



## Original Paper

## Geo-Archaeology of West Susiana Plain with an Analysis of Hydraulic Structures



Amir Safari<sup>1</sup>, Amir Karam<sup>2</sup>, Alireza Sardari Zarchi<sup>3</sup>, Morteza Fattahi<sup>4</sup>, Reza Motamed<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor of Geography, Kharazmi University of Tehran, Tehran, IRAN

<sup>2</sup> Associate Professor of Natural Geography, Kharazmi University of Tehran, Tehran, IRAN

<sup>3</sup> Assistant Professor, Archaeological Research Center, Cultural Heritage Research Center, Tehran, IRAN

<sup>4</sup> Associate Professor, Geophysics Institute of Tehran University, Tehran, IRAN

<sup>5</sup> Ph.D. in Geomorphology & Environmental Management, Kharazmi University of Tehran, Tehran, IRAN

Received: 20/03/2019

Accepted: 16/06/2019

### Abstract

Geo-archaeology arises from the integration of methods and abilities of archeology and geomorphology. Evidences suggest that during the history of the earth, climatic conditions have undergone numerous changes in geographic characteristics, including geomorphic ones. Understanding the geomorphic phenomena and its effects on ancient habitats help in identifying human habitation patterns and therefore, managing archaeological heritages in a regional scale. Susiana plain in the north of Khuzestan province has been the longest site of the first and most extensive archaeological research in Iran. Susa, the foundation of the first cultural succession framework, has been introduced from prehistoric periods in southwestern of Iran. Based on the surveys and extensive excavations in Khuzestan, different sites have been identified with long-term occupancies, which in some way illuminate the settlement system of different periods of life in this area. Over a hundred years of excavation in Susa, the signs of settlements and communities have been identified, which prove that these settlements have begun since the middle of the 5th millennium BC, and continued steadily until the seventh century AH. Generally, human and natural changes can be the cause of the weakening of the settlements at any time period. Now, the question is which of these factors has influenced the weakening of the settlements of the western Susiana plain and what process has taken place? The purpose of this research is to investigate the role of the factors affecting these settlements. Susiana plain, as one of the most important human origins in the Middle East, is of great importance to those interested in the natural and ancient sciences. Geo-archaeological studies, and especially the use of geomorphological techniques to understand the pattern of human habitats, can be an effective step towards making the history of civilization clearer in this region, and in Iran. The methods used in this study were application of corona satellite images, field observations and luminescence optical lens experiments. Overall, the survey of the environment, review the totality of settlements and water resources, as a criterion for field deployments, have been used in this study. Therefore, the separation of historic or prehistoric periods is not so significant. Although the role of human factors in undermining certain important settlements is undeniable, but in the vastness of a plain with hundreds of scattered settlements, a greater reason is required. In addition, there is not enough evidence available from anthropologists about human factors yet. If we consider the importance of water in human societies and throughout the human history along with the environmental changes detailed in the discussion, it can be assumed that the natural changes were the main factor in undermining or destroying the

\* Corresponding author: [dr.rezamotamed@gmail.com](mailto:dr.rezamotamed@gmail.com)

settlements of the western Susiana plain. The overall results show that, contrary to the assumptions, the Dez River plays an important role in the population deployments of the western Susiana plain, which has been abandoned after geomorphologic changes in the bed and as a result of the lowering of the water level, declining the settlements of the plain. Eventually, after an indefinite period of time, with the construction of the Harmushi channel from Karkheh and the expansion of its branches, the settlements were gradually reformed in the western part of Susiana plain.

**Keywords:** Susiana, Luminescence, Geo-Archeology, Geomorphology, Hydraulic Structures



## زمین‌باستان‌شناسی دشت شوشان غربی با تحلیلی بر سازه‌های آبی

امیر صفاری<sup>۱</sup>، امیر کرم<sup>۲</sup>، علیرضا سرداری زارچی<sup>۳</sup>، مرتضی فتاحی<sup>۴</sup>، رضا معتمد<sup>۵\*</sup>

۱. دانشیار و رئیس دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران
۲. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران
۳. استادیار پژوهشکده باستان‌شناسی، پژوهشگاه میراث فرهنگی، تهران، ایران
۴. دانشیار و رئیس بخش سنیابی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران
۵. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی-مدیریت محیط، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۹

### چکیده

دشت شوشان در شمال استان خوزستان، از دیرباز مکان اولین و پردامنه‌ترین پژوهش‌های باستان‌شناختی در ایران بوده که با محوریت شوش، بنیادهای نخستین چارچوب توالی فرهنگی از دوره‌های پیش‌ازتاریخ را در جنوب غرب ایران مطرح ساخته است. بر اساس بررسی‌ها و کاوش‌های دامنه‌دار در خوزستان، محوطه‌هایی گسترده با توالی زمانی طولانی‌مدت شناسایی شده که به‌نوعی نظام سکونت‌دوره‌های مختلف زندگی در این منطقه را روشن می‌سازند. در شوش طی یک‌صد سال کاوش، نشانه‌هایی از استقرار و سکونت جوامع شناسایی شده که ثابت می‌کند از اواسط هزاره پنجم (ق.م) آغاز شده و به‌طور متوالی تا سده هفتم هجری ادامه داشته است. اما برای مدتی استقرارها تضعیف شده و یا از بین رفته‌اند که با حضور باستان‌شناسان خارجی و شروع کاوش‌های باستان‌شناسی توجه به این منطقه بیشتر شده، درنتیجه آن به‌تدریج در شهر شوش و در سطح این دشت زندگی دوباره جریان یافته، استقرارهای انسانی شکل گرفتند. به‌طورمعمول، دلایل انسانی و طبیعی از علل تضعیف استقرارها در هر نقطه‌ای می‌توانند باشند. حال این سؤال مطرح است که کدام‌یک در تضعیف استقرارهای دشت شوشان غربی و وقفه ایجادشده نقش مهم‌تری داشته‌اند؟ به‌طور کل هدف از انجام این پژوهش، بررسی نقش عامل تأثیرگذار بر استقرار سکونتگاه‌هاست. دشت شوشان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خاستگاه‌های بشری در خاورمیانه از اهمیت فراوانی برای علاقه‌مندان به علوم طبیعی و باستانی برخوردار است. بنابراین مطالعات زمین‌باستان‌شناسی که ترکیبی از دو علم ژئومورفولوژی و باستان‌شناسی است می‌تواند برای درک شرایط طبیعی و زیستگاه‌های انسانی گامی مؤثر در جهت شفاف‌تر شدن تاریخ تمدن در این منطقه و ایران باشد. روش‌های استفاده‌شده در این تحقیق کاربرد تصاویر ماهواره‌ای کرونا، بازدیدهای میدانی و آزمایش سنیابی به روش لومینسانس نوری بوده است که نتایج به‌دست‌آمده نشان داد پایین رفتن بستر رودخانه دز یا کاهش ارتفاع سطح آن در اثر فرایند کاوش توسط جریان آب، موجب قطع ارتباط آب رودخانه با کانال‌های دشت شوشان غربی شده درنتیجه به دلیل اهمیت حیاتی آب در کنار استقرارها، عامل طبیعی مهم‌ترین دلیل تضعیف استقرارها و مهاجرت ساکنین به دشت‌های مجاور شناخته شده است.

**واژگان کلیدی:** شوشان، لومینسانس، زمین‌باستان‌شناسی، ژئومورفولوژی، سازه‌های آبی

\* مسئول مکاتبات: تهران، دانشگاه خوارزمی، ساختمان علوم انسانی، دانشکده علوم جغرافیایی، کد پستی: ۱۵۷۱۹-۴۹۹۱۱

پست الکترونیکی: [dr.rezamotamed@gmail.com](mailto:dr.rezamotamed@gmail.com)

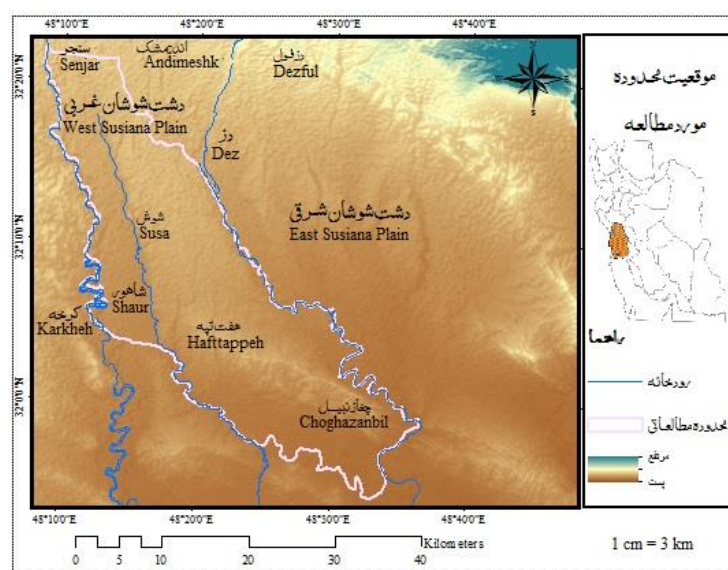
حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقاله چاپ شده را با دیگران به اشتراک بگذارد منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

## ۱. مقدمه

شکل‌گیری سکونتگاه‌ها در ارتباط با عوامل مختلفی مانند ژئومورفولوژی، شکل زمین، دسترسی به منابع آب و غیره بوده و انسان‌های پیشین با یک دید کلی به منطقه و شناسایی قابلیت‌های محیطی، بهترین مکان را برای سکونت برگزیده‌اند [1]. زمین‌باستان‌شناسی از ادغام روش‌ها و توانایی‌های رشته‌های باستان‌شناسی و ژئومورفولوژی به وجود می‌آید [2]. به تعبیری دیگر، زمین‌باستان‌شناسی کاربرد تکنیک‌های ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی در باستان‌شناسی و مطالعه تعامل انسان‌ها با محیط طبیعی در مقیاس‌های زمانی و مکانی متعدد است [3]. شواهد نشان می‌دهد که در طول تاریخ زمین، شرایط آب و هوایی بارها دستخوش تغییر و تحول کلی شده و به دنبال آن شرایط جغرافیایی و ازجمله ژئومورفیک نیز تغییر پیدا کرده است [4]. درک پدیده‌های ژئومورفیک و اثرات آن بر روی زیستگاه‌های باستانی کمک بسزایی در شناسایی الگوهای زیستگاهی انسانی و مدیریت میراث باستان‌شناختی در مقیاس منطقه‌ای می‌کند [5]. در تحقیقات باستان‌شناسی جنوب غربی ایران به‌خصوص در دشت‌های خوزستان، مسئله الگوی استقرار، ترک و جابجایی زیستگاه‌ها، تأثیرات محیط طبیعی بر الگوها و فعالیت‌های آن‌ها، حائز اهمیت بوده و سؤالاتی از قبیل علل انحطاط زیستگاه‌ها، علل جابجایی زیستگاه‌ها و تأثیرپذیری از محیط‌های طبیعی در دوران مختلف در فکر زمین‌باستان‌شناسان خطور کرده است [6]. دشت شوشان در شمال استان خوزستان، از دیرباز مکان اولین و پردامنه‌ترین پژوهش‌های باستان‌شناختی در ایران بوده که با محوریت شوش، بنیادهای نخستین چارچوب توالی فرهنگی از دوره‌های پیش‌ازتاریخ را در جنوب غرب ایران مطرح ساخته است. بر اساس بررسی‌ها و کاوش‌های دامنه‌دار در خوزستان، محوطه‌هایی گسترده با توالی زمانی طولانی‌مدت شناسایی شده که به‌نوعی نظام سکونت‌دوره‌های مختلف زندگی در این منطقه را روشن می‌سازند. نظامی که برآمده از کشش زیست‌محیطی غنی و منابع گسترده، استقراری چنددوره‌ای را شکل داده و در کنار آن تغییرات دینامیک رودخانه‌های بزرگ، ریخت‌چین

محوطه‌هایی را متحول نموده است [7]. فرایند رسوب‌گذاری دشت شوشان در جنوب غرب ایران از ۸۰۰۰ سال ق.م قدمت داشته که به میزان ۰/۶mm در هر سال تا حدود ۲۰۰۰ ق.م تداوم یافته و بعدازآن کاهش یافته و در عوض رودخانه‌های اصلی دشت شروع به کندن کرده‌اند [8]. دشت شوشان شامل دو بخش شوشان شرقی و شوشان غربی است که رودخانه دز این دو بخش را از یکدیگر جدا می‌کند. محدوده این تحقیق به‌وسیله عوارض طبیعی و انسانی مشخص گردیده است. رودخانه دز در جهت شرق و جنوب شرقی، کرخه در جهت غربی، جریان شاتور (شاهور) و مئاندرهای قدیمی متصل به آن در جهت جنوبی و مرز سیاسی شهرستان اندیمشک نیز در بخش شمالی و شمال شرقی محدوده قرار دارد که البته دیگر استقرار مهم دشت شوشان غربی یعنی تپه سنجر به دلیل شرایط متفاوت و قرار گرفتن در حریم شهرستان اندیمشک خارج از محدوده مطالعاتی قرار گرفته است (شکل ۱).

در شوش طی یک‌صد سال کاوش، نشانه‌هایی از استقرار و سکونت جوامع شناسایی شده که ثابت می‌کند از اواسط هزاره پنجم (ق.م) آغاز شده و به‌طور متوالی تا سده هفتم هجری ادامه داشته است. شوش از سده چهارم هجری رو به ویرانی نهاد، تا سرانجام در سده‌های هفتم و هشتم هجری به‌کلی متروک شد [9]. شهر شوش پس‌ازاینکه آخرین ساکنان رهایش کردند و به‌سوی شوشتر و دزفول و مراکز دیگر روی آوردند دیگر از عرصه حیات رخت برپست. این شهر بزرگ که آثار و بقایای آن، فضایی به مساحت بیش از چهار کیلومتر مربع (چهارصد هکتار) را فراگرفته است؛ برای مدت هفت قرن به خواب اندر شد و تنها از برکت وجود آرامگاهی که گویا مضجع دانیال نبی باشد و به‌ویژه در سایه کارها و زحمات هیئت باستان‌شناسی اعزامی فرانسوی دگرباره دیده از خواب گشود [10]. به‌طورکلی جدا از استقرارهای مهمی چون شوش، بیش از ۳۰۰ محوطه و تپه باستانی دیگر در دوره‌های متوالی پیش‌ازتاریخ تا دوران اسلامی وجود داشته که در بررسی‌های اجمالی در سطح دشت شوشان غربی توسط باستان‌شناسان، بیشتر آن‌ها تداوم زیادی نداشته‌اند. بررسی‌های میدانی و مصاحبه‌ها نیز



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه

Fig 1. Studied area Location

## ۲. ضرورت انجام تحقیق

بدون شک دشت شوشان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خاستگاه‌های بشری در خاور نزدیک باستان از اهمیت فراوانی برای علاقه‌مندان به علوم طبیعی و باستانی برخوردار است. این دشت بزرگ و حاصلخیز که از آغاز استقرارهای روستائینی در عصر نوسنگی تا به امروز میزبان اقوام و گروه‌های مختلفی بوده، شواهدی از آثار فرهنگی و طبیعی به‌جای گذاشته که باعث شده محققین و کاوشگران از طریق مطالعه تغییرات طبیعی به دنبال پی بردن به شرایط طبیعی دوران گذشته، و برخی دیگر از طریق مطالعه آثار انسانی به دنبال کشف اطلاعات تازه‌ای از زندگی انسانی در این منطقه باشند. بنابراین نتایج این تحقیقات از اهمیت خاصی برخوردار است.

## ۳. پیشینه تحقیق

جنوب غرب ایران و خوزستان به‌واسطه کاوش‌های باستان‌شناسی شوش در اواسط و اواخر قرن نوزدهم میلادی، کانون نخستین پژوهش‌ها جهت شناسایی شهرهای باستانی و تحولات فرهنگی جوامع پیش‌ازتاریخ تا معاصر بوده است [9]. این کاوش‌ها در سده بیستم نیز ادامه یافت و در طی بررسی‌های باستان‌شناسی فراگیر و گسترده‌ای که در سراسر دشت شوشان انجام شد، بیش

نشان می‌دهد که اغلب روستاهای امروزی سطح دشت عمر چندانی ندارند. بنابراین وقفه‌ای در استقرار سکونتگاه‌ها ایجاد شده است که در منابع مختلف باستان‌شناسی به این موضوع توجه داشته‌اند و در بالا به برخی از آن‌ها اشاره شد. به‌طورمعمول، دلایل انسانی و طبیعی از علل تضعیف استقرارها در هر نقطه‌ای می‌توانند باشند. حال این سؤال مطرح است که کدامیک در تضعیف استقرارهای دشت شوشان غربی اثرگذار بوده و چه فرایندی طی شده است؟ بررسی‌های کتابخانه‌ای و میدانی نشان می‌دهد که بین دو عامل اصلی در تضعیف استقرارها (طبیعی - انسانی)، عوامل طبیعی نقش پررنگ‌تری داشته‌اند. به نظر می‌رسد فرسایش بستر رودخانه دز به‌عنوان منبع مهم تأمین آب دشت شوشان غربی و پایین رفتن سطح آب در یک مقطع زمانی، رگ‌های حیاتی (کانال‌ها) دشت را دچار اختلال کرده است که تحلیل نقش عوامل طبیعی در استقرار سکونتگاه‌ها می‌تواند پاسخی مناسب برای این پرسش را در اختیارمان قرار دهد. ازاین‌رو تلاش شده تا در این پژوهش از طریق بازدیدهای میدانی، بررسی تصاویر ماهواره‌ای کرونا و تعیین سن رسوبات منطقه، به روش سن‌یابی لومینسانس نوری به پاسخی روشن در این مورد دست یابیم.

از ۳۰۰ اثر تاریخی شناسایی شد [11]. پس‌از این بررسی‌ها، پژوهش‌های میان‌رشته‌ای باستان‌شناسی نیز به‌منظور شناخت تغییرات زمین‌باستان‌شناسی این منطقه آغاز شد [8]. البته پیش‌از این ژاک دموگران که در شوش کاوش‌های باستان‌شناسی آغاز کرده بود، با مطالعات زمین‌شناسی همراه بوده است. در سال‌های پس از انقلاب، پژوهشگران دیگری نیز به مطالعات باستان زمین‌شناسی و باستان‌شناسی لندسکیپ (چشم‌انداز) در دشت شوشان و مناطق هم‌جوار آن مانند شوشتر و رامهرمز روی آورده‌اند [12] و افزون بر آن، هیئتی از بلژیک در بخش‌های جنوبی خوزستان و سواحل خلیج فارس مطالعاتی داشته‌اند [13]. با فاصله بیشتری خارج از این محدوده، در بحث زمین‌باستان‌شناسی، مقصودی و همکاران نقش مخروط‌افکنه‌های جاجرود در دشت تهران و حاجی عرب در دشت قزوین بر استقرار محوطه‌های پیش‌از تاریخ را با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و تصاویر SRTM، مطالعات میدانی مورد بررسی قرار دادند [14]. در تحقیقاتی دیگر، هی وارت و همکاران در مورد تاریخچه مسیر رودخانه فرات و همچنین مقالاتی در مورد زمین‌باستان‌شناسی محوطه‌های بین‌النهرین پرداخته‌اند [15]. در تحقیقی از رسوبات رودخانه‌ای، کاربردهای سن‌یابی لومینسانس را در تحقیقات ژئومورفیک، باستان‌شناسی و دیرینه لرزه‌شناسی ارائه داد [16].

#### ۴. روش تحقیق

##### ۴-۱. به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای

ابتدا با استفاده از تصاویر و نقشه‌های گوگل ارث محدوده مورد مطالعه مشخص و تعیین حدود شد. سپس با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای کرونا که حدود نیم‌قرن پیش در اواخر دهه ۱۳۴۰ برداشت شده، آخرین آثار و بقایای بجا مانده از کانال‌های باستانی و همچنین استقرارها قبل از تسطیح و تخریب آن‌ها بررسی گردید. با توجه به سیاه‌وسفید بودن و کیفیت تصاویر کرونا، علاوه بر مقایسه آن‌ها با تصاویر ماهواره‌ای لندست، بازدیدهای میدانی نیز انجام شد تا درک بهتری از

عوارض باقیمانده و موقعیت عوارض تخریب‌شده به دست آید.

##### ۴-۲. عملیات میدانی

در این تحقیق بازدیدهای میدانی طبق برنامه‌ریزی قبلی با استفاده از ابزار و تجهیزات لازم جهت شناسایی و برداشت نمونه‌ها انجام شده است. شناسایی اولیه منطقه با هدف آشنایی محوطه‌های باستانی، توپوگرافی دشت، وضعیت شهری و روستایی منطقه و همچنین موقعیت آثار تخریب‌شده صورت گرفت که در ادامه از تاق‌دیس سردارآباد، سازه‌های زمین‌شناسی، ردیابی رسوبات رودخانه‌ای و پادگانه‌های رودخانه‌ای منطقه بازدید به عمل آمد. همچنین جهت تکمیل عملیات میدانی، عکس‌برداری از لندفرم‌ها و برداشت داده‌های GPS از نقاط کاربردی در دستور کار قرار گرفت. بخشی از عملیات میدانی نیز به شناسایی موقعیت‌های نمونه‌برداری، برداشت نمونه‌ها و انتقال به آزمایشگاه سن‌یابی اختصاص یافت (شکل ۲).

##### ۴-۳. تاریخ‌گذاری و سن‌یابی به روش

##### لومینسانس نوری (OSL)

با استفاده از روش لومینسانس نوری، آخرین زمان نورخوردگی رسوب تخمین زده می‌شود. در این تحقیق، نمونه رسوبی از محل اتصال کانال‌های باستانی و رودخانه دز که ۸ m بالاتر از سطح کنونی قرار داشته، برداشت شده است. در این تحقیق دو هدف از تعیین سن رسوب مدنظر است. ابتدا، برآورد زمانی که سطح آب رودخانه دز ۸ m بالاتر از زمان حال بوده و رسوبات را به درون کانال هدایت کرده است؛ که نشان‌دهنده دوره پویایی کانال‌ها و استقرارها به‌وسیله رودخانه دز بوده و دوم، بررسی میزان فرسایش (کندن) در بستر رودخانه دز و تغییرات مورفولوژی دشت، تحت تأثیر رودخانه، طی دوره سنی به‌دست‌آمده، است؛ به‌گونه‌ای که می‌توان با استفاده از مهندسی معکوس چشم‌انداز دشت شوشان غربی و فرایند تغییرات آن از گذشته تا به امروز را بازسازی کرد.





شکل ۲. نمونه‌گیری از رسوبات آبی جهت انجام آزمایش سن‌یابی

Fig 2. Sediment sampling for age testing

الیکوت‌های مربوط به نمونه، پس از آماده‌سازی، در داخل دستگاه Lexsyg Smart TL/OSL Reader قرار داده شدند و سیگنال نوری طبیعی این الیکوت‌ها اندازه‌گیری شدند که نمونه‌ای از سیگنال‌های اندازه‌گیری‌شده مربوط به الیکوت‌های شماره ۳۹، ۱۰ و ۲۲ در شکل (۳-الف) نشان داده شده‌اند. سپس در آزمایشگاه به کلیه الیکوت‌ها، دُرهای مشخص (۲۵، ۵۰ و ۷۵ ثانیه) داده شده و سیگنال نوری حاصل از دُرهای مصنوعی داده‌شده به آن‌ها اندازه‌گیری و منحنی استاندارد هر الیکوت رسم و De مربوط به آن‌ها، برآورد گردید. به‌عنوان نمونه‌ای از منحنی‌های استاندارد، منحنی‌های متعلق به سه الیکوت شکل (۳-الف) در شکل (۳-ب) نشان داده شده‌اند.

در ادامه، دُر سالانه، محاسبه و با تقسیم دُر معادل دُر طبیعی بر دُر سالانه، سن نمونه برداشت‌شده برآورد شد. مجموعه اطلاعات مربوط به این نمونه که توسط روش OSL برآورد شده است، در جدول ۱ ارائه شده است.

## ۵. تحلیل یافته‌ها

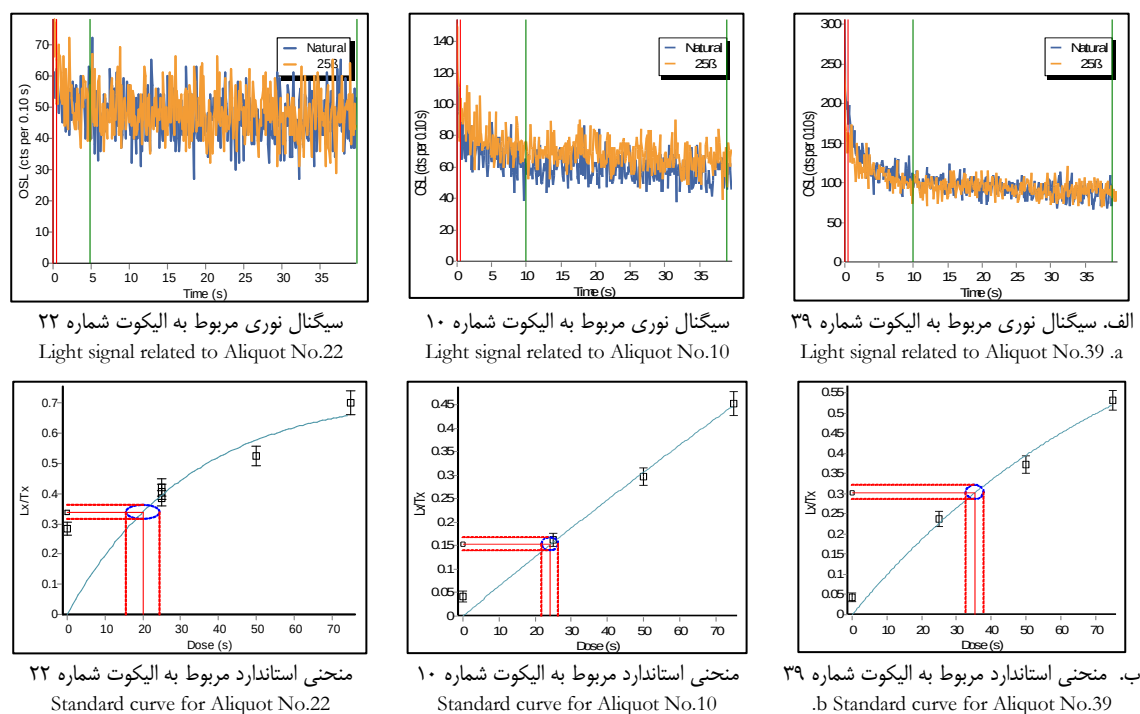
### ۵-۱. تاکدیس سردارآباد

شوشان غربی دشتی است نسبتاً هموار که توسط جریان‌ات آبی محصور شده و از نظر مورفولوژی شاخص‌ترین عارضه طبیعی بر سطح آن تاکدیس سردارآباد است. این تاکدیس که ساختمان آن عمدتاً از سازند آغاچاری تشکیل یافته، در محدوده مورد مطالعه،

سال پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۸ | ۲۱

جهت برآورد سن هر نمونه، مقادیر دُر معادل دُر طبیعی (Equivalent Dose: De) و نرخ دُر سالانه مربوط به آن نمونه مورد نیاز است. دُر معادل دُر طبیعی، پس از طی مراحل مختلف آزمایشگاهی و به‌کارگیری پروتکل تولید مجدد الیکوت منفرد (Single Aliquot Regeneration: SAR) برآورد می‌شود. نرخ دُر سالانه، نیز با در نظر گرفتن مقدار مواد رادیواکتیو، درصد رطوبت نمونه، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع محل برداشت نمونه از سطح دریا، و عمق برداشت نمونه محاسبه می‌گردد. در ادامه، با تقسیم مقادیر دُر معادل دُر طبیعی برآورد شده بر نرخ دُر نمونه، سن نمونه محاسبه می‌شود. بنابراین با استناد به سن برآورد شده برای ذرات کوارتز و یا فلدسپار رسوبات با استفاده از روش OSL می‌توان پی برد که آخرین زمان در معرض نور قرار گرفتن لایه رسوبی که نمونه از آن برداشت‌شده، در چه زمانی بوده است. در این تحقیق، پس از عملیات نمونه‌برداری، نمونه به آزمایشگاه سن‌یابی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، منتقل و تمامی مراحل آماده‌سازی نمونه طی شد و خالص‌سازی نهایی بر روی ذرات کوارتز با اندازه  $\mu$  ۱۲۵-۹۰ انجام شد.

پس از تخلیص ذرات کوارتز، این ذرات بر روی دیسک‌هایی قرار گرفتند؛ که به مجموعه آن‌ها (دیسک و ذرات روی آن)، الیکوت گفته می‌شود. از تعداد بیش از ۱۰۰ الیکوت تهیه‌شده برای این نمونه، تعداد ۴۰ الیکوت که مقادیر De آن‌ها با دقت بیشتری تعیین شده بود، جهت تخمین نهایی سن نمونه، انتخاب شدند.



شکل ۳. سیگنال‌ها و منحنی‌های سه الیکوت نمونه برداشت‌شده

Fig 3. Samples signals and curves of three Aliquots

جدول ۱. مقادیر استفاده‌شده جهت سن‌یابی و سن‌نهایی نمونه برداشت‌شده

Table 1. Used Values for Age testing and samples final age

| Sample ID | Grain Size (μm) | Water (%) | Depth (m) | K (%)     | U (ppm)   | Th (ppm)  | Cosmic (Gy/ka) | Total (Gy/yr) | De (Gy)   | Age (ka)  |
|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|---------------|-----------|-----------|
| M23       | 90-125          | 5.00      | 4.00±0.20 | 0.66±0.05 | 0.90±0.05 | 1.31±0.16 | 0.12±0.08      | 1.06±0.09     | 2.50±0.12 | 2.37±0.23 |

قبیل توده‌های حجیم و لایه‌بندی شده ماسه‌ای، شنی، گراولی، همچنین ماسه‌سنگ و اشکال بستر رودخانه‌ای به‌دست آمده که نشان می‌دهد رودخانه دز در گذشته دو شاخه اصلی داشته که یکی از آن‌ها با انحراف از مسیر فعلی و تبدیل شدن به چندین شاخه فرعی از روی تاق‌دیس سردارآباد عبور کرده و وارد دشت شاهرور شده است (شکل ۵)، که به تدریج از تعداد شاخه‌های فعال این جریانات کاسته شده و درنهایت قبل از خشک شدن به یک یا دو شاخه فعال تبدیل شده‌اند.

### ۳-۵. کانال‌ها

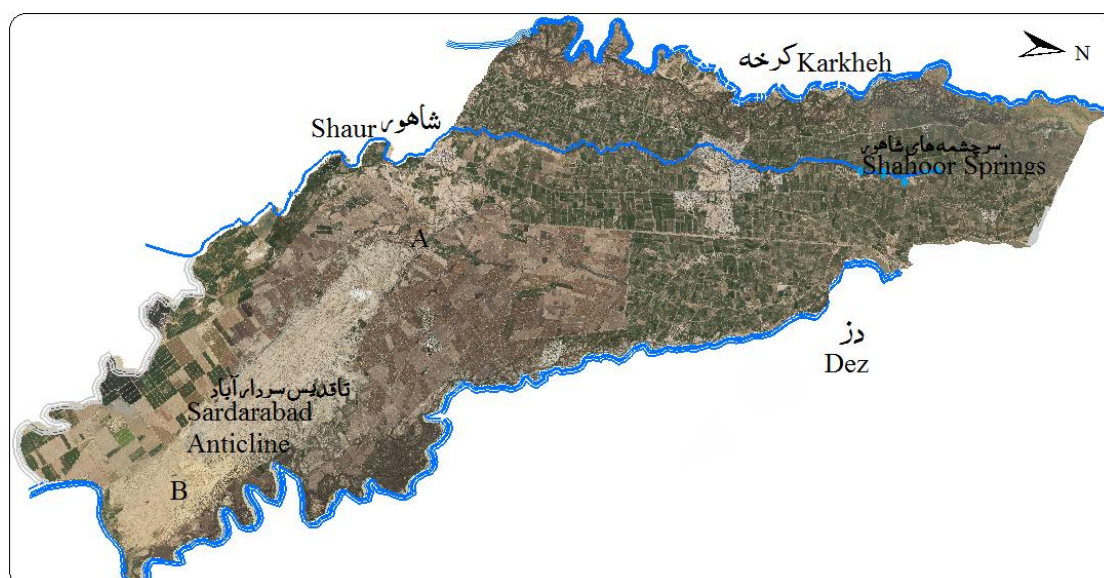
بررسی تصاویر ماهواره‌ای کرونا که آخرین آثار بجا مانده از کانال‌های باستانی را قبل از تسطیح گسترده

حدود ۳۰ km طول و بین ۲ تا ۴ km عرض دارد که ارتفاع آن در محدوده A تقریباً هم‌سطح با دشت و همین ارتفاع را به طرف محدوده B حفظ می‌کند (شکل ۴). اما به دلیل فرسایش شدید دشت، تحت تأثیر رودخانه، اختلاف ارتفاع تاق‌دیس از محدوده A به B به تدریج تا بیش از ۲۵ m افزایش می‌یابد. بنابراین چشم‌انداز آن از دشت یا ساحل رودخانه به طرف تاق‌دیس در محدوده B مرتفع به نظر می‌رسد؛ درحالی‌که از نظر ارتفاعی با محدوده A تفاوت چندانی ندارد.

### ۲-۵. جریانات سردارآباد

در بررسی‌های میدانی بر روی تاق‌دیس فرسایش یافته‌ی سردارآباد شواهد فراوانی از ردیابی رسوبات رودخانه‌ای از

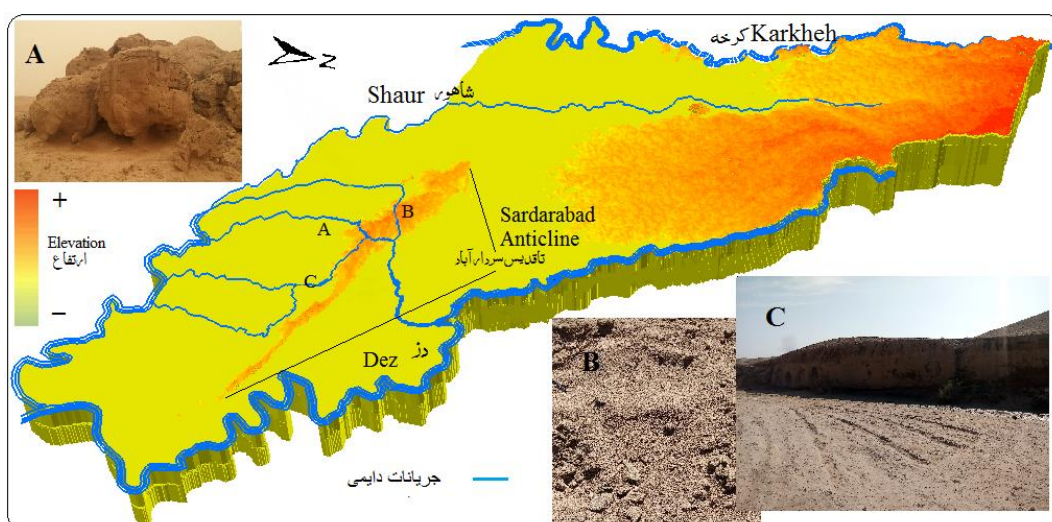




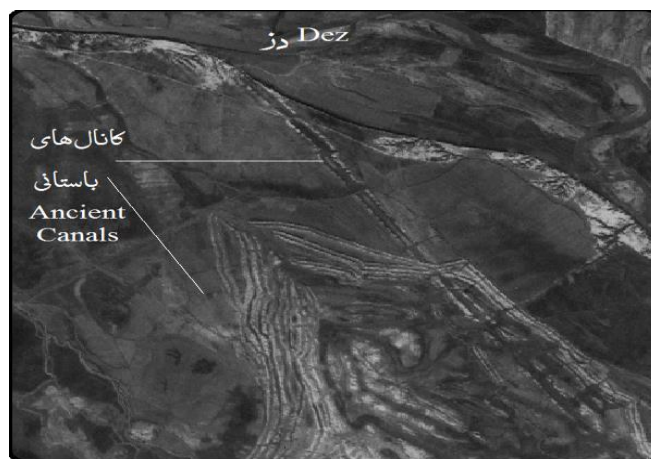
شکل ۴. موقعیت تاقدیس سردارآباد در دشت شوشان غربی  
Fig 4. Sardarabad Anticline Location on the West Susiana plain

طرفی نیز به دلیل فرسایش زیاد و کیفیت تصاویر، ارتباط برخی زیرشاخه‌های کانالی با منبع مرتبط مشخص نیست که از ترسیم آن‌ها خودداری شده است. آزمایش سن‌سنجی که به روش لومینسانس نوری بر روی رسوبات، در محل تلاقی کانال و رودخانه دز انجام شد، نشان داد که حدود ۲۳۷۰ سال پیش (با خطای ۲۳۰ سال)، رودخانه دز حداقل ۸ m بالاتر از سطح فعلی جریان داشته و با کانال‌ها در ارتباط بوده است.

زمین‌های دشت به‌منظور توسعه کشاورزی نشان می‌دهد، حاکی از ارتباط برخی کانال‌های باستانی با رودخانه دز است (شکل ۶). این کانال‌ها که عمدتاً از دو منطقه تغذیه شده‌اند تا اطراف شوش و هفت‌تپه امتداد یافته و در سطح دشت پراکنده شده‌اند. البته الگوی آن‌ها که از تصاویر کرنا استخراج شده و در اشکال زیر آمده، کامل نبوده و در زمان عکس‌برداری (حدود نیم‌قرن پیش) نیز بخش قابل توجهی از آن‌ها تخریب بودند. از



شکل ۵. جریان‌ات سردارآباد و آثار یافت شده  
Fig 5. Sardarabad streams and found Evidence



شکل ۶ الگوی هرمی و خطی کانال‌های باستانی در کنار رودخانه دز  
Fig 6 Ancient canal Pyramid and Linear Pattern of along the Dez River

#### ۴-۵. قنات‌ها

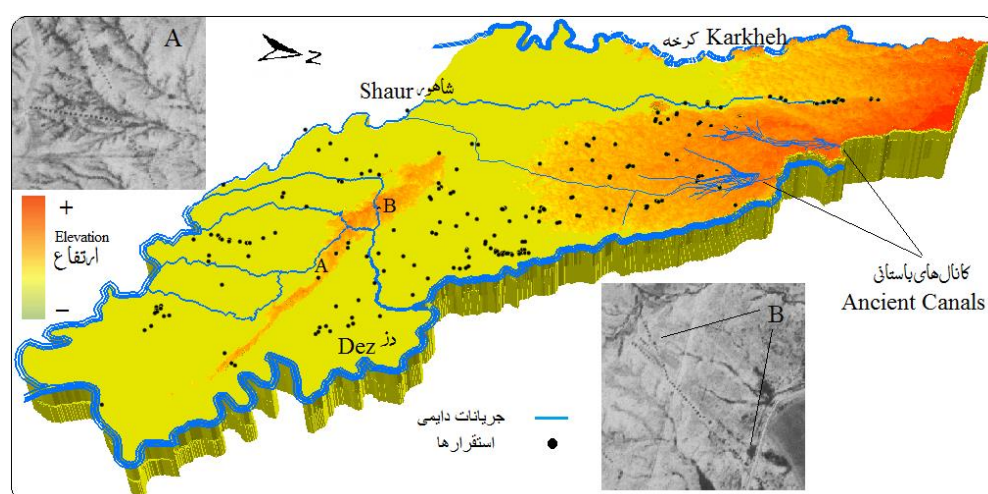
است که اخیراً آثار قنات‌هایی یافت شده که احداث اولین چاه‌های این قنات‌ها در کنار بسترهای خشک‌شده جریانات سردارآباد بر ارتباطشان با این جریانات دلالت دارد و شواهد موجود بیانگر آن است که جریانات سردارآباد دست‌کم تا دوره ساخت قنات توسط انسان که برخی باستان‌شناسان و مورخین به دوره ساسانیان نسبت می‌دهند بر سطح تاق‌دیس فعال بوده‌اند (شکل ۸<sub>A</sub> و ۸<sub>B</sub>). به عبارت دیگر، جریانات سردارآباد از نظر طبیعی، حداقل از زمان احداث قنات‌ها به عقب‌تر (قبل از احداث زیگورات چغازنبیل در دوره ایلامی) فعال بوده‌اند که این موضوع با توجه به فرسایش کنونی دشت چشم‌انداز متفاوتی از توپوگرافی منطقه را برای ما ترسیم می‌کند.

در دشت شوشان بزرگ (از دشت بهبهان تا بخش‌هایی از ایلام) تفاوت بارزی بین قنات‌های این دشت و ایران مرکزی وجود دارد. در فلات ایران اغلب قنات‌ها آب سفره‌های زیرزمینی را به سطح زمین انتقال می‌دهند. ولی در دشت شوشان بزرگ، قنات‌ها اغلب آب رودخانه‌ها را پس از طی چندین کیلومتر در سطح زمین جاری کرده‌اند (شکل ۷) که آثار آن‌ها را می‌توان در کنار رودخانه‌های مارون، دز، کرخه، بالارود، اعلا و ابوالعباس مشاهده کرد.

بنابراین رودخانه، تنها منبع تأمین آب این‌گونه قنات‌ها بوده است. اهمیت قنات‌ها در این پژوهش از این بابت



شکل ۷. قنات‌های رودخانه‌ای در دشت شوشان بزرگ  
Fig 7. Great Susiana plain Qanats (rivers provide these qanat water)



شکل ۸. احداث سازه‌های آبی (کانال - قنات) و افزایش استقرارهای انسانی (موقعیت استقرارها با نقطه‌های سیاه مشخص شده است)  
Fig 8. Hydraulic structures Construction of (qanat and canal), increased human settlements (black points show settlement Location)

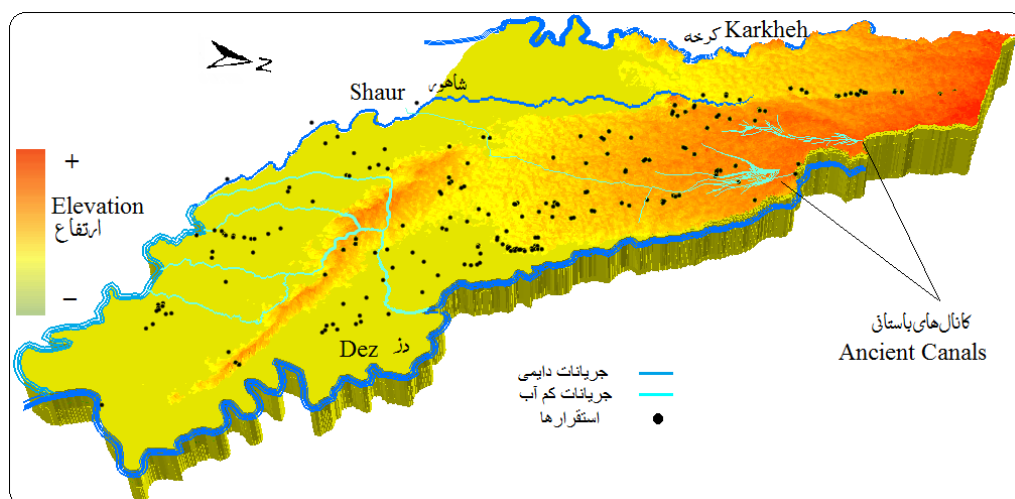
محوریت شوش از دوران نوسنگی تا اسلامی وجود داشته است.

#### ۵-۶. پایین رفتن سطح رودخانه دز و تأثیر بر استقرارها

رودخانه دز که به‌مرور زمان با کندن، بستر خود را پایین می‌برد طبیعتاً سطح آب نیز پایین رفته و به‌تدریج کم‌آبی، دشت را فرا می‌گیرد و استقرارها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شکل ۹). اما به این معنی نیست که جریان‌ات سردارآباد و کانال‌ها هم‌زمان دچار کم‌آبی

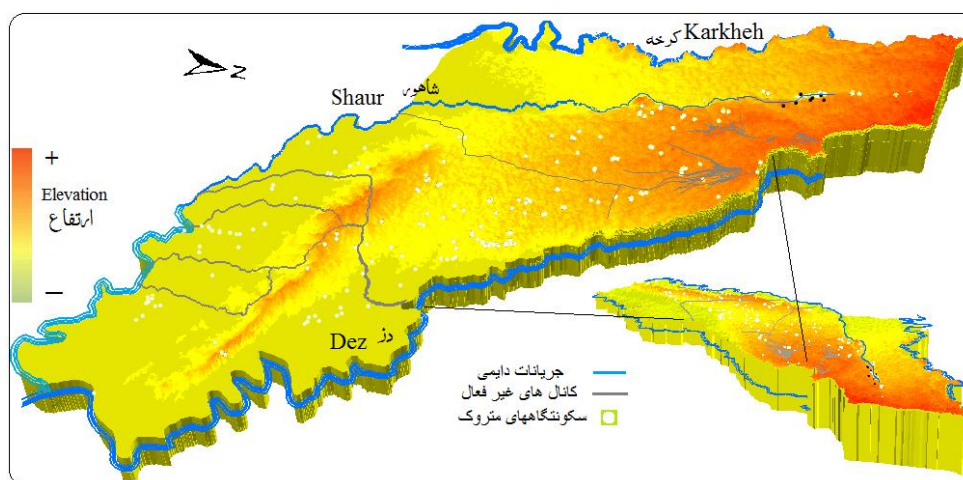
#### ۵-۵. شکل‌گیری استقرارها

در بسیاری از منابع که در ادامه همین تحقیق به آن‌ها اشاره شده، استقرارهای انسانی وابستگی شدیدی به آب داشته‌اند و اغلب استقرارها یا در کنار جریان‌ات شکل گرفته‌اند و یا جریان آب توسط کانال‌ها به سمت استقرارها هدایت شده‌اند. در تصاویر کرنا نحوه پراکندگی کانال‌ها و استقرارها این واقعیت را به‌خوبی منعکس می‌کند و اغلب استقرارهای دشت در فاصله کمتر از ۲۰۰ m نسبت به کانال‌ها یا نهرها واقع شده‌اند. در سطح دشت شوشان غربی بیش از ۳۰۰ استقرار با



شکل ۹. پایین رفتن سطح رودخانه دز و کم‌آبی در سطح دشت  
Fig 9. Decreased Dez river water level and Decreased water volume on the plain



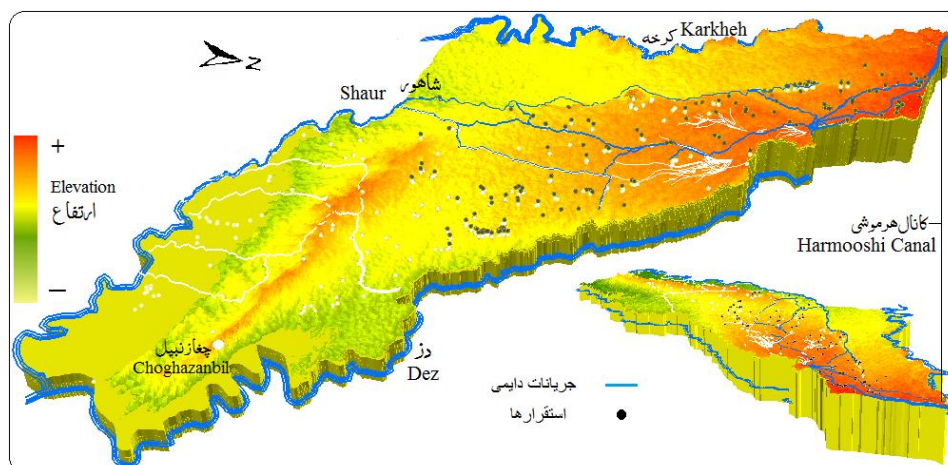


شکل ۱۰. پایین رفتن سطح رودخانه دز، قطع ارتباط با سازه‌ها و جریان‌ات سردارآباد و از بین رفتن استقرارها  
Fig 10. Decreased Dez river water level resulting, hydraulic structures and Sardarabad streams disconnection and finally settlements destruction

#### ۷-۵. احداث کانال هرموشی

به نظر می‌رسد فرایند کم‌آبی تا قطع کامل ارتباط رودخانه دز با کانال‌های دشت، هم‌زمان با قرن سوم تا هفتم هجری بوده است؛ که بعد از وقفه‌ای در استقرار سکونتگاه‌ها مجدداً احداث کانال‌ها از منبع آبی دیگر، در غرب دشت، یعنی رودخانه «کرخه» شکل می‌گیرد. این کانال‌های جدید که امروزه از آن‌ها به نام محلی «هرموشی» یاد می‌شود، مقاصد دیگری را در پیش می‌گیرند و با گسترش تدریجی انشعابات این کانال، استقرارهای سطح دشت مجدداً طی قرن‌های اخیر تشکیل می‌شود (شکل ۱۱). گیرشمن (۱۳۷۵) در کتاب

شده‌اند. به‌طور کلی وابستگی حیاتی و دسترسی استقرارها در گذشته، به منابع آب، موضوعی غیرقابل‌انکار است. شواهدی که در دسترس قرار دارد نشان می‌دهد که در ادامه فرایند فرسایشی کف رودخانه دز، پایین رفتن سطح آب تا آنجا ادامه می‌یابد که ارتباط آبی رودخانه دز با کانال‌ها و انشعابات سردارآباد به‌طور کامل قطع می‌شود. بنابراین طبیعی است که در این محدوده، بنا به گفته برخی باستان‌شناسان که به خالی شدن شوش از سکنه و یا مهاجرت به خارج از محدوده دشت اشاره کرده‌اند، استقرارهای جمعیتی در سطح دشت شوشان به دلیل عدم دسترسی به آب با مشکل مواجه شوند (شکل ۱۰).



شکل ۱۱. احداث کانال هرموشی، شکل‌گیری مجدد استقرارها  
Fig 11. Harmooshi Canal Construction: reformation of settlements

خود اشاره می‌کند که ایلامی‌ها از طریق کانالی به طول ۵۰ km آب رودخانه کرخه را به سازه آبی زیگورات چغازنبیل هدایت کرده‌اند و کانال مذکور به هرموشی نسبت داده شده [10] که به‌طور کل این فرضیه نمی‌تواند منطقی باشد؛ زیرا هرموشی و انشعابات آن بسیار جوان بوده و ارتباط بین آن و سازه آبی زیگورات چغازنبیل قابل‌پذیرش نیست.

○ چرا هرموشی جوان است؟

۱. طبق تصاویر ماهواره کرونا و بازدیدهای میدانی، کانال هرموشی و انشعابات آن از روی کانال‌های مرتبط با دز عبور کرده‌اند. یعنی کانال‌های زیرین قدیمی‌تر هستند که بر اساس آزمایش‌های سن‌سنجی، عمر آن‌ها به حدود ۲۳۷۰ سال پیش می‌رسد و هرموشی بعد از آن‌ها احداث شده است.

۲. در امتداد تاق‌دیس سردارآباد هیچ نشانی از مسیر کانال هرموشی به طرف چغازنبیل، چه در تصاویر کرونا و چه در بازدیدهای میدانی یافت نشده و اغلب جریانات طبیعی که مرتبط با دز بوده‌اند عمدتاً از عرض تاق‌دیس عبور کرده‌اند.

۳. طبق شواهد به‌دست‌آمده از آخرین زمانی که جریانات سردارآباد فعال بوده و قنات‌های مرتبط با این جریانات نیز احداث گردیده، هرچه به زمان‌های پیشین مانند دوران ایلامی برگردیم، طبیعتاً سطح رودخانه دز بالاتر و جریانات سردارآباد فعال‌تر بوده‌اند. پس برای انتقال آب نیازی به کانال ۴۵ کیلومتری از کرخه نبوده و در صورت نیاز جریانات سردارآباد در دسترس بوده‌اند.

۴. هرچند فرسایش در کف رودخانه کرخه و پایین رفتن سطح آب در آن از لحاظ طبیعی به دلیل حوضه‌های آبریز متفاوت، کندتر از رودخانه دز صورت گرفته، اما کرخه هم از این قاعده مستثنی نبوده و انتظار می‌رفت طی حدود ۳۲۰۰ سال (از تاریخ احداث زیگورات چغازنبیل تا تسطیح و از بین رفتن کانال‌های هرموشی) دست‌کم اتفاق مشابه دز در کرخه نیز صورت گیرد؛ درحالی‌که هرموشی تا کمتر از نیم‌قرن پیش که تسطیح و تخریب شد، آب کرخه

۵. با توجه به تحقیقات میدانی و انجام مصاحبه با برخی افراد محلی، تا حدود کمتر از نیم‌قرن اخیر که هرموشی جریان داشته، کندن کانال و نهر جهت استفاده از آب این کانال بین ساکنان معاصر مرسوم بوده، بنابراین عمر برخی انشعابات هرموشی حتی به یک قرن هم نمی‌رسد.

## ۵-۸. تغییرات ارتفاعی دشت

همان‌طور که گفته شد پایین رفتن بستر رودخانه دز منجر به پایین رفتن سطح آب از دوران باستان تاکنون شده است که این فرایند، دشت‌های اطراف تاق‌دیس سردارآباد را تحت تأثیر قرار داده و به تدریج تغییراتی در توپوگرافی آن‌ها (حد فاصل دز و شاهر) ایجاد کرده است. در نتیجه، تاق‌دیس برجسته شده و اختلاف ارتفاع آن با دشت‌های جانبی بیشتر شده است (مقایسه اشکال ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱).

## ۵-۹. بخش همگرای شاهر و جریانات

### سردارآباد

پس از غیرفعال شدن جریانات سردارآباد و کانال‌ها، رودخانه شاهر تنها جریان دائمی و فعال بوده که در نهایت وارد رودخانه دز شده است. اما در نهایت با انحراف شاهر به سمت رودخانه کرخه بخش همگرا با جریانات سردارآباد برای همیشه خشک و به‌صورت پیچان‌رودهای متروک باقی‌مانده است که در شکل (۴) می‌توان مشاهده کرد.

## ۶. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در این مطالعه، منابع آبی به‌عنوان معیاری برای بررسی استقرارهای دشت شوشان غربی بکار گرفته شده است. بنابراین تفکیک دوره‌های تاریخی یا پیش‌ازتاریخی چندان مطرح نیست. هرچند نقش عوامل انسانی در تضعیف برخی استقرارهای مهم انکارناپذیر است، اما در وسعت یک دشت با صدها استقرار پراکنده دلیل بزرگ‌تری لازم دارد. ضمن اینکه شواهد کافی از

استقرارهای جمعیتی دشت شوشان غربی داشته که پس از تغییر و تحولات ژئومورفولوژیکی در بستر آن و در نتیجه پایین رفتن سطح آب، سکونتگاه‌ها روبه‌زوال رفته و استقرارهای دشت، متروک شده‌اند که بعد از یک وقفه نامشخص از نظر زمانی، مجدداً با احداث کانال هرموشی از کرخه و گسترش انشعابات آن به‌تدریج استقرارها در سطح دشت شوشان غربی شکل گرفته‌اند. لذا با در نظر گرفتن نقش مهم آب در شکل‌گیری تمدن‌ها و جوامع انسانی در طول تاریخ، به این نتیجه می‌رسیم که عامل طبیعی (فرایند فرسایشی)، مهم‌ترین عامل در تضعیف یا از بین رفتن استقرارهای دشت شوشان غربی بوده است.

### سپاسگزاری

با تشکر از همه عزیزانی که برای پیشبرد این تحقیق همکاری کردند.

### References

- [1] Maghsoudi M, Sharafi S, Sharfi F. Natural factors affecting the distribution pattern of ancient sites of Silakhor plain in Lorestan province. J Geogr Reg Dev 2016;22:172. [in Persian]  
[مقصودی، مهران، شرفی، سیامک، شرفی، فاطمه. عوامل طبیعی تأثیرگذار بر الگوی پراکنش سایت‌های باستانی دشت سیلاخور در استان لرستان. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای ۱۳۹۳؛ ۲۲: ۱۷۲.]
- [2] Huckleberry G. Interdisciplinary and specialized geoarchaeology: A post-Cold War perspective. Geoarchaeology 2000;15:523-36.
- [3] Brown AG. Geoarchaeology, the four dimensional (4D) fluvial matrix and climatic causality. Geomorphology 2008;101:278-97.
- [4] Pedrami M. Absolute Age Quaternary. J Fac Sci 1998;17:71. [in Persian]  
[پدرامی، منوچهر. سن مطلق کواترنر. مجله دانشکده علوم ۱۳۶۷؛ جلد ۱۷: ۷۱.]
- [5] Jean-François B. Hydrological and post-depositional impacts on the distribution of Holocene archaeological sites: The case of the Holocene middle Rhône River basin, France. Geomorphology 2011;129:167-82.
- [6] Hajizadeh A. Reconstruction of the environmental conditions of Holocene human habitats using geomorphologic evidence of Behbahan plain. Tehran, 2019. [in Persian]  
[حاجی‌زاده فر، عبدالحسین. بازسازی شرایط محیطی زیستگاه‌های انسانی هولوسن با استفاده از شواهد ژئومورفولوژیکی دشت بهبهان، پایان‌نامه دکترای تخصصی، رشته جغرافیای طبیعی-ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، ۱۳۹۶.]
- [7] Sardari A. Senjar Hill: A View of a Long-Term settlement in Susiana Plain. In: Azizi Kharanghi N., Khanipour M, Naseri R, editors. Proc. Int. Conf. Young Anc. Sci., Tehran: Faculty of Literature and Science and Cultural Affairs of the University of Tehran; 2016. [in Persian]  
[سرداری، علیرضا. تپه سنجر: چشم‌اندازی از یک استقرار طولانی‌مدت در دشت شوشان. مجموعه مقالات همایش بین‌المللی باستان‌شناسان جوان، به کوشش محمدحسین عزیزی خرائقی، مرتضی خانی‌پور]

- و رضا ناصری، تهران: انتشارات دانشکده ادبیات و علوم انسانی و معاونت فرهنگی دانشگاه تهران، ۱۳۹۳.
- [8] Kirkby MJ. Land and water resources of the Deh Luran and Khuzistan plains. *Stud Archaeol Hist Deh Luran Plain Excav Chagha Sefid Univ Michigan, Ann Arbor* 1977;251–88.
- [9] Kaboli M. Susa and the ancient heritage of Susiana plain. *Inst Humanit Cult Stud Cult Heritage, Archaeol Soc Spec* 1996;121–32. [in Persian]
- [کابلی، میرعابدین. شوش و میراث باستانی دشت شوشان. پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، میراث فرهنگی، ویژه‌نامه گردهمایی باستان‌شناسی، ۱۳۷۳: ۱۲۱–۱۳۲.]
- [10] Girshman. Apadana Palace of Susa. *J Fac Lit Humanit Univ Tehran* 1966;51:143–50. [in Persian]
- [گیرشمن، ترجمه سید ضیا الدین دهشیری. کاخ آپادانای شوش، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، ۱۳۴۵: ۵۱: ۱۳۴۴–۱۴۵.]
- [11] Adams RM. Agriculture and urban life in early southwestern Iran. *Science* (80-) 1962;136:109–22.
- [12] Alizadeh A, Kouchoukos N, Bauer AM, Wilkinson TJ, Mashkour M. Human-environment interactions on the Upper Khuzestan Plains, southwest Iran. *Recent investigations. Paléorient* 2004;69–88.
- [13] Beateaman C, Laetitia D, Vanessa H. Geo-Environmental Investigation. *Persian Gulf Shorelines Karkheh, Karun, Jarrahi Rivers A Geo-Archaeological Approach* 2005;5–12.
- [14] Maghsoudi M, Fazeli Nashili H, Azizi H, Gilmour G, Schmidt A. The role of alluvial fan in the distribution of prehistoric settlements from the perspective of archaeological land (Case study: alluvial fan Jajrood Flying and Haji Arab). *Nat Geogr Res* 2012;1–22. [in Persian]
- [مقصودی، مهران، فاضلی نشلی، حسن، عزیزی، حسن، گیل‌مور، گوین، اشمیت، آرمین. نقش مخروط‌افکنه‌ها در توزیع سکونت‌گاه‌های پیش‌ازتاریخ از دیدگاه زمین‌باستان‌شناسی (مطالعه‌ی موردی: مخروط افکنه ی جاجرود و حاجی عرب)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی ۱۳۹۱: ۲۲\_۱.]
- [15] Heyvaert VMA, Baeteman C. A Middle to Late Holocene avulsion history of the Euphrates river: a case study from Tell ed-Dēr, Iraq, Lower Mesopotamia. *Quat Sci Rev* 2008;27:2401–10.
- [16] Rittenour TM. Luminescence dating of fluvial deposits: applications to geomorphic, palaeoseismic and archaeological research. *Boreas* 2008;37:613–35.