۳۲.

Hole, Frank. (2002). "Settlement and Society in the Village Period", In F. Hole (ed.) *The Archaeology of Western Iran: Settlement and Society from Prehistory to the Islamic Conquest*. Translated into Persian by Zahra Basti, Tehran, Smat: 50-132.

English

Adamo, N. and N. Al-Ansari. (2020). In Old Babylonia: Irrigation and Agriculture Flourished Under the Code of Hammurabi (2000-1600 BC), *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering* 10 (3): 41-57.

Adams, R. Mc. C. (1962). Agriculture and Urban Life in Early Southwestern Iran, *Science* 136: 109-22.

Adams, R. Mc. C. (1965). *Land behind Baghdad: A History of Settlement on the Diyala Plains*. Chicago: University of Chicago.

Adams, R. Mc. C. (1981). *Heartland of Cities, Surveys of Ancient Settlement and Land Use on the Central Floodplain of the Euphrates*. Chicago and London: The University of Chicago.

Adams, R. Mc. C. (2005). *The Evolution of Urban Society: Early Mesopotamia and Prehispanic Mexico*. Routledge

Al-Ghafri, A. (2018). Overview About the Aflaj of Oman, *Proceeding of the International Symposium of Khattaras and Aflaj*, Erachidiya, Morocco 9 October 2018. Courel, Marie-Francoise (eds.), Springer. 1-22.

Alizadeh, A. (2008). *Chogha Mish, Volume II*. The Development of a Prehistoric Regional Center in Lowland Susiana, Southwestern Iran: Final Report on the Last Six Seasons of Excavations, 1972-1978, Chicago: Oriental Institute.

Alizadeh, K. and J. Ur (2007). Formation and Destruction of Pastoral and Irrigation Landscape on the Mughan Steppe, North-Western Iran. *Antiquity* 81: 148–160.

Al Tikriti, W. Y. (2002). The South-East Arabian Origin of the Falaj System. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 32: 117–138.

Araus, J. L., A. Febreroa, R. Buxób, M. O. Rodríguez-Arizac, F. Molina, M. Dolores Camalich, D. Martín and J. Voltas. (1997). Identification of Ancient Irrigation Practices based on the Carbon Isotope Discrimination of Plant Seeds: A Case Study from the South-East Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science* 24: 729–740.

Bar-Yosef, Ofer. (1998). On the Nature of Transitions: The Middle to Upper Paleolithic and the Neolithic Revolution. *Cambridge Archaeological Journal* 8, 141–163.

Bar-Yosef, Ofer. (2003). The Natufian Culture in the Levant, Threshold to the Origins of Agriculture. *Evolutionary Anthropology* 6 (5): 153-190.

Briant, P. (1996). *Histoir de l'empire perse. De Cyrus à Alexandre*. Paris.

Bagg, A. (2012). Irrigation, In D. T. Potts (ed.), *A Companion to the Archaeology of the Ancient Near East*, Malden-Oxford, 261–278.

Boucharlat R. (2001). Les galeries de captage dans la pe´ninsule d'Oman au premier mille´naire avant J.-C.: question sur leurs relations avec les galeries du plateau iranien. In Briant, P. (ed.), *Irrigation et drainage dans l'Antiquite´, qanat et canalisations souterraines en Iran, en Egypte et en Greece*. Persika 2, Thotm Editions, Paris, 157-183.

Boucharlat R. (2003). Iron Age Water-draining Galleries and the Iranian 'Qanat'. In: Potts D, al-Naboodah H, Hellyer P (eds.) *Archaeology of the United Arab Emirates. Proceedings of the First International Conference on the Archaeology of the U.A.E*. Trident Press, London, 162–172.

Boucharlat R. (2017). Qanāt and Falaj: Polycentric and Multi-Period Innovations: Iran and the United Arab Emirates as Case Studies. *Underground Aqueducts Handbook*.

Boucharlat, R., de Schacht, T. & S. Gondet. (2012). Surface Reconnaissance in the Persepolis Plain (2005-2008). New Data on the City Organization and Landscape Management. In G. P. Basello & A.V. Rossi (eds.), *Dariosh Studies II. Persepolis and Its Settlements: Territorial System and Ideology in the Achaemenid State* (Universita degli Studi di Napoli "L'Orientale", Dipartimento Asia, Africa e Mediterraneo. series Minor lXXVIII), 249-90.

Belli, O. (1994). Urartian Dams and Artificial Lakes in Eastern Anatolia', Anatolian Iron Ages 3, *The Proceedings of the Third Anatolian Iron Ages*, Colloquium Held at Van, 6-12 August 1990, A. Çilingiroglu-D.H. French (eds.), Ankara, 9-30.

Broughton, J. M. (1997). Widening Diet Breadth, Declining Foraging Efficiency, and Prehistoric Harvest Pressure: Ichthyo-faunal Evidence from the Emeryville Shell Mound, California. *Antiquity* 71: 845–862.

Cowgill, G. L. (1975). On Causes and Consequences of Ancient and Modern Population Chang-

es. *American Anthropologist* 77: 505-525.

Chave, L. (2007). *Guidelines for the Housing of Rats in Scientific Institutions*; Animal Welfare Branch, NSW Department of Primary Industries, Locked Bag 21, Orange NSW 2800.

Charbonnier, J. (2014). Groundwater Management in Southeast Arabia from the Bronze Age to the Iron Age: A Critical Reassessment. *Water History* 10: 3-11.

Christensen, P. (1993). *The Decline of Iranshahr: Irrigation and Environments in the History of the Middle East, 500 B.C. to A.D.* Copenhagen: Museum Tusculanum.

Cole, S.W. and H. Gasche. (1998). Second and First Millennium B.C. Rivers in Northern Babylonia. In *Changing Watercourses in Babylonia. Towards a Reconstruction of the Ancient Environment in Lower Mesopotamia*, edited by H. Gasche and M. Tanret, 1-64.

Coningham, R. A. Fazeli, Nashli, H., Young, R. (2006). Socioeconomic Transformations: Settlement Survey of the Tehran Plain and Excavation at Tepe Pardis, *IRAN* 43: 33-62.

Çifci, A. and A. M. Greaves. (2013). Urartian Irrigation Systems: A Critical Review, *Ancient Near Eastern Studies* 50: 191-214.

Downing, T. E., and McG. Gibson. (1974). *Irrigation's Impact on Society*. Tucson: University of Arizona.

Damp, J. E., S. A. Hall & S. J. Smith. (2002). Early Irrigation on the Colorado Plateau near Zuni Pueblo, New Mexico. *American Antiquity* 67 (4): 665-676.

Fales, F. M. and R. Del Fabbro. (2016). Inscription D' from Sennacherib's Aqueduct at Jerwān: Further Data and Insights. In *the Archaeology of the Kurdistan Region of Iraq and Adjacent Regions*. Konstantinos Kopanias and John MacGinnis (eds.), Archaeopress Archaeology. 65-73.

Fazeli, H. (2001). *Social Complexity and Craft Specialization in the Late Neolithic and Early Chalcolithic Period in the Central Plateau of Iran*. PhD. Thesis, Bradford: University of Bradford.

Fazeli Nashli, H., R. Coningham, R. Young, G. Gillmore, K. Magsodi. (2007). Socio-economic Transformations of the Tehran Plain: Final Season of Settlement Survey and Excavations at Tepe Pardis, *IRAN* 44: 267-285.

Fazeli, Nashli, H., A. Beshkani, A. Markosian, H. Ilkani, R. Young. (2009). The Neolithic to Chalcolithic Transition in the Qazvin Plain, Iran: Chronology and Subsistence Strategies, *AMIT* 41: 1-21.

Fazeli, Nashli, H., M. Vidale, P. Bianchetti G. Giuseppe. (2010). The Evolution of Ceramic Manufacturing Technology During the Late Neolithic and Transitional Chalcolithic Periods at Tepe Pardis, Iran, *AMIT* 42: 87-112.

Fazeli Nashli, H. and R. Matthews. (2021). Hierarchical or Transegalitarian? Societies of the Transitional Chalcolithic Period on the North-Central Plateau of Iran. *Journal of Archaeological Studies* 12 (4): 175-210.

Garfinkel1, Y., A. Vered & O. Bar-Yosef . (2006). The Domestication of Water: the Neolithic Well at Sha'ar Hagolan, Jordan Valley, Israel. *Antiquity* 80: 686–696.

Gillmore, G.K. R. Coningham, H. Fazeli, R.L. Young, M. Magshoudi, C.M. Batt, G. Rushworth. (2009). Irrigation on the Tehran Plain, Iran: Tepe Pardis The site of a Possible Neolithic Irrigation Feature? *Catena* 78: 285–300.

Helbaek, H. (1960). Cereals and Weed Grasses in Phase A. In R. J. Braidwood & L. S. Braidwood (eds.) *Excavations in the Plain of Antioch I.* Chicago: University of Chicago, 540–543.

Hehmeyer, I. (2017). The 'Iranian Syndrome' Revisited: The Question of Technology Transfers or Local Development in Hydraulic Engineering. in: W.Y. Al Tikriti & P.A. Yule (eds.), *Proceedings of Water & Life in Arabia Conference 14th-16th December*, 2014. Abu Dhabi: Tourism and Culture Authority, 103-114.

Hole, F. (1987). Settlement and Society in the Village Period, in: *The Archaeology of Western Iran: Settlement and Society from Prehistory to the Islamic Conquest*. Hole, Frank (ed.). Washington (DC): Smithsonian Institution Press.

Hole, F., K. V. Flannery, and J. A. Neely. (1969). *Prehistory and Human Ecology of the Deh Luran Plain*, The University of Michigan Museum of Anthropology Memoirs 1, Ann Arbor, Michigan.

Houtum-Schindler A. (1891). Note on the Kur River in Fârs, Its Sources and Dams, and the Districts It Irrigates, *Proceedings of the Royal Geographical Society and Monthly Record of Geography*, New Monthly Series, Vol. 13, No. 5: 287-291.

Jaradat A. A. (2002). *Agriculture in Iraq: Resources, Potentials, Constraints, and Research Needs and Priorities*. Submitted to: Department of State Middle East Working Group on Agriculture October 5-6, 2002 Washington, D. C., USA.

Jegstrup, IM, R. Vestergaard, Werner Vach, Merel Ritskes-Hoitinga. (2005). *Nest-Building Behavior in Male Rats from Three Inbred Strains*: Animal Welfare (South Mimms, England) 14(2):149-156.

Jotheri, J. (2018). Recognition Criteria for Canals and Rivers in the Mesopotamian Floodplain. In: Zhuang Y(ed.), *Water Societies and Technologies from the Past and Present*. London: UCL, 111–126.

Levine, L. D., & Mcdonald, M. (1977). The Neolithic and Chalcolithic Period in Mahidasht. *Iran*, 15, 39-50.

Lucas, A. (2011). Waterwheel, *Encyclopedia of Technology and Invention*, Basic Books, New York. 1-9.

MacGinnis, J. D. A. (2003). A *Corvée* Gang from the Time of Cyrus, *Zeitschrift für Assyriologie* 93: 88-115.

Magee, P. (1998). New Evidence of the Initial Appearance of Iron in Southeastern Arabia', *AAE*, 9, 112–127.

Magee, P. (2005). The Chronology and Environmental Background of Iron Age Settlement in Southwestern Iran and the Question of the Origin of the Qanat Systems. *Iranica Antiqua* 40: 217-231.

Manuel, M. and L. Dale and Fattahi, M. (2018). "The Sustainability of Ancient Water Control Techniques in Iran: An Overview, Water History", 10 (1) 13-30. Sillitoe, P. Berghahn (ed.) *Environmental Anthropology and Ethnobiology* (19): 38-61.

Miller, N. F. (2003). Archaeobotany in Iran: Past and Future In book: *Yeki Bud, Yeki Nabud, Essays on the Archaeology of Iran in Honor of William M. Sumner*, Cotsen Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, 8-15.

Mithen, S., E. Jenkins, K. Jamjoum, S. Nuimat, S. Northcliffe and B. Finlayson. (2008). Experimental Crop Growing in Jordan to Develop Methodology for the Identification of Ancient Crop Irrigation. *World Archaeology* 40 (1) 7-25.

Moghadam, A. & N. Miri. (2007). Archaeological Surveys in the "Eastern Corridor", South-Western Iran, *Iran* 45: 23-55.

Neely, J. A. and H. T. Wright. (1994). *Early Settlement and Irrigation on the Deh Luran Plain Village and Early State Societies in Southwestern Iran*. University of Michigan Museum of Anthropology Technical Report 26.

Nenci, E. (2018). The Water Lifting Devices and the Origin of Ancient Mechanics: Shādūf and Pulley Water Management, in *Ancient Civilizations*, Berking, J. (ed.). Berlin Studies of the Ancient World 53, 71-86.

Nicolas, M. E., Munns, R., Samarakoon, A. B. and Gifford, R. M. (1993). Elevated CO2 Improves the Growth of Wheat Under Salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 20: 349–60.

Oates, J. (1969). Choga Mami 1967 – 68, *Iraq* 30: 115-152.

Oates, D., & Oates, J. (1976). Early irrigation agriculture in Mesopotamia. In G. Sieveking, I. H. Longworth, & K. E. Wilson (eds.), *Problems in Economic and Social Archaeology*,109–135. London: Duckworth.

Riehl, S., Zeidi, M., & Conard, N. J. (2013). Emergence of Agriculture in the Foothills of the Zagros Mountains of Iran. *Science*, 341(6141), 65–67.

Orhan, A.H. (2004). *Urartian Water Constructions and Hydraulics*; University of Yüzüncü Yıl: Tuşba, Van, Turkey.

Powell, M.A. (1985). Salt, Seed and Yields in Sumerian Agriculture: A Critique of the Theory of Progressive Salinization. *Zeitschrift fur Assyrologie* 75: 7-38.

Purdue, L. E. and J.-F. Berger. (2015). An Integrated Socio-Environmental Approach to the Study of Ancient Water Systems: The Case of Prehistoric Hohokam Irrigation Systems in semi-arid Central Arizona, USA. *Journal of Archaeological Science* 53: 586-603.

Prickett, M. E. (1976). Tepe Yahya Project. Upper Rud-i Gushk Survey. *Iran* 14, 175-76.

Prickett, M. E. (1986). *Man, Land, and Water. Settlement Distribution and the Development of Irrigation Agriculture in the Upper Rud-i Gushk Drainage, Southeastern Iran*, Ph.D. diss., Harvard University.

Riehl, S., Zeidi, M., & Conard, N. J. (2013). Emergence of Agriculture in the Foothills of the

Zagros Mountains of Iran. *Science* 341 (6141), 65–67.

Rost, Stephanie. (2017). Water Management in Mesopotamia from the Sixth till the First Millennium B.C." Wiley Interdisciplinary Reviews: *Water*, 4: 1-23.

Sauer, E. W. H. Omrani Rekavandi, T. J. Wilkinson, J. Nokandeh. (2013). *Persia's Imperial Power in Late Antiquity: The Great Wall of Gorgan and the Frontier Landscapes of Sasanian Iran*. British Institute of Persian Studies. Archaeological Monographs Series, 2. Oxford; Oakville, CT: Oxbow Books.

Schrakamp, I. (2018). Irrigation in 3rd Millennium Southern Mesopotamia: Cuneiform Evidence from the Early Dynastic IIIb City-State of Lagash (2475–2315 BC). in Ancient Civilizations, Berking, J. (ed.). *Berlin Studies of the Ancient World* 53: 117-196.

Sumner, W. (1986). Achaemenid Settlement in the Persepolis Plain. *American Journal of Archaeology* 90 (1): 3-31.

Sumner, W. (1990). Full-Coverage Regional Archaeological Survey in the Near East: An Example from Iran. In *The Archaeology of Regions: A Case for Full-Coverage Survey*; S.K. Fish and S.A. Kowalewski (eds.), Washington D.C., Smithsonian Institution, 87-115.

Szenczi, Péter; Bánszegi, Oxána; Dúcs, Anita; Gedeon, Csongor I; Markó, Gábor; Németh, István; Altbäcker, Vilmos. (2011). Morphology and function of communal mounds of overwintering mound-building mice (Mus spicilegus), *Journal of Mammalogy*, Vol. 92, Issue 4, 16: 852–860.

Tosi, M. (1968). Excavations at Shahr-i Sokhta, a Chalcolithic Settlement in the Iranian Sistan. Preliminary of First Campaign. *East and West* 18: 9-66.

Vidale, M., H. Fazeli Nashli and F. Desset. (2018). The Late Prehistory of the Northern Iranian Central Plateau (c. 6000–3000 BC): Growth and Collapse of Decentralised Networks. Surplus Without the State, Political forms in Prehistory, *10th Archaeological Conference of Central Germany*, October 19-21, 2017 in Halle (Saale). 1-43.

Wenke, R.J. (1975). Imperial Investments and Agricultural Development in Parthian and Sasanian Khuzistan: 150 B.C. to A.D. 640, *Mesopotamia* 10/11: 31–221.

Wilkinson, T.J. (2003). *Archaeological landscapes of the Near East*. Tucson (AZ): University of Arizona Press.

Wilkinson, T. J. & L. Rayne. (2010). Hydraulic Landscapes and Imperial Power in the Near East. *Water History* 2: 115–144.

Wulff, H. E. (1968). The Qanats of Iran, *Scientific American*, April no 213, 4: 94-105.

Yannopoulos, S. I., G. Lyberatos, N. Theodossiou, W. Li, M. Valipour, A. Tamburrino and A. N. Angelakis. (2015). Evolution of Water Lifting Devices (Pumps) over the Centuries Worldwide. *Water* 7: 5031-5060.

Zawadzki, S. (2000). "Nār Kuraš", 599-602, in Marzahn, J., & H. Neumann (eds.), *Assyriologica et Semitica: Festschrift für Joachim Oelsner,* Alter Orient und Altes Testament 252. Münster: Ugarit-Verlag.

Zimansky, P. (1985). *Ecology and Empire: The Structure of the Urartian State*, Chicago: Oriental Institute Press.

© 2024 The Author(s). Published by Tissaphernes Archaeological Research Group, Tehran, Iran. Open Access. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited, and is not altered, transformed, or built upon in any way.
The ethical policy of Ancient Iranian Studies is based on the Committee on Publication Ethics (COPE) guidelines and complies with International Committee of Ancient Iranian Studies Editorial Board codes of conduct. Readers, authors, reviewers and editors should follow these ethical policies once working with Ancient Iranian Studies. The ethical policy of Ancient Iranian Studies is liable to determine which of the typical research papers or articles submitted to the journal should be published in the concerned issue. For information on this matter in publishing and ethical guidelines please visit www.publicationethics.org.