سال اول
شماره دوم
زمستان
۱۴۰۲

۲

۱-۸۶

سرزمین‌های پارس آرین

مجله علمی-تحلیلی و
پژوهشی علوم زمین
دوره انتشار: فصلنامه
شاپا الکترونیکی: ۳۴۴۴-۹۳۴۱

کرسی یونسکو
در مخاطرات زمین‌شناختی ساحلی
unesco
Chair

به نام خداوند جان و خرد

سرزمین‌های پارس آرین

OPEN ACCESS

مدیر مسئول
دکتر منصور قربانی
سردبیر
کمال طاهری

اعضای هیات تحریریه
دکتر آذین آهی‌فر
دکتر پیمان افضل
دکتر سونیا شیدرنگ
دکتر جعفر عمرانی
دکتر راضیه لک
دکتر عباس مقصودی
دکتر نیلوفر موسوی پاک
دکتر مرتضی مومن زاده
دکتر حمیدرضا ناصری
دکتر نیما نظافتی
دکتر حمید نظری

هیات تحریریه بین المللی
دکتر نصرالدین زمان الدین
دکتر عیسی حسین
دکتر خاچاتور ملکستیان

کادر اجرایی
مهندس عرفان رحیمی
مهندس محسن قربانی
دکتر ریحانه لطفی
مهندس نسیم قربانی
مهندس شهره سالخورده
پشتیبانی فنی
مهندس عرفان رحیمی

دکتر منصور قربانی (مدیرمسئول):
m_ghorbani@hotmail.com
تهران، ایران

کمال طاهری
taheri.kamal@gmail.com
کرمانشاه، ایران

اهداف مجله مجله سرزمین‌های پارس آرین نشریه علمی است که به انتشار نویافته ها یا مقالات مروری در طیف گسترده ای از موضوعات علوم زمین می پردازد. مقالاتی که در حوزه فرهنگی ایران و در محدوده سرزمین های بین النهرین تا ماوراءالنهر اهمیت منطقه ای و بین المللی دارد. این مجله از مقالات، مرورها و گزارشهای فنی محققان و دانشمندان علوم زمین در زمینه‌های مختلف و همچنین مطالعات بین‌رشته‌ای که رشته‌های متعدد علوم زمین را برای کشف نویافته ها به هم پیوند می‌دهند، استقبال می کند.

اطلاعات نشریه مجله سرزمین های پارس آرین نشریه ای است که امکان ارسال مطالب به دو زبان فارسی و انگلیسی را فراهم می کند. خط مشی مجله بدون هزینه و با دسترسی آزاد است و دریافت رایگان مقالات منتشر شده برای خوانندگان در سراسر جهان را تضمین می کند. هیئت تحریریه مجله پس از دریافت مطالب ارسالی، نخست آنها را بر اساس قالب بندی و رعایت ساختار کلی استانداردهای نگارش علمی ارزیابی می کند. مقالات سازگار به روند بررسی سپرده می شوند. برای ارتباط با هیئت تحریریه مجله، لطفاً از ایمیل ارائه شده استفاده کنید یا مستقیماً با سردبیران تماس بگیرید.

سفارشات، ادعاها، استعلام محصول لطفا برای هرگونه درخواست اشتراک، انتقاد یا سفارش مجلدات مجله (نسخه چاپی) با آدرس:
تهران، بزرگراه حقانی شمالی، خروجی میرداماد، خیابان محمدرضا کوشا، پلاک ۶۵، طبقه دوم، واحد سوم غربی. کد پستی ۱۵۴۷۷۱۷۴۱۱ مکاتبه یا با شماره زیر تماس بگیرید:
تلفن: +۹۸-۲۱۲۲۹۲۵۲۶۳

سرزمین‌های پارس آرین

فصلنامه علمی-پژوهشی و تحلیلی علوم زمین در حوزه فرهنگی ایران (از میانرودان تا فرارودان)

سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۲

مدیر مسئول
دکتر منصور قربانی

سردبیر
کمال طاهری

اعضای هیات تحریریه

دکتر آذین آهی‌فر (مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین)
دکتر پیمان افضل (استاد گروه مهندسی نفت و معدن دانشگاه آزاد اسلامی)
دکتر سونیا شیدرنگ (استاد مدعوی دانشگاه شهید بهشتی، تهران)
دکتر جعفر عمرانی (معاون زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور)
دکتر راضیه لک(رئیس پژوهشکده علوم زمین)
دکتر عباس مقصودی (دانشیار گروه اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی امیر کبیر)
دکتر نیلوفر موسوی پاک (رییس شرکت گوهرشناسی Nilgem فرانسه)
دکتر مرتضی مومن زاده (دکترای اکتشاف معدن، مدیر در مجموعه شرکتهای زر)
دکتر حمیدرضا ناصری (عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی)
دکتر نیما نظافتی (موسسه علوم باستان‌شناسی دانشگاه روهر بوخوم آلمان)
دکتر حمید نظری (رئیس کرسی یونسکو در مخاطرات زمین شناسی ساحلی)

اعضای هیات تحریریه بین المللی

دکتر نصرالدین زمان الدین (دانشگاه خجند، تاجیکستان)
دکتر خاچاتور ملیکستیان (آکادمی ملی علوم ارمنستان)
دکتر عیسی ال حسین (دانشگاه سلطان قابوس، مسقط، عمان)

شورای سردبیری

دکتر مرتضی مومن زاده، دکتر حمیدرضا ناصری، دکتر حمید نظری، دکتر نیما نظافتی و دکتر نصرالدین زمان الدین

کادر اجرایی

مهندس عرفان رحیمی(مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین)
مهندس محسن قربانی(مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین)
دکتر ریحانه لطفی(مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین)
مهندس نسیم قربانی(مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین)
مهندس شهره سالخورده(مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین)
پشتیبانی فنی: عرفان رحیمی(مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین)

آدرس: ایران، تهران، بزرگراه حقانی شمال، خروجی میرداماد، خیابان محمدرضا کوشا، پلاک ۶۵، طبقه دوم، واحد سوم غربی.

کدپستی: ۱۵۴۷۷۱۷۴۱۱، تلفن: ۰۲۱۲۲۹۲۵۲۶۳، دورنگار: ۰۲۱۲۲۹۲۵۲۷۱

ناشر مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین
حامی انجمن زمین شناسی ایران
شاپا الکترونیکی ISSN 3041-9344

© همه حقوق این اثر متعلق به موسسه پژوهشی زمین شناسی پارس آرین است.

این مجله و مشارکت‌های فردی موجود در آن تحت حق چاپ موسسه پژوهشی زمین شناسی پارس آرین محافظت می‌شود و شرایط و ضوابط زیر برای استفاده از آنها اعمال می‌شود:

فتوکپی

فتوکپی از هر یک از مقالات یا دانلود آنها برای عموم آزاد است و تابع قوانین کپی رایت(حق چاپ) مقالات با دسترسی آزاد است. این حق استفاده برای اهداف علمی بوده و هرگونه کپی یا بارگذاری در درگاههای الکترونیکی شخصی برای استفاده مالی یا فروش شخصی تابع قوانین حق انتشار است و نیازمند اجازه کتبی از ناشر (موسسه پژوهشی زمین شناسی پارس آرین) است. نرخ دسترسی برای مؤسسات آموزشی که مایل به تهیه فتوکپی برای استفاده در کلاس های آموزشی غیرانتفاعی هستند نیز رایگان بوده اما لازم است به منبع اشاره شود. در صورت استفاده تجری از بخش یا بخشهایی از مجلات برای استفاده های مالی کسب اجازه از ناشر الزامی است. آدرس و شماره های تماس برای دریافت اجازه کتبی در شرح مندرجات مجله ارایه شده است.

آثار قابل عرضه

علاقه مندان می توانند فهرست مطالب فصلنامه را تکثیر نمایند یا فهرستی از مقالات شامل چکیده را برای انتشار داخلی در مؤسسه خود تهیه کنند. با این حال مجوز ناشر برای فروش مجدد یا توزیع خارج از موسسه مورد نیاز است.برای سایر آثار مشتق شده، از جمله تالیف و ترجمه، مجوز ناشر الزامی است. اجازه ناشر برای ذخیره الکترونیکی مطالب موجود در این مجله، از جمله هر مقاله یا بخشی از یک مقاله، الزامی است. به جز موارد ذکر شده در بالا، هیچ بخشی از این فصلنامه را نمی توان بدون اجازه کتبی قبلی ناشر تکثیر کرد، در یک سیستم بازیابی ذخیره کرد یا به هر شکل یا به هر وسیله ای، الکترونیکی، مکانیکی، فتوکپی، ضبط و یا غیره منتقل کرد. درخواست‌های مجوز را به آدرس‌های فکس و ایمیل ذکر شده در مشخصات مجله ارسال نمایید.

توجه: ناشر هیچ مسئولیتی در قبال هر گونه صدمه و/یا آسیب به اشخاص یا اموال به دلیل مسئولیت محصولات، سهل انگاری یا موارد دیگر، یا استفاده یا عملیاتی از هر روش، محصول، دستورالعمل یا ایده ای که در مطالب و مقالاتوجود دارد را نمی پذیرد. به دلیل پیشرفت های سریع در علوم پزشکی، در صورت ذکر هرگونه توصیه های درمانی در مقالات به ویژه مقالات زمین شناسی پزشکی، تأیید مستقل تشخیص و دوزهای دارو باید انجام شود. اگرچه انتظار می‌رود همه مطالب تبلیغاتی با استانداردهای اخلاقی (پزشکی) مطابقت داشته باشد، درج در این فصلنامه تضمین یا تاییدی بر کیفیت یا ارزش چنین محصولی یا ادعاهایی که سازنده آن در مورد آن ارائه می‌کند نیست. مسئولیت ادعاها، گفتارها و صحت مطالب با نویسنده (نویسندگان) آن است.

ترجمه: در صورتی که شورای تحریریه تشخیص دهند مقاله ای که واجد ارزش علمی ویژه ای در حوزه اهداف و دامنه جغرافیایی مشمول فصلنامه به زبانی غیر از فارسی است و مترجمی می خواهد با ترجمه آن، آن را در مجله سرزمین های پارس آرین لازم است مجوز ترجمه از نویسنده (گان) اصلی آن به صورت کتبی یا تصویری از ایمیل ارسالی نویسنده اصلی به مترجم به همراه متن مقاله ترجمه اصلی ارایه گردد. ترجمه از همه زبانهای رایج در حوزه میانرودان تا فرارودان از جمله عربی، تاجیکی، روسی، فرانسه، کردی، پشتو، دری و... مورد پذیرش قرار می گیرد.

رعایت اخلاق در انتشار: فصلنامه سرزمین های پارس آرین تابع قوانین کمیتهٔ اخلاق در انتشار (COPE) است و از آئین نامه اجرایی قانون پیشگیری و مقابله با تقلب در آثار علمی پیروی می‌کند. پیش از بررسی مقاله، فرم های تعهد نویسندگان شامل فرم تعهد رعایت اخلاق نشر Publication Ethics و فرم افشای تعارض منافع (Conflict of Interest Statement) از نویسندگان دریافت میشود.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
سخن مدیرمسئول	*الف*
مقاله پژوهشی	
خورهای شمالغرب خلیج فارس: مروری بر تعیین عرصه و حریم با نگاهی به تعامل انسان–دریا در هزاره اخیر	۱
فلوی مگنتیتی و ارتباط آن با سنگ‌های ماگمایی در منطقه شهرک، شمال شرق کردستان، ایران	۳۵
ارزیابی محتوایی و آماری فرم، سبک و گاهنگاری نسبی سنگ‌نگاره‌های هوراند، آذربایجان شرقی	۵۱
گوهرها و زیورآلات در فرهنگ هخامنشیان با نگاهی به گنجینه آمودریا	۸۵
نامورنامه	
ریاضیدانی که هیدروژئولوژیست بود! مروری بر "استخراج آبهای پنهانی" ابوبکرکرجی	۶۵
جستار فنی	
اثرات سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست: با نگاهی به خاورمیانه و ایران	۸۴

Title	Page
Gemstones in Achaemenid Culture: A brief Exploration through the Oxus Treasure	1
Fossil Fuel Impacts on the Environment: A Perspective on the Middle East and Iran	21
Defining Core and Buffer Zones in Northwestern Estuaries of the Persian Gulf: A Historical Review of Human-Sea Interaction Over the Last Millennium	31
Magnetite flow and its Relation with the magmatic rocks, Shahrak Region, NW of Kurdistan, Iran	32
Content and statistical evaluation of forms, styles and relative chronology of Horand Rock Arts, East Azerbaijan, Iran	33
Abu Bakr Karaji: A Mathematician Who Was Also, a Hydrogeologist! A Review of the "Hidden Waters Extraction "	34

اشتراک فصلنامه سرزمین های پارس آرین

مشترک گرامی

خواهشمندم پیش از درخواست اشتراک به موارد زیر توجه فرمایید:

آدرس خود را کامل و خوانا با ذکر کدپستی بنویسید. برای درخواست اشتراک این فصلنامه بهای اشتراک (که بر مبنای هزینه چاپ تک جلد محاسبه می گردد) را بر اساس جدول زیر به شماره حساب ..... بانک ..... شعبه ..... کد شعبه .....، به نام فصلنامه سرزمین‌های پارس آرین واریز نموده و اصل فیش بانکی به همراه فرم تکمیل شده زیر را به نشانی تهران، بزرگراه حقانی شمال، خروجی میرداماد، خیابان محمدرضا کوشا، پلاک ۶۵، طبقه دوم، واحد سوم غربی کدپستی: ۱۵۴۷۷۱۷۴۱۱ ارسال نموده و یا به شماره ۰۲۱۲۲۹۲۵۲۷۱ فکس نمایید. خواهشمند است کپی فیش واریزی را تا پایان مدت اشتراک نزد خود نگه دارید. پس از ارسال فرم از طریق تماس تلفنی از دریافت آن توسط دفتر فصلنامه و برقراری اشتراک خود اطمینان حاصل نمایید.

شماره تماس: تلفن: ۰۲۱۲۲۹۲۵۲۶۳، دورنگار: ۰۲۱۲۲۹۲۵۲۷۱

تعرفه اشتراک برای مشترکین داخل کشور ۴۰۰۰۰۰۰ ریال (چهارصدهزار تومان) برای یکسال اشتراک.

تعرفه اشتراک برای مشترکین خارج از کشور بر مبنای شرایط هزینه بهنگام پست بعلاوه هزینه انتشار هر جلد در داخل کشور تعیین می گردد.

فرم اشتراک درخواست فصلنامه

نام نام خانوادگی(نماینده):..... نام شرکت:.....

شغل / نوع فعالیت:.....

استان:.....شهر:.....کد پستی ده رقمی:.....

نشانی کامل پستی:.....

.....

تلفن تماس:.....تلفن همراه:.....متقاضی اشتراک سالانه فصلنامه

از شماره .....تا .....می باشم.

مبلغ واریز شده:..... شماره فیش بانکی:.....تاریخ واریز:.....

خواهشمند است اشتراک اینجانب با مشخصات یاد شده را برقرار نمایید.

امضاء متقاضی

سخن مدیرمسئول

شماره دوم مجله سرزمین‌های پارس آرین در حالی به مخاطبان و خوانندگان گرامی تقدیم می شود که تلاش بسیاری توسط اعضای تحریریه و شورای سردبیری معطوف سبک و سیاق مقالات و شیوه صفحه آرایی آنها گردید. در دنیای امروز که تنوع و کثرت مجلات علمی و خبری در همه گرایشهای علوم، خواننده را با نوعی " انتخاب" همراه می سازد تا با در نظرگرفتن معیارهای مختلفی اعم از کیفیت مقالات، سطح علمی، راحتی دسترسی به مقالات، کیفیت تصاویر و صفحه آرایی و... مجله ای را برای مطالعه برگزیند که بیشتر معیارهای انتخابی را به همراه داشته باشد، باید بتوان شیوه های نوی از ارتباط با مخاطبان را در پیش گرفت. بر این مبنا تلاش گردید که هم در شیوه داوری، انتخاب مقالات و صفحه آرایی روشی خلاقانه در پیش گرفته شود. مقالات فارسی بخش اول مجله را تشکیل می دهند و مقالات انگلیسی به همراه چکیده مقالات فارسی بخش دوم مجله را تکمیل می کنند. هدف از این کار ساماندهی بصری مجله برای مطالعه راحتتر و دسترسی آسانتر به مقالات در هر دو بخش فارسی و انگلیسی است.

در شماره دوم شش مقاله (چهار مقاله فارسی و دو مقاله انگلیسی) برای انتشار انتخاب شدند. مقاله اول که به تعیین عرصه و حریم خورهای بندر ماهشهر اختصاص دارد به معرفی این چشم اندازهای ساحلی پرداخته است و می تواند برای علاقه مندان طیفهای مختلف زمین شناسی سودمند باشد. مقاله دوم به بررسی پترولوژی کانسار آهن شهرک در شمال غربی ایران، شمال شرقی استان کردستان پرداخته است که می تواند از منظر زمین شناسی اقتصادی مدنظر قرار گیرد. ارزیابی محتوایی و آماری فرم، سبک و گاهنگاری نسبی سنگ‌نگاره‌های هوراند، آذربایجان شرقی مقاله سوم است که بیشتر جنبه باستان شناسی دارد و می تواند در تطابق نقوش صخره ای در مقیاس ملی و منطقه ای مورد استفاده قرار گیرد.

در بخش یادنامه دانشمندان علوم زمین نیز ریاضیدانی که هیدروژئولوژیست بود! با مروری بر "استخراج آبهای پنهانی " ابوبکرکرجی ارایه شده است. هدف از این بخش معرفی دانشمندان ایرانی علوم زمین برای خوانندگان مجله است. در این بخش که سعی می گردد در شماره های آتی مجله نیز ادامه یابد به نکات مغفول زندگی محققان بزرگ ایران و یا در محدوده فرهنگی ایران پرداخته می شود. این بخش می تواند از دیدگاه تاریخ علوم زمین در ایران برای محققان و علاقه مندان مفید باشد. در بخش انگلیسی نیز یک مقاله پژوهشی و یک جستار فنی ارایه شده است.

امید است شماره های آتی با همکاری محققان و دانشمندان علوم زمین در همه گرایشهای زمین شناسی و علوم مرتبط بتواند با موضوعات جذابتر و پژوهشهای زیرساختی راه شناخت حوزه فرهنگی ایران را هموارتر سازد و بتواند گامی برای توسعه پایدار در منطقه باشد.

منصور قربانی

مدیرمسؤل

تهران

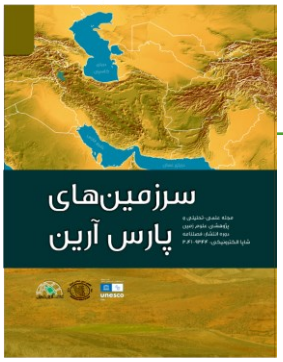
زمستان ۱۴۰۲

فصلنامه سرزمین‌های پارس آرین
سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۲ صص. ۳۴-۱
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.6

مقاله مروری

خورهای شمالغرب خلیج فارس: مروری بر تعیین عرصه و حریم با نگاهی به تعامل انسان-دریا در هزاره اخیر

سارا عبادی[1]، غلامعباس اویسی، حمیدرضا ولی‌پور، مسعود صادقی راد، سیامک شرفی، زهرا جوادی‌نیا، سید معید رستمزاده



چکیده

خورهای شهرستان بندر ماهشهر از اصلی ترین پدیده‌های طبیعی مهم و تاثیرگذار بر جغرافیای محیطی جنوب استان خوزستان و شمال غربی خلیج فارس است که طی هزاران باعث تکوین الگوهای استقراری این منطقه شده است. در استان خوزستان ۸۵ خور کوچک و بزرگ شناسایی گردیده است که خور موسی دهانه اصلی منطقه و رابط بین آبهای خلیج فارس با نواحی ساحلی است. در سالهای اخیر در ایران اهمیت حفاظت از مناطق فرهنگی و به ویژه ثبت عرصه و حریم نواحی باستانی سرعت بیشتری یافته است. برای تعیین بستر معمولاً از بالاترین حد پدیده های هیدرودینامیکی و از معیارهایی همچون بلندترین امواج زمستانی، بلندترین حد مد نجومی و بالاترین نشانه آب استفاده می گردد. وضعیت زمین شناسی، ساختارهای ژئومورفولوژیکی و تحول باستان شناسی منطقه بر اساس یافته های صحرایی و بررسی تصاویر ماهواره ای نشان داد که عامل اصلی رونق منطقه وضعیت ساختاری و دریایی خورها بوده و باید ضوابط لازم برای حفاظت از این میراث ارزشمند زمین شناسی-باستانی و فرهنگی تدوین و عملیاتی گردد. در این بررسی که هدف تعیین حریم و بستر خورهای بندر ماهشهر و شناسایی اهمیت باستان شناسی و زمین شناسی این منطقه است بررسی های باستان شناسی به روش پیمایشی انجام گرفته و مجموعاً ۴۲ اثر باستانی شناسایی گردید. سنجش تطبیقی یافته های فرهنگی به دست آمده از محوطه های باستانی شناسایی شده، قدمت آنها را به دورهٔ پارینه سنگی تا دورهٔ پهلوی می‌رساند. نتایج این بررسی نشان داد که ساکنان شهرستان بندر ماهشهر طی ادوار مختلف با شناخت و استفاده از ظرفیت‌های محیطی و با بهره‌گیری از فناوری‌های بومی توانسته اند بر محدودیتها و موانع طبیعی فائق آمده و بیشترین سازگاری با چنین منطقه ای را داشته باشد. البته این امر به معنای تبعیت مطلق فرهنگ از محیط نیست، بلکه این فرایند به صورت محرکی عمل کرده که موقعیت زیستی و رفاهی ساکنان منطقه را ارتقا داده است.

استناد: عبادی سارا، اویسی غلامعباس، ولی‌پور حمیدرضا، صادقی راد مسعود، شرفی سیامک، جوادی‌نیا زهرا، رستمزاده سیدمعید (۱۴۰۲). خورهای شمالغرب خلیج فارس: مروری بر تعیین عرصه و حریم با نگاهی به تعامل انسان-دریا در هزاره اخیر، *سرزمین های پارس آرین*، سال اول، شماره دوم ۳۴-۱
شناسه دیجیتال: DOI: 10.61186/jpat.2024.2.6
ناشر: مرکز پژوهشی زمین شناسی آرین زمین © نویسندگان.

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱
انتشار برخط: ۱۴۰۲/۱۰/۴

واژگان کلیدی
خور،
خلیج فارس،
بندر ماهشهر،
باستان شناسی،
عرصه و حریم

وابستگی نویسنده
مدیر اداره میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری بندر ماهشهر، خوزستان، ایران

[1] ebadi.sara161@yahoo.com

مقدمه

واژه استئوری که معادل خور یا مصب در ادبیات علمی است از کلمه لاتین "استئوس" [۲] به معنای کشند یا جزر و مد گرفته شده است و به زبانه‌ای از دریا اشاره دارد که به درون خشکی کشیده شده است. خورها به دلیل افزایش سطح آب دریا ناشی از عصر یخبندان یا گسترش یخچالها تشکیل شده اند(Woodroffe, 2002). خورها نشان دهنده تعامل غیرخطی پیچیده جزر و مد، جریان، نمک، آب و رسوب است. خورها مکان‌هایی هستند که در آن رودخانه‌ها به دریا می رسند، جایی که آب شیرین توسط جریان جزر و مدی با آب دریا مخلوط می شود و در آن شیب شوری در امتداد یک منطقه اختلاط ایجاد می گردد. علاوه بر این می توان خورها را بدنه آبی نیمه محصور یا ورودی دریا نیز دانست. خورها ممکن است اشکال مختلفی مانند خلیج های ساحلی[۳]، جریان‌های پایین رودخانه (که به طور دائم یا فصلی به اقیانوس باز می شوند)، ورودی های تالاب(لاگون) و حتی کانال‌های منشعب[۴] در دلتای رودخانه را در برگیرند. با این همه این تعاریف از نظر فیزیکی و بیوشیمیایی چندان مورد رضایت زمین شناسان نیست چرا که زمین شناسان بیشتر به انتقال و سرنوشت رسوبات علاقه‌مند هستند(da Cunha Lana & Bernardino, 2018). از منظر زمین‌شناسی، خورها با پس‌نشینی و سیلابی شدن طولانی‌مدت سواحل مرتبط اند نه با ظهور و پیشرفت[۵] سواحل (خط ساحلی که به سمت دریا پیش می‌رود) مثل آنچه که در دلتاهای رودخانه ای اتفاق می افتد (Dalrymple et al. 1992; Boyd et al. 1992).

در میان انبوهی از تعاریف مختلفی که برای خورها ارایه شده است می توان به تعریف دالریمپل و همکاران ۱۹۹۲ اشاره کرد: خور عبارت است از بخش رو به دریا از یک سیستم دره غرق شده که رسوبات را از منابع رودخانه ای و دریایی دریافت می‌کند و از رخساره‌هایی تشکیل شده که تحت تأثیر موج، جزر و مد و فرآیندهای رودخانه ای قرار دارد. خور از حد داخلی رخساره های جزر و مدی در رأس تا حد بیرونی رخساره های ساحلی در دهانه آن در نظر گرفته می شود. این مفهوم بر گرادیان (شیب) در اندازه و ترکیب رسوبات به طرف خط ساحلی و مکانی برای تجمع یا به تله‌اندازی رسوبات دلالت دارد و نافی وجود زون اختلاط و رودخانه‌های آورنده رسوب (دائمی یا فصلی) نیست. از منظر فیزیوگرافی خور یک ویژگی زمین‌شناسی گذرا است و زمانی که کاملاً با رسوبات پر شود دیگر خوری وجود ندارد. در چنین حالتی خور منقرض شده و به یک دشت رودخانه‌ای/جزر و مدی با یک کانال زهکشی نسبتاً کوچک تبدیل می شود که در آن با کانالی کوچک بین رسوب دهی و ظرفیت انتقال تعادل برقرار می گردد. خورها در یک دسته بندی کلی به دو دسته خورهای موج بنیان و خورهای جزر و مدی[۶] تقسیم می شوند. ژئومورفولوژی یک خور تحت سلطه موج به سه ناحیه تقسیم می شود. منطقه دریایی در انتهای بخش رو به اقیانوس قرار دارد و جایی است که سیستم های سد ساحلی و همچنین دلتاهای فروکشی و دلتای سیلابی در آن یافت می شوند. بخش مرکزی خور منطقه کم انرژی است که مشخصه آن حوضه گلی است، بخش سوم در انتهای بخش رو به خشکی واقع است، دلتاهای رودخانه ای در منطقه تحت سلطه رودخانه قرار دارند (Roy et al., 1984).

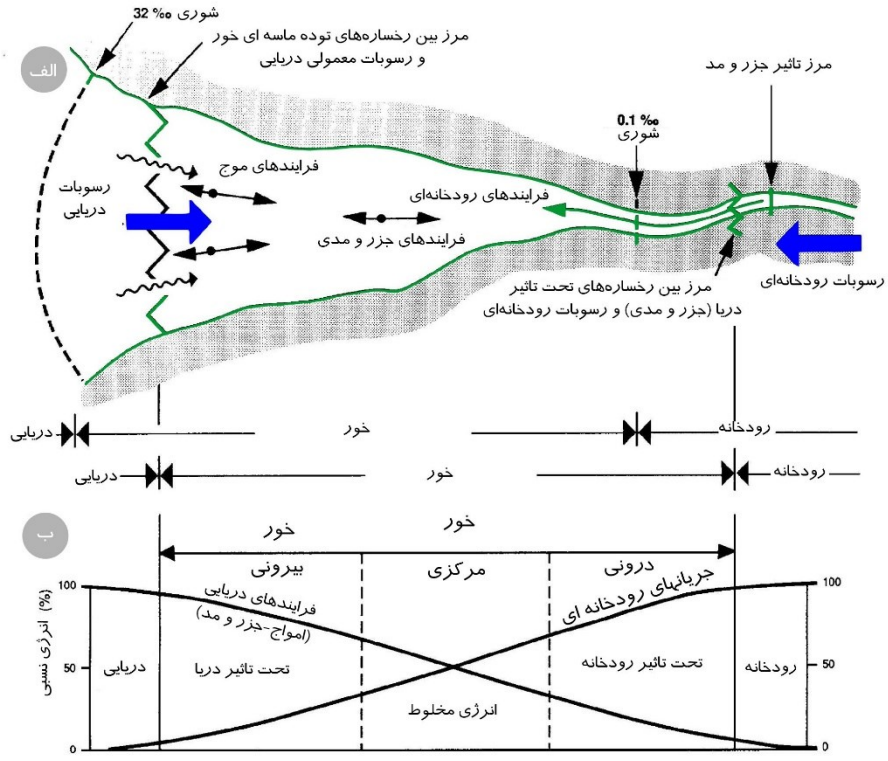
در خورهای جزر و مدی، سیستم های سدی وجود ندارند و منطقه دریایی از مجموعه ای از موانع زیرجزر و مدی کشیده تشکیل شده اند که تا خور امتداد دارند. در این نوع خورها حوضه گل مرکزی تشکیل نمی شود در پلان این خورها قیفی شکل هستند که با کانال های مستقیم دریایی و رودخانه ای مشخص می شوند که در انتهای مخالف خور توسط یک ناحیه کانال پرپیچ و خم جدا شده اند، که در آن برهم کنش جریان جزر و مد و رودخانه برقرار است (Dalrymple et al., 1992; Dalrymple and Choi, 2007) طرح شماتیک تعاریف خورها به نقل از پریچارد (۱۹۶۷) و توزیع فرآیندهای فیزیکی خورها و پهنه بندی رخساره سه جانبه آن در شکل ۱ ارایه شده اند.

به طور کلی، محیط های ساحلی محل تلاقی محیط‌های آبی و خشکی بوده و از نظر مراحل شکل‌گیری از این دو تاثیر پذیرند. متغیرهای گوناگونی مانند ویژگی‌های زمین شناسی، اقلیمی، زیستی و حرکات آب دریا، عوامل اصلی شکل‌زایی در محیط‌های ساحلی بوده و لندفرم‌های گوناگونی

---

[2] *aestus*
[3] coastal bays
[4] distributary channels
[5] progradation
[6] wave-dominated estuary

ایجاد می‌کنند. در محیط‌های ساحلی تحت تاثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی تغییر و تحولات نسبتاً سریع بوده و از این نظر با سایر سیستم‌های ژئومورفیک شاید قابل مقایسه نباشد.



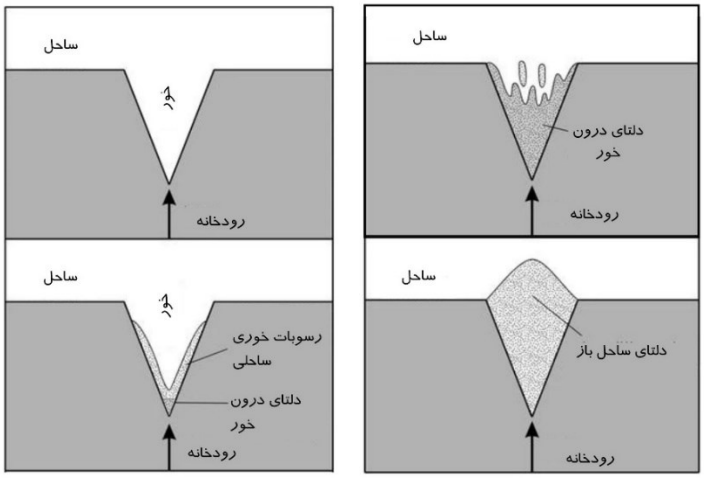
شکل ۱: الف: نمایش شماتیک تعاریف خورها به نقل از پریچارد (۱۹۶۷)[7]؛
ب: توزیع شماتیک فرآیندهای فیزیکی خورها و پهنه بندی رخساره سه جانبه

کانال و بستر رودخانه یکی از لندفرم‌های اصلی محیط رودخانه در دشت‌های ساحلی، است. کانال رودخانه ممکن است دارای اشکال مستقیم، بریده بریده، پیچانرود و گیسویی باشد. در دشت‌های ساحلی، کانال رودخانه‌ها بیشتر به شکل پیچانرود بوده و مرحله بلوغ تا پیری چرخه فرسایشی خود را طی می‌کنند. اغلب این رودخانه‌ها دارای نسبت عرض به عمق بالغ بر ۲۰ متر بوده و شامل بسترهای بسیار کم شیب و متشکل از رسوبات ریزدانه هستند. بخشی از کانال رودخانه، که بر اثر افزایش ضریب خمیدگی و قطع شدن حلقه پیچانرود از کانال اصلی جدا شده، پیچانرود رها شده نامیده می‌شود. این لندفرم عموماً در دشت‌های ساحلی بسیار کم شیب و پیرامون کانال‌های پیچانرود دیده می‌شود. دشت سیلابی، خارجی‌ترین چشم‌انداز ژئومورفولوژی زیر واحد رودخانه در محیط و واحد دشت محسوب می‌شود که در طبقات شیب زیر یک درصد رخنمون دارد. اجزای آن از رسوبات ریزدانه سیلتی و رسی تشکیل شده است.

دلتاها برآمدگی های رسوبی مجزا در خط ساحلی هستند و در محلی که رودخانه وارد اقیانوس، دریای نیمه محصور، مصب، دریاچه یا تالاب می شود ایجاد می گردند. در دلتا رسوب با سرعت بیشتری نسبت به توزیع مجدد آن توسط فرآیندهای حوضه‌ای تامین می شود. یک دلتا اغلب از نظر زمان و مکان با یک خور مرتبط است (شکل ۲)، اما اغلب در ادبیات این دو به اندازه کافی از هم جدا نیستند، به ویژه برای خورهای تحت سلطه

[7] Pritchard (1967)

جزر و مد. در یک خروجی رودخانه ای مشابه، یک دلتا ویژگی ژئومورفیک و رسوب شناسی است، در حالی که یک خور یک ویژگی هیدروشیمیایی است که در آن آب شیرین رودخانه به خلیج، تالاب یا توده آبی نیمه محصور ساحلی جریان یافته و با آب دریا مخلوط می شود (Cameron and Pritchard, 1963). دلتاها ممکن است جریان آب شیرین دائمی یا فصلی و انتقال دائمی یا فصلی از آب شیرین به آب دریا را داشته باشند که در نتیجه برخی از قسمت‌های آن‌ها خور است.



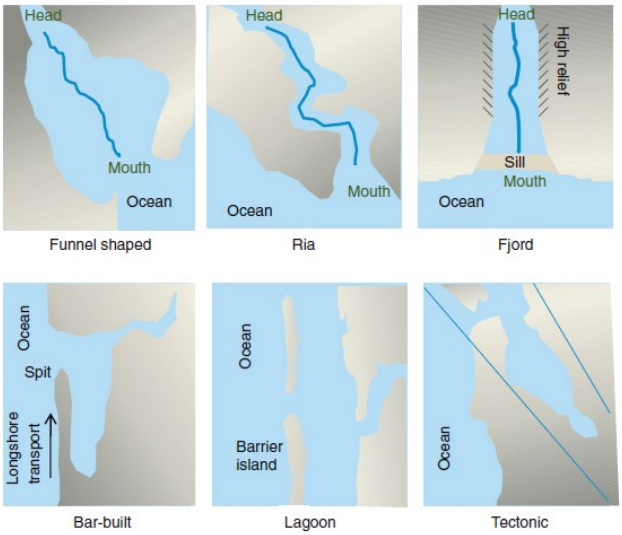
شکل ۲ : شکل یک خور V شکل در طرف چپ و رسوبگذاری دلتای درون خور و توسعه دلتای درون خور و پرشدگی کامل خور از رسوبات دلتایی (راست)

پهنه‌های گلی از رسوبات با بافت گلی (سیلت و رس) تشکیل شده و در دشت‌های ساحلی حاشیه دلتاها، خورها، خلیج‌ها و تالاب‌ها گسترش چشمگیری دارند. پهنه گلی، عمدتاً از بالادست به دشت‌های سیلابی و از پایین دست به پهنه‌های جزر و مدی ختم می‌شود. لندفرم مصب، در محل اتصال آبراهه‌های دائمی و فصلی به دریا واقع شده است. دره‌های مغروق رودخانه، مهم‌ترین محل رخنمون لندفرم خور به شمار می‌روند. این لندفرم، حد فاصل زیر واحدهای رودخانه، دلتائی و جزر و مدی واقع شده و گسترش آن شدیداً تحت تاثیر فرآیندهای هیدرولوژیکی خشکی و هیدرودینامیکی دریایی است. سواحل ماسه‌ای غیرزیستی عمدتاً از ماسه بوده و بیشتر منشا دریایی دارند و در حمل و شکل دهی آنها، باد نقش اصلی را دارد. وجود سواحل غیر زیستی ماسه‌ای، کاملاً متاثر از فرآیندهای رسوبی و هیدرودینامیکی دریایی بوده و در مناطقی که ذرات رسوبی ماسه‌ای تولید شوند یا تجمع کنند، این زیر رده از سواحل غیرزیستی شکل می‌گیرد. سواحل گلی از دیگر انواع سواحل غیرزیستی است که از ذرات بسیار ریز گلی تشکیل شده و بیشتر در حاشیه کانال‌های جزر و مدی و پهنه‌های جزر و مدی مصب رودخانه‌ها که بار رسوبی، گلی و چسبنده بوده و انرژی محیط ضعیف است، تشکیل می گردد. بار رسوبی ریزدانه رودخانه‌های منتهی به مناطق ساحلی، منشاء عمده این رسوبات به شمار می‌رود. از سواحل زیستی می توان به سواحل صدفی اشاره کرد. سواحل صدفی بر اثر وجود مواد آهکی مورد نیاز رشد، ساخت پوسته صدفی نرم تنان و برقراری جورشدگی هیدرولیکی، بین رسوبات برجستگی‌های ساحلی تشکیل می‌شود. مارش پهنه‌های بالای مدی هستند که هنگام طوفان یا وقوع بیشینه مد، از آب دریا غرقاب می‌شوند. مارشها اراضی مستعدی برای رشد و نمو گیاهان شور پسند بوده و عمدتاً دارای بافت رسوبی ریزدانه بوده و بدون در نظر گرفتن عامل زیستی، معمولاً یکی از سواحل گلی یا سیلتی/رسی به شمار می‌روند. این زیر رده از سواحل زیستی در حاشیه کانال‌های جزر و مدی خورها یافت می‌شوند.

سبخا[8] (با تلفظهای مختلف) در اصل واژه ای عربی است که به طور گسترده در جهان عرب زبان برای توصیف دشتی پست، مسطح، معمولاً برهنه یا با پوشش گیاهی کم، ساحلی و/یا دشت داخلی در مناطق خشک استفاده می‌شود. معمولاً سطحی پوشیده از نمک دارد و در معرض سیل است (Shaw & Bryant 1989; Evans et al., 1964; Kinsman, 1969). این اصطلاح توسط محققان علوم زمین برای توصیف نوع خاصی از دشتهای خشک ساحلی که در آن تبخیرهای بین جزر و مدی و فوق جزر و مدی رسوب می کنند معرفی و به کار برده شده است. سبخاهای ساحلی ممکن است ده ها کیلومتر عرض در امتداد خط ساحلی به عنوان یک ویژگی نسبتاً ناگسستنی برای صدها کیلومتر امتداد داشته باشند. سطح سطح این دشت ها نزدیک به سطح دریا است و گاهی اوقات پشته ها و تپه های ساحلی مناطق کمی مرتفع را تشکیل می دهند. آنها در معرض سیلاب های سطحی گسترده هم از خشکی و هم از دریا هستند. این محیط مشخصه مناطقی است که در مواجه با تبخیر بیش از حد است.

ویژگی‌ها و دسته بندی خورها

خورها به واسطه موقعیت مکانی خود دارای ویژگیهایی هستند که بر شرایط محیطی و زیستی آنها کاملاً تاثیر نموده است. از جمله این ویژگی‌ها ۱) تاثیرپذیری از خشکی، شرایط سخت محیطی و بالا بودن میزان آلاینده‌ها است. خورها دائماً در معرض ورود روان آب‌های زمین‌های اطراف خود بوده و متاثر از خصوصیات حاکم بر این نواحی هستند جریانات جزر و مدی که روزانه ۲ بار اتفاق می‌افتد، عمق کم و تغییرات شدید شوری ناشی از تبخیر شدید و کدورت بالا به واسطه جزر و مد و حمل مواد معلق کناره‌ها و بستر است. به دلیل ارتباط با خشکی‌ها، تردد کشتی‌ها و فعالیت‌های صیادی و سایر فعالیت‌های انسانی است (فاطمی، ۱۳۷۵). یکی دیگر از ویژگی‌های مهم خورها، پتانسیل زیستی بالای این مناطق به دلیل تولید اولیه بالا، مکان مناسب برای تخم ریزی و گذران دوره لاروی و نوزادگاهی گونه‌های مهم آبزیان تجاری و غیر تجاری است.



شکل۳: انواع مختلف خورها

محققان بسیاری در نقاط مختلف دنیا دسته بندی‌های متعددی را برای خورها پیشنهاد داده اند (شکل ۳). این دسته بندی ها بر مبنای معیارهای متنوعی بوده که برخی از آنها از اهمیت بیشتری برخوردارند. در جدول ۱ انواع مختلف خورها ارایه شده است. از منظر ژئومورفولوژی خورها را می توان به خورهای دره های مغروق رودخانه ای، ریاها، فیودها، خورهای میله ای یا باربویلتها و خورهای ناشی از عملکرد گسلش یا فرونشست زمین تقسیم کرد. خورهای دره‌های مغروق رودخانه ای عمدتاً قیفی شکل بوده و در بسیاری از نقاط جهان یافت می شوند. این خورها در اثر ایجاد

[8] Sabkha

دره‌های V شکل ناشی از فرسایش رودخانه‌ای در طول آخرین دوران یخبندان و زمانی که در اثر ذوب یخچالها سطح آب دریا افزایش یافته و دره‌ها غرق شده اند شکل گرفته اند. مقاطع عرضی این خورها معمولاً مثلثی یا قیفی شکل است. ریا[9] دره های رودخانه ای غرق شده ای هستند که معمولاً عمیق، باریک و دراز هستند. فیوردها دره های یخچالی u شکل شسته شده ای هستند که در اثر بالا آمدن آب دریا مغروق شده اند. این نوع فیوردها بیشتر در عرضهای جغرافیایی بالا شکل گرفته اند. در بسیاری از فیوردهای پایه های سنگی کم عمقی در دهانه فیورد تشکیل می شود که حوضه خوری را تشکیل می دهند. حجم بیشتر رسوبات فیورد از فرایندهای یخچالی تامین می شود و میزان رسوبات دریایی در آن کم است. در فیوردها نسبت به وسعت بالای حوضه مقادیر رسوبات معمولاً کم است. خورهای میله ای یا باربیولت ها تاریخچه زمین شناسی مشابهی با خورهای دره رودخانه ای مغروق دارند با این تفاوت که رسوبات دریایی حال حاضر در طول یا عرض ساحل باعث ایجاد سد یا زبانه ای بین دریا و خور شده اند. گاهی این سدها ارتباط بین آب اقیانوس و خور را قطع کرده و فقط مواقع جزر و بالاآمدن آب این ارتباط برقرار می گردد. خورهای تکتونیکی ناشی از عملکرد گسلیها و فرونشست محلی هستند در سواحل آمریکا جایی که گسل سان آندریاس فعالیت داشته است این نوع خورها قابل مشاهده اند. لاگونها[10] در تعاریف کلاسیک خورها، خور محسوب نمی گردند با این همه در تعاریف محققان و مهندسان این نوع مورفولوژی جزو خورها محسوب می گردند (Potter et al.,2010).

جدول ۱: انواع مختلف تقسیم بندی خورها

دسته بندی	نوع	منبع دسته بندی
زمین‌ریخت‌شناسی	دره مغروق رودخانه ای	Pritchard (1967) and Fairbridge (1980)
	ریا	
	فیورد (فیارد)	
	Bar-built	
	گسلی یا فرونشست محلی	
	کور	
	پیشانی دلتا	
درجه پرشدگی	دره رودخانه ای پرشده	Roy (1984)
	سدی	
	دریاچه های شور ساحلی	
تکامل	موج بنیان	Dalrymple et al.(1992) and Cooper (1993)
	جزر و مدی	
	مختلط	
	رودخانه ای	
درجه جزر و مدی	میکروتایدال	Hayes (1975)
	مزوتایدال	
	ماکروتایدال	
لایه بندی و ساختار شوری	لایه بندی شده	Cameron and Pritchard (1963), and Pritchard (1967)
	نیمه مخلوط	
	مخلوط	
	دره مغروق رودخانه ای	

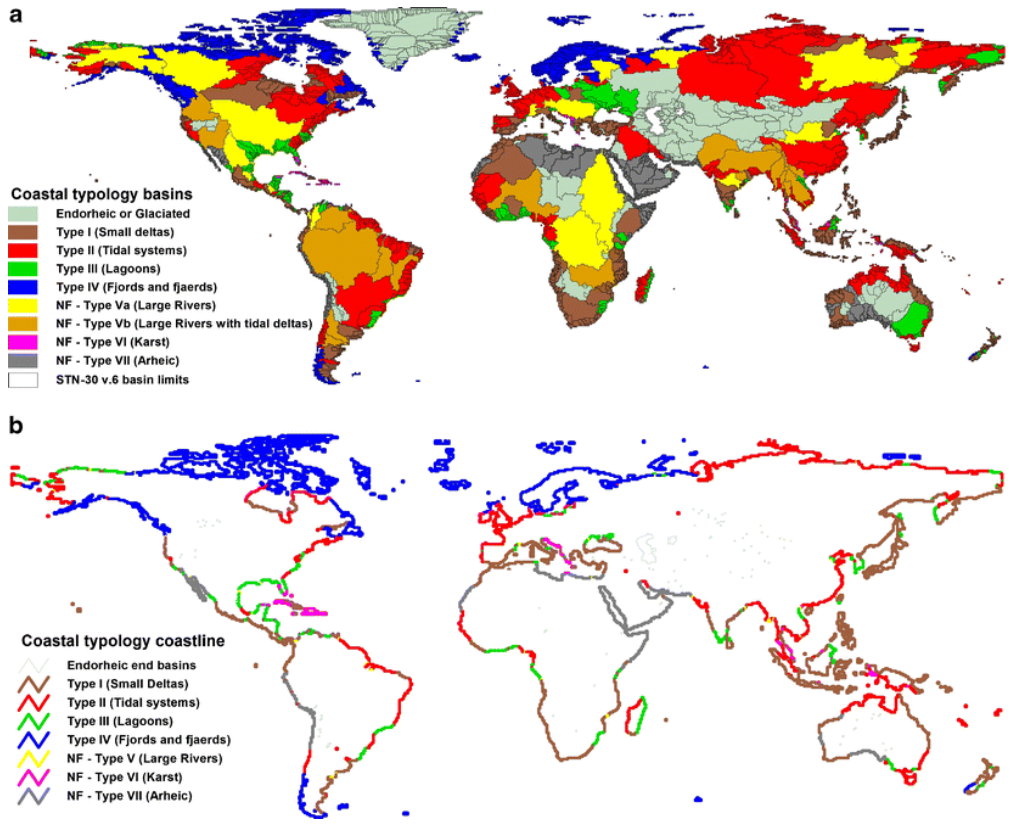
[9] Ria
[10] Lagoons

خورهای تحت سلطه جزر و مد یا خورهای جزر و مدی[11] در محیطهای ماکروتایدالی با دامنه جزر و مدی بیش از ۴ متر تشکیل می شوند. این خورها معمولاً قیفی شکل با دهانه های عریض و جریانهای با سرعت بالا شناخته می شوند. جریانهای جزر و مدی اصلی ترین عامل حمل و نقل رسوبات بوده و فرایندهای دریایی و رودخانه ای نقش کمتری دارند. در این خورها جریان رودخانه ای به طرف دریا کم شده و بر شدت جریانهای جزر و مدی افزوده می گردد. مرکز این خورها محل تجمع رسوبات دریایی و رودخانه ای است. خورهای موج بنیان در محیطهای میکروتایدالی با دامنه جزر و مدی کمتر از ۲ متر تشکیل می شوند. بر مبنای تکامل دهانه ای انواع مختلفی از خورهای سدی می توانند تشکیل شوند. خورهای مختلط موج بنیان و جزر و مدی در محیطهای مزوتایدالی با دامنه جزر و مدی ۲ تا ۴ متری تشکیل می شوند. این خورها پشت جزایر سدی و زبانه سدی یافت می شوند. ویژگی های این خورها حدواسط دو نوع موج بنیان و جزرو مدی است. علاوه بر این، خورها در یک طبقه‌بندی کلی به چند بخش شامل کانال (تنهٔ اصلی)، خور، شاخه و جوی تقسیم می‌شوند. خورهای بندر ماهشهر مجموعاً شامل یک کانال اصلی (خور موسی)، ده‌ها خور، صدها شاخه و هزاران جوی می‌شود. هر یک از این خورها دارای شاخه‌ها و جوی‌های متعددی هستند. خورهای بندر ماهشهر با توجه به پیشروی‌های هزار ساله و در نتیجه جزر و مدهای متعدد زمینهٔ فرسایش سواحل را فراهم نموده‌اند در نتیجهٔ این فرسایش خشکی‌هایی متعددی به جای مانده‌اند که امروزه با عنوان جزیره، تاش و طیف و با اسامی خاص محلی آنها را می‌شناسند. در این بین پنج جزیره قبر ناخدا، واسطه کشکو و گپو، ندل گار، بُنه و دیره از همه مهمتر و معروف‌تر هستند (شکل ۴).

شکل۴ : جزایر رسوبی بندر ماهشهر، الف) بنه، ب) دارا (دیره)، ج) قبر ناخدا و د) ندل گار

11 Tide-dominated estuaries

توزیع نواحی ساحلی و خورهای مختلف جهان در شکل ۴ نشان داده شده است. بر مبنای دسته بندی حوضه های رودخانه ای و شکل شناسی خطوط ساحلی نشان داده شده است. در این شکل خورهای شمال خلیج فارس به عنوان خورهای جزر و مدی معرفی شده اند. خورها اهمیت اقتصادی و گردشگری فراوانی در سطح جهان دارند و از نظر حمل و نقل دریایی نیز حائز اهمیت بسیاری هستند.



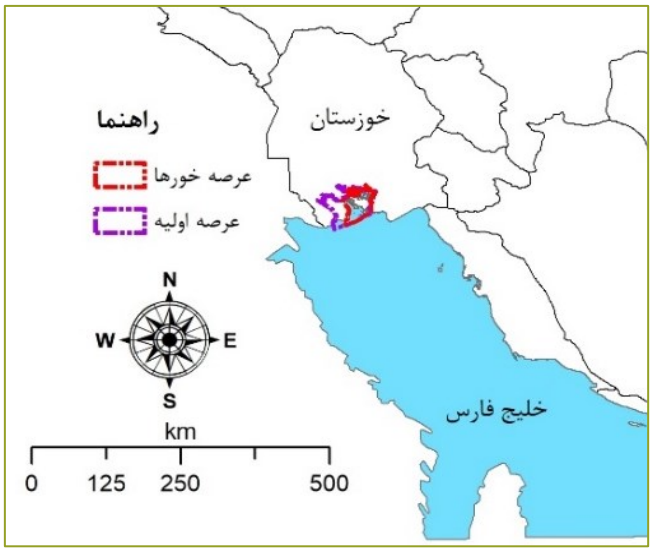
شکل ۵ : توزیع خورهای جهان و انواع مختلف خطوط ساحلی (به نقل از نقشه خورهای جهان Dürr ET AL., 2011)

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان بندر ماهشهر در جنوب استان خوزستان و شمال خلیج فارس قرار دارد. این شهرستان به واسطهٔ موقعیت مکانی و جغرافیایی خاص از ویژگی‌های خشکی و دریا بهره می‌برد. پدیده‌های طبیعی مهم و تاثیرگذاری بر جغرافیای محیطی این مکان از جمله وجود رودخانه زهره در جنوب‌شرق، تالاب هور در شرق، رودخانهٔ جراحی در شمال، تالاب شادگان در شمال و غرب، خلیج فارس در جنوب و خورها در مرکز شهرستان شرایط ویژه و منحصر به فردی را پدید آورده‌اند که طی هزاران سال الگوهای استقراری این منطقه را تحت تاثیر قرار داده‌اند. مهمترین خورهای استان خوزستان محدود به منطقه بندر ماهشهر است که در واقع خورها و انشعابات خور موسی محسوب می‌شوند. در استان خوزستان ۸۵ خور کوچک (انشعاب) و بزرگ شناسایی و مشخص گردیده است که از این میان به استثنای خور موسی که دهانه اصلی (خور اصلی) منطقه و رابط بین آب‌های خلیج فارس با نواحی ساحلی است. هر یک از خورها دارای انشعابات کوچک و بزرگی هستند که در واقع شاخه‌های کانال اصلی خور را تشکیل می‌دهند. خورهای بی حد، غزاله، مجیدیه و پاتیل از این لحاظ، وسعت و انشعابات بیشتری دارند. علاوه بر این کلیه خورها (به جز خور

ماهشهر) در واقع انشعابات خور بندر ماهشهر هستند که همگی آنها با این خور مرکزی ارتباط دارند و در نهایت از طریق دهانه خور بندر ماهشهر و دو خور غنام و روماوی به خور موسی راه پیدا می‌کنند. خورهای منطقه از نوع واقعی هستند که هیچ گونه ارتباطی با آب‌های شیرین ساحلی ندارند و تنها یک ورودی آب شیرین فصلی از طریق هور شادگان به هنگام پرآبی و سرریز به منتهی الیه خور دورق وجود دارد و از این نظر فقط خور دورق به عنوان خور– مصب محسوب می‌شود و جایگاه اکولوژی این منطقه بسیار با ارزش و با اهمیت است (عوفی، ۱۳۹۷).

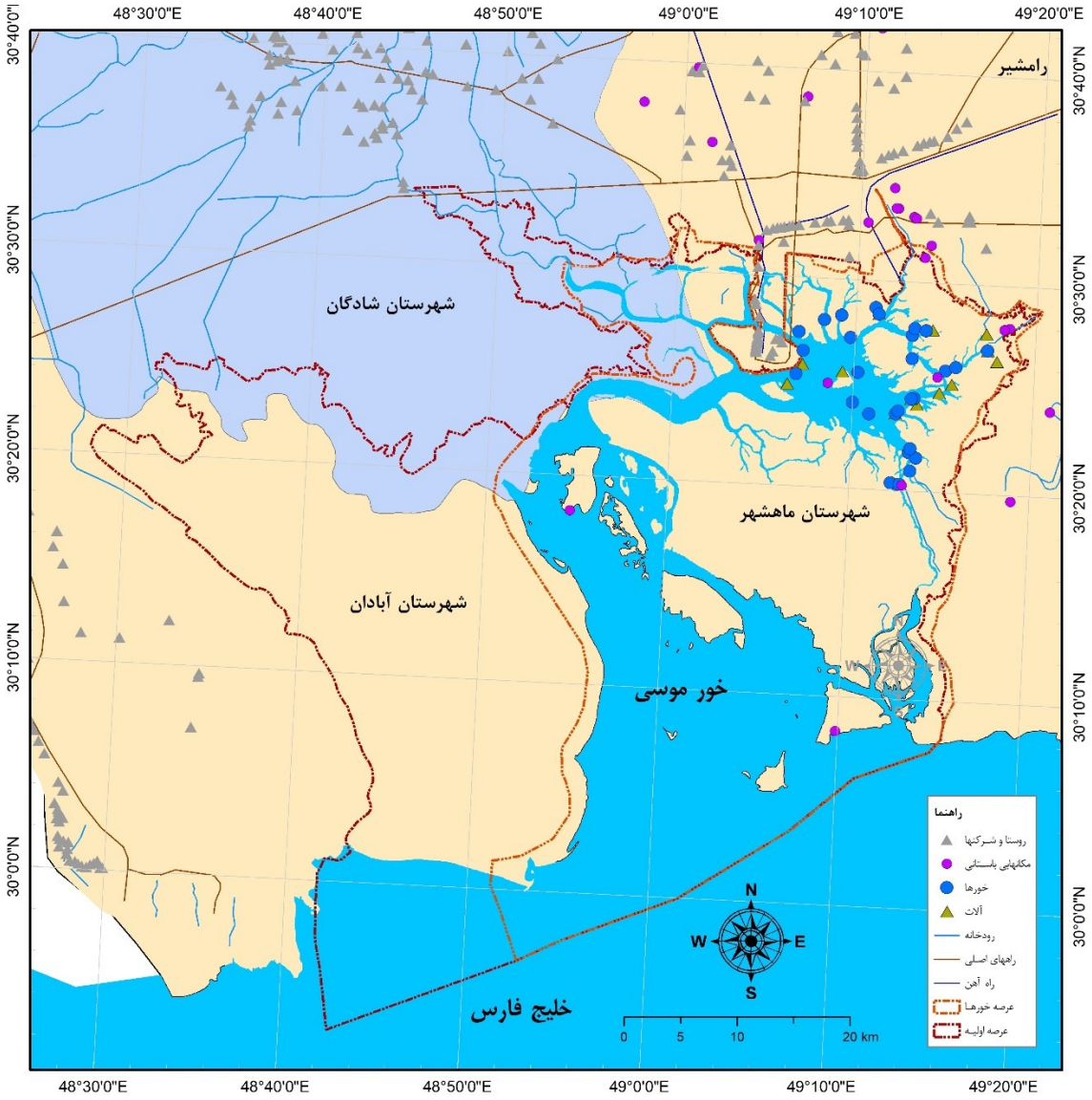


شکل ۶: موقعیت خورهای ماهشهر در ایران

نخستین فعالیت‌های باستان شناسی در خوزستان توسط اوستین هنری لایارد انگلیسی انجام شد. این بررسی در سراسر نواحی بختیاری و از سال ۱۸۴۰ سال با پشتیبانی محمدتقی خان بختیاری چهارلنگ شروع و دو سال به طول انجامید (kinner, 1813 & Layard, 1842). در سال‌های ۱۸۴۰ – ۱۸۵۲ (۱۲۳۱–۱۲۱۹) یک هیئت انگلیسی برای تعیین حدود مرز بین ایران و عثمانی به ایران آمدند. یکی از اعضای این گروه یک زمین‌شناس و دانشمند علوم طبیعی بود که ویلیام کنت لوفتوس نام داشت (ملک‌شهمیرزادی، ۱۳۸۲: ۳۳)؛ لوفتوس اولین کسی بود که با درک اهمیت تپه‌های باستانی شوش نام خود را به عنوان اولین کاوشگر شوش (خوزستان) ثبت کرد (لوفتوس، ۱۳۸۴: ۷). با ترک شوش توسط لوفتوس، پس از گذشت چند سال فرانسوی‌ها جای انگلیسی‌ها را در خوزستان گرفتند (دیولافوا، ۱۳۷۱: ۶۸۹). فرانسوی‌ها تا سال‌ها فعالیت‌های باستان‌شناسی را به صورت انحصاری در اختیار داشتند. به مرور و با گسترش علم باستان‌شناسی، سایر کشورها نیز وارد عرصهٔ باستان‌شناسی این منطقه شدند. در این بین باستان‌شناسان ایرانی نیز از حدود دههٔ چهل خورشیدی نقش خود را یافتند و رفته رفته فعالیت‌های خود را گسترش دادند و با رویداد انقلاب اسلامی و خروج باستان‌شناسان سایر کشورها به طور کامل این مطالعات را در اختیار گرفتند.

با گذشت یکصد و هشتاد سال از فعالیت‌های باستان‌شناسی، بررسی ها بیشتر محدود به بخش‌های شمالی خوزستان (دشت شوشان) و مناطق بختیاری (دشت ایذه) بود. گاهی نیز مطالعاتی در محدودهٔ شرقی (بهبهان) و مرکز (رامهرمز) استان به انجام می‌رسید. با این حال نواحی جنوبی خوزستان و حاشیه خلیج فارس به صورت علمی، دقیق و هدفمند مورد مطالعه باستان‌شناسی قرار نگرفت. سه مسئله اساسی را می‌توان دلیل اصلی این امر برشمرد. نخست اهمیت باستان‌شناسی مناطق شمالی استان و قرارگرفتن نواحی جنوبی در پس پرده باستان‌شناسی این مناطق؛ دوم اینکه شرایط محیطی و ویژگی‌های طبیعی جنوب استان که احتمال وجود استقرار در این مناطق را به شدت از اذهان باستان‌شناسان دور نموده بود و سوم بی‌تفاوتی مدیران و مسئولین مربوطه نسبت به آثار باستانی منطقه بندر ماهشهر را می توان برشمرد. باید اذعان نمود منطقه شمالغرب خلیج فارس و شهرستان بندر ماهشهر از منظر باستان‌شناسی به صورت منسجم و هدفمند بررسی نگردیده است. همین امر سبب شد تا به اشتباه تصور گردد که منطقه خالی از محوطهٔ باستانی یا از نظر باستان‌شناسی بسیار ضعیف است. این در حالی است که معدود مطالعات صورت گرفته نشان داد

که به سبب ویژگی‌های محیطی، ارتباطی و اقتصادی منطقه دارای آثار باستانی با ارزش و غنای فرهنگی بسیاری است به گونه ای که بیشتر آثار باستانی–فرهنگی به علت ویژگی‌های خاص، وسعت زیاد و توالی گاهنگاری دارای ارزش ثبت در فهرست آثار ملی هستند. با وجود تعداد و تنوع محوطه‌های باستانی در این محدوده، برنامه‌ای منسجم، دقیق و علمی برای شناسایی، ثبت و تعیین عرصه و حریم آنها به انجام نرسیده است. ناشناخته ماندن آثار منطقه خود صدمات فراوانی را به محوطه‌های این محدوده تحمیل نموده چرا که عواملی همچون توسعهٔ روز افزون روستاها و ایجاد شهرک‌های جدید، تسطیح محوطه‌ها به منظور گسترش اراضی کشاورزی، گودبرداری و تخریب آثار در حین اجرای فعالیت‌های عمرانی و حفاری قاچاق به علت ناشناخته بودن محوطه‌ها، به صورت مداوم در حال نابودی آنها هستند.



شکل ۷: موقعیت خورهای بندر ماهشهر در شهرستان بندر ماهشهر، شادگان و آبادان (محدوده عرصه اولیه و عرصه تجدید نظر شده بر روی نقشه نشان داده شده است).

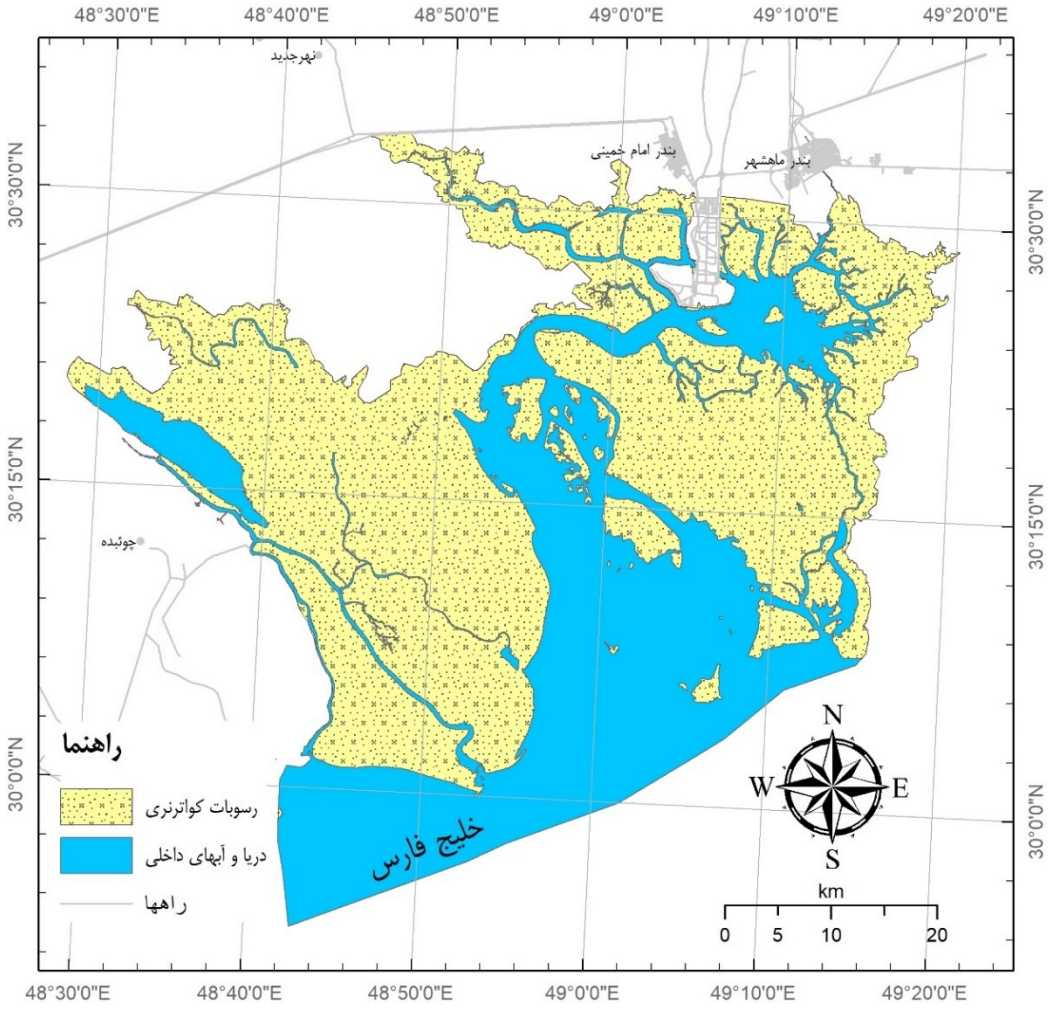
از سوی دیگر ناشناخته ماندن محوطه‌های این منطقه از منظر باستان‌شناختی با توجه به تعداد و اهمیت منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای آنها، همواره جایگاه خود را در نقشهٔ باستان‌شناسی کشور و مطالعات باستان‌شناختی از دست داده است. بر این اساس، اجرای برنامهٔ بررسی و شناسایی آثار باستانی این محدوده به صورت کلی، دقیق و علمی از ضرورت‌های پژوهشی است تا علاوه بر معرفی محوطه این منطقه از توسعه طلبی و منفعت جویی شخصی، تخریبات روز افزون حفاران قاچاق و ... جلوگیری به عمل آورد و منطقه به جایگاه خود در مطالعات باستان‌شناختی دست یابد. همچنین تکمیل پرونده‌های ثبتی محوطه‌های شناسایی شده از جمله ضرورت‌های است که در راستای این طرح مطالعاتی قابل اجرا است. در این بررسی با مروری بر اهمیت خورهای شمالغرب خوزستان که عمدتاً در شهرستان بندر ماهشهر واقع شده اند و با نام خورهای بندر ماهشهر شهرت دارند سعی شده است محدوده و حریم این خورها برای محافظت بیشتر و ثبت در آثار ملی تعیین گردد.

زمین شناسی

از دیدگاه زمین شناختی منطقه مورد بررسی شامل رسوبات و آبرفت های کواترنری است که در پهنه دشت خوزستان و سواحل خلیج فارس گسترده شده و لایه‌ها به شکل افقی ته‌نشست شده‌اند (شکل ۹). منشأ این رسوبات سازندهای بختیاری و آغاجاری است که در دوره‌های زمانی مختلف فرسایش یافته و به صورت رسوبات ریزدانه دشتی و تبخیری نهشته شده است، نیمرخ تهیه شده از نقشه با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ ورقه بندر ماهشهر نشان می‌دهد که در زیر این واحدهای رسوبی، سازند آغاجاری قرار گرفته است. این سازند شامل خاک‌های مملو از ترکیبات سیلتی، رسی، شن ریزه‌های ماسه‌ای، همراه با مقادیری مواد گچی و نمکی است. بخش عمده‌ای از زمین‌های شهرستان بندر ماهشهر از رسوبات سست و تحکیم نیافته پوشیده شده است و از سوی دیگر به دلیل وجود عوامل طبیعی مانند رژیم سیلابی رودخانه جراحی، بی نظمی و نوع خاص بارش‌های تند کوتاه مدت، بالا بودن میزان تبخیر، شیب کم و نفوذ پذیری اندک لایه‌های سطحی و همچنین بالا بودن سطح ایستابی رسوبات چند لایه در منطقه تشکیل شده است. از نظر چینه شناسی تمامی سطح دشت در محدوده مورد مطالعه، از رسوبات کواترنری آبرفتی اکثراً سیلت و رس بوده و به دلیل بالا بودن سطح آب دریا در منطقه، تمامی سطح دشت با گیاهان عمدتاً شور پسند پوشیده شده است. به طور کلی، تنوع زمین شناسی در محدوده شهرستان بندر ماهشهر وجود ندارد و کلاً از رسوبات و سازندهای کواترنری پوشیده شده است.

سطح دشت به صورت تالاب‌ها و در مناطق خشک به صورت کفه‌هایی از ترک‌های گلی قابل مشاهده است در شهرستان بندر ماهشهر، چهار محیط رسوبات کواترنری شامل سبخاهای ساحلی، سبخاهای قاره‌ای، دشت سیلابی و سیلت‌های ماسه‌ای شکل گرفته است. سبخاهای قاره‌ای در جنوب و محدوده اطراف خورها، سبخاهای ساحلی در بخش میانی و شمال، دشت سیلابی در اطراف رودخانه جراحی و سیلت‌های ماسه‌ای در حاشیه غربی شهرستان بندر ماهشهر شکل گرفته‌اند. وسعت سبخاهای ساحلی (۱۴۰۰/۲ کیلومتر مربع)، سبخاهای قاره‌ای (۹۴۲/۸ کیلومتر مربع)، رسوبات دشت سیلابی (۲۲۳/۲ کیلومتر مربع) و سیلت‌های ماسه‌ای (۴۰/۲ کیلومتر مربع) برآورد شده است. شهرستان بندر ماهشهر از نظر فعالیت‌های زمین ساختی در شرایط نسبتاً آرامی قرار دارد. از زون برخوردی تکتونیکی فاصله داشته و بنابراین فعالیت لرزه‌ای کمی دارد. براساس آمار لرزه خیزی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، در محدوده شهرستان بندر ماهشهر ۲ زلزله در سال‌های ۱۹۶۲ با بزرگای ۴/۵ ریشتر و ۱۹۷۳ با بزرگای ۴/۲ ریشتر رخ داده است. اما در شعاع حدود ۳۵ کیلومتری از سمت شمال شهرستان زلزله‌های با بزرگای حدود ۵ ریشتر نیز ثبت شده است. همچنین براساس نقشه‌های زمین شناسی، گسل‌های اصلی یا فرعی در محدوده مورد مطالعه وجود ندارد. قرارگیری شهرستان بندر ماهشهر در حاشیه خلیج فارس، باعث شده است تا شرایط محیطی و انسانی آن تا حدود زیادی وابسته به ویژگی‌ها و نوسانات خلیج فارس در دوره‌های مختلف زمانی باشد. شکل کنونی خلیج فارس در هولوسن شکل گرفته است، اما در پایان پلیوسن سطح دریا ۱۵۰ متر بالاتر از سطح کنونی بوده است. در حدود ۱۰۰۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح به تدریج به سطح کنونی رسیده که آثار آن به صورت پادگانه‌های دریایی و سبخا در کناره کشورهای عربی خلیج فارس به جای مانده است (شهرابی، ۱۳۷۳). در حدود ۱۸ تا ۲۰ هزار سال پیش، یعنی آخرین دوره یخچالی سطح آب دریاها به شدت کاهش یافته و خلیج فارس خشک شده است به طوری که دجله و فرات از بستر خلیج فارس عبور می‌کرده و در تنگه هرمز به دریای عمان می‌ریخته است (Uchupi et al., 1996).

شکل ۸ : نمایی از خورهای بندر ماهشهر

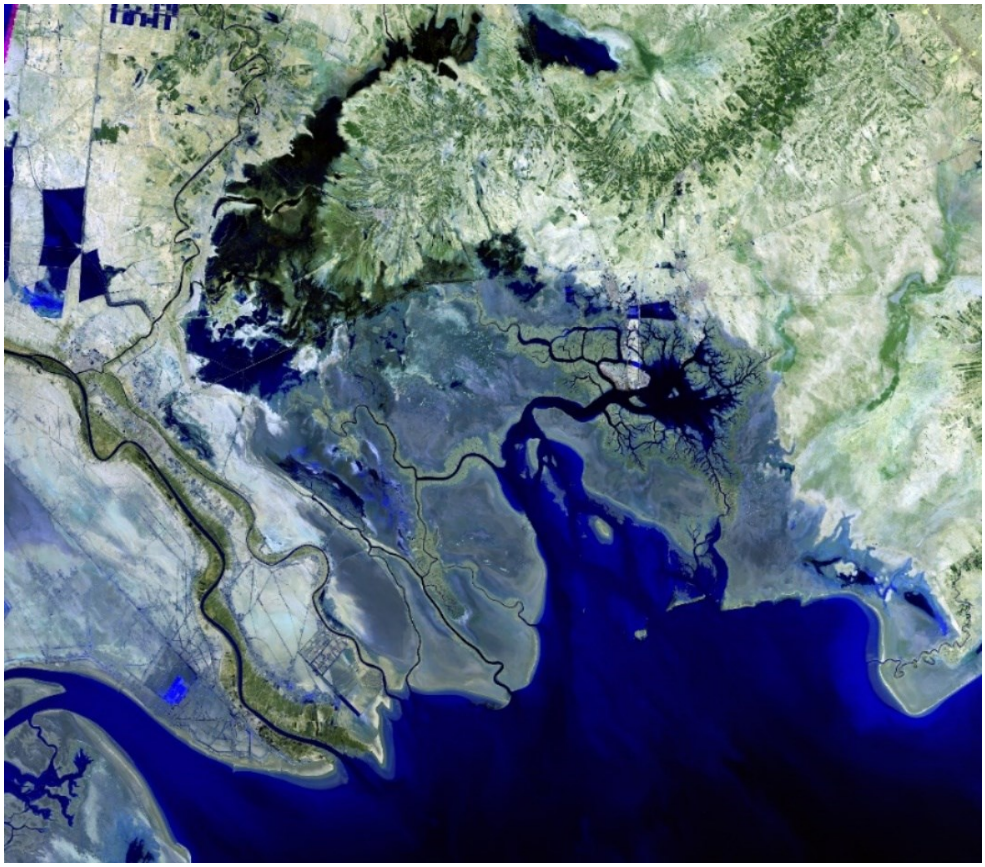


شکل ۹ نقشه زمین شناسی خورهای بندر ماهشهر

ژئومورفولوژی

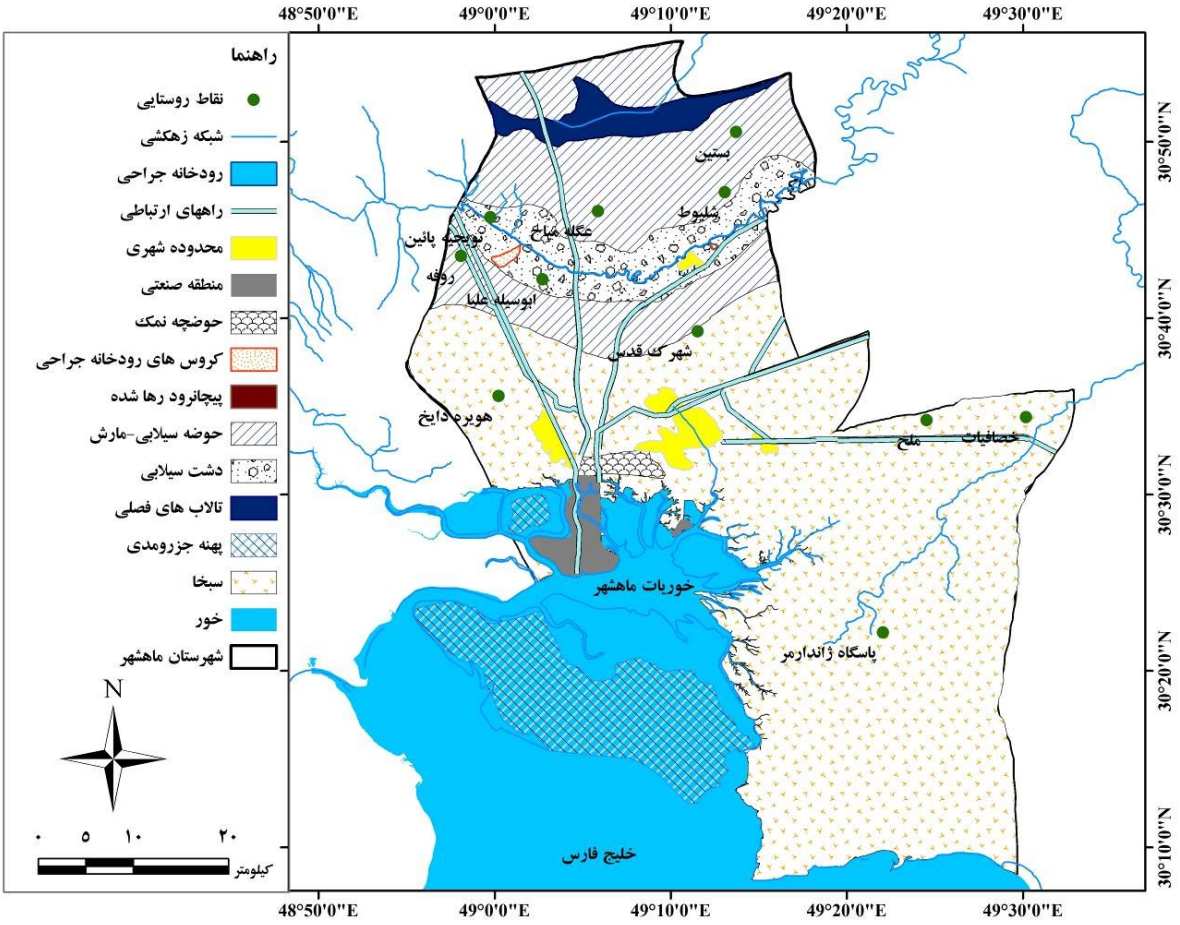
بخش عمده منطقه شامل دشت هموار و کم شیب است که عمدتاً از نهشته‌های دانه ریز سیلتی- رسی تشکیل شده و گاهی کفه‌های رسی و پهنه‌های تبخیری به صورت محدود در آن دیده می‌شود. در جنوب این شرایط تا ساحل خلیج فارس کشیده شده است. زمین‌ریخت‌های موجود در منطقه بیشتر شامل زمین ریخت‌های مورفوتکتونیکی (حاصل از عملکرد نیروهای زمین ساختی) و زمین ریخت‌های اقلیمی یا هیدرومورفیک (حاصل عوامل اقلیمی و رواناب‌های سطحی) است. برآیند نیروهای مذکور همراه با لیتولوژی سنگ مادر سبب گوناگونی زمین ریخت‌ها شده است. از لندفرم‌های اصلی محیط رودخانه در دشت‌های ساحلی، کانال و بستر رودخانه است. کانال رودخانه ممکن است دارای اشکال مستقیم، بریده بریده، پیچانرود و گیسویی باشد. در دشت‌های ساحلی، کانال رودخانه‌ها بیشتر به شکل پیچانرود بوده و مرحله بلوغ تا پیری چرخه فرسایشی خود را طی می‌کنند. اغلب این رودخانه‌ها دارای نسبت عرض به عمق بالغ بر ۲۰ متر بوده و شامل بسترهای بسیار کم شیب و متشکل از رسوبات ریزدانه هستند. از جمله لندفرم‌های منطقه می‌توان به آبراهه‌ها و رودخانه جراحی و پادگانه‌های آبرفتی اشاره کرد. آبراهه‌ها به دلیل وسعت کم رخنمون‌ها، گسترش کمی دارند. این آبراهه‌ها بیشتر در دامنه‌های پرشیب ایجاد شده‌اند. در دشت به دلیل شیب کم آبراهه ها اغلب کانال مشخص ندارند و بستر آنها نامشخص است. تنها رودخانه در منطقه مورد مطالعه رودخانه جراحی است. این رودخانه را می‌توان یکی از رودخانه‌های پر آب

در سطح استان خوزستان در نظر گرفت و یک رودخانه با بار مخلوط (ماسه – سیلت رسی) است که در تراس‌های طرفین رودخانه نمایان هستند و اکثر مسیر این رودخانه الگوی پیچانرودی دارد (شکل ۱۰ و ۱۱). ارتفاع تراسهای رودخانه از کف بستر رودخانه جراحی به حدود ۶ متر می رسد. طغیان رود جراحی تالاب‌های بزرگی در محل به نام هور، در دشت شادگان ایجاد می‌کند. میانگین آبدهی (دبی) سالانه آن ۱۶۵۰ میلیون مترمعکب در ایستگاه مشراگه است. امروزه بندهای قدیمی و آثاری از سدهای شکسته یا تجدید بنا شده بر روی رود جراحی وجود دارد. رسوبات وارده به محدوده خورها نهشته‌های ریزدانه سیلت و رس است. علاوه بر این خورها یک حوضه رسوبی تبخیری محسوب می‌شوند و رسوبات جدید این مناطق احتمالاً دارای مقادیری املاح گچ و نمک است. مقایسه تغییرات مکانی خورهای منطقه در فاصله زمانی ۲۰۱۸ – ۱۹۸۴ نشان می‌دهد که خورها به دلیل ایجاد برخی سازه‌ها، با خاک دستی از جنس خاک محل (مصالح ریز دانه رسی– سیلتی) و یا ماسه بادی پر شده‌اند که این عامل از دلایل اصلی تغییرات مکانی خورها است. هم چنین خورها به طور مداوم در حال پیشروی به سمت خشکی هستند که تغییرات آنها در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۰ : تصویر ماهواره‌ای و موقعیت خورها بندر ماهشهر بر روی آن
Landsat 7 ETM+ - 29 de abril de 2003

از دیگر لندفرم‌های شهرستان بندر ماهشهر که در دهانه خورها واقع شده‌اند، جزایر رسوبی هستند (جدول ۲). به طورکلی در استان خوزستان ۷ جزیره بزرگ و کوچک وجود دارد که در بین آنها جزایر دارا، بونه، قبر ناخدا و ندل گار به ترتیب با وسعت ۱، ۱/۷، ۴/۲ و ۲/۳ کیلومترمربع در دهانه و امتداد کانال خور موسی قرار دارند و از نوع دلتایی و رسوبی هستند. هیچ یک از جزایر چهارگانه دهانه خور موسیف مسکونی نیستند. بخشهای زیادی از آنها روزانه با جزرومد مغروق می‌شوند، اما قدرت جریان‌های جزر و مدی به حدی نیست که موجب فرسایش کامل آنها شود.



شکل ۱۱ ژئومورفولوژی محدوده شهرستان بندر ماهشهر

از دیدگاه ژئومورفولوژی، خورها در طبقه‌بندی لندفرم‌ها جزو اشکال مناطق ساحلی محسوب می‌شوند. در طبقه‌بندی‌ها، هر خور از چند جوی و هر جوی از چند شاخه تشکیل می‌شود که در مجموع تحت عنوان خور تلقی می‌شوند. در ایران در مناطق ساحلی خلیج فارس خورها در استان‌های خوزستان، هرمزگان، بوشهر و سیستان و بلوچستان دیده می‌شوند. اما خورها بندر ماهشهر به دلیل عمق زیاد و موقعیت بندرگاهی، جایگاه ویژه‌ای در بین خورهای کشور دارند به طوری که از مهمترین جذابیت‌های ژئومورفولوژیکی مناطق ساحلی استان خوزستان به شمار می‌روند. خور موسی (یکی از خورهای بندر ماهشهر) بزرگترین خور خلیج فارس است که طول کانال اصلی آن از دهانه تا محدودهٔ شهر بندر ماهشهر حدود ۸۰ کیلومتر، بیشترین و کمترین عرض آن به ترتیب ۳۰ و ۱/۵ کیلومتر است. با توجه به وسعت بسیار زیاد و شاخه‌های فرعی متعدد، تعدادی از شاخه‌های فرعی منشعب از خور موسی، جداگانه نامگذاری شده‌اند. از مهمترین آنها می‌توان به خور غزاله به موازات و در شرق کانال اصلی ورودی خور موسی، دورق در غرب بندر امام، خور یوسفی در انتهای شرقی خور موسی و خور بندر ماهشهر (کور) در انتهای شمال‌شرقی و ساحل شهر بندرماهشهر اشاره کرد. حداکثر عمق خور موسی، حدود ۴۰ متر و تا آخرین نواحی کانال‌های اصلی و فرعی، دارای قابلیت کشتیرانی بوده و کشتی‌های پهن پیکر و نفتکش‌ها به راحتی قادر به تردد در کانال اصلی آن تا بندر ماهشهر هستند(شکل۱۲). عمق متوسط کانال ورودی خور، حدود ۱۳ متر است. به واسطه فرسایش کاوشی و تراکمی در محدوده خورها که ناشی از جزر و مد، آب‌های جاری رودخانه‌ها و فعالیت‌های انسانی است، لندفرم‌های دیگری در محدوده خورها مشاهده می‌شود که شاید در دیگر خورهای ساحلی جنوب کشور مشابه آنها وجود نداشته باشد. از جمله این اشکال می‌توان به پهنه‌های گلی، سواحل ماسه‌ای غیرزیستی، سواحل گلی، سواحل صدفی و مارش‌ها اشاره نمود.

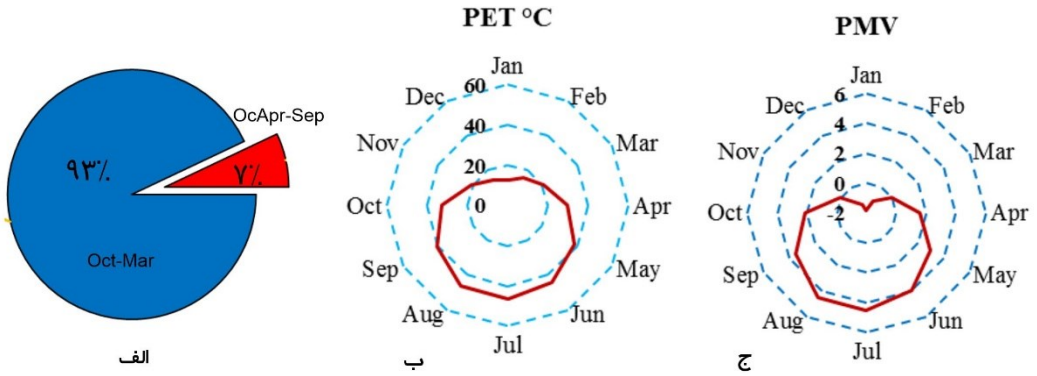
شکل ۱۲: تردد کشتی های بزرگ در خورهای بندر ماهشهر (عکس از عبدالخالق طاهری).

اقلیم

اقلیم خورهای بندر ماهشهر به عنوان بخشی از شهرستان بندر ماهشهر را می‌توان بر اساس اطلاعات آماری دراز مدت دو ایستگاه هواشناسی بندر ماهشهر و آبادان تفسیر کرد. بر اساس اطلاعات ۱۹ ساله سازمان هواشناسی (۲۰۰۵-۱۹۸۵) متوسط بارندگی سالیانه در منطقه، ۲۱۳ میلیمتر است و فقط در دو ماه آذر و دی منحنی بارندگی بالاتر از منحنی دما است و به عنوان ماه‌های مرطوب به حساب می‌آیند. میزان بارندگی بندر ماهشهر در سال نزدیک به ۱۸۹ میلیمتر است که معمولاً ۱۰ میلیمتر از آن در فصل بهار می‌بارد. این در حالی است که نزدیک به ۱۰۰ میلیمتر آن در ماه‌های بهمن و اسفند نازل می‌شود و بقیه در اواخر پاییز و اوایل زمستان می‌بارد. پیشینهٔ بارش ۲۴ ساعته ۷۷ میلیمتر است. متوسط دمای سالیانه ۲۵/۵ درجه سانتیگراد است که متوسط بیشینه دما در گرمترین ماه سال ۴۵/۲ درجه سانتیگراد و متوسط کمینه دما در سردترین ماه سال ۸/۱ درجه سانتیگراد است. منطقه در تابستان بسیار گرم است و براساس آمار ثبت شده حداکثر دما به ۵۱ درجه سانتیگراد می‌رسد. زمستان‌ها ملایم و به ندرت دما زیر صفر درجه می‌رود. پایینترین دما ثبت شده ۲/۶ درجه سانتیگراد است. یکی از مهمترین ویژگی‌های منطقه تمرکز بارندگی در آخر پاییز و اوایل زمستان است. گاهی به دلیل بارندگی‌های شدید و با توجه به پست بودن اراضی، دشت‌های منطقه را سیلاب می‌پوشاند. وقوع این سیلاب‌ها برای حفظ تنوع گیاهی بسیار ضروری است، زیرا با شست و شوی نمک از خاک، در اواخر زمستان و اوایل بهار موجب سرسبزی دشت‌های منطقه می گردد.

براساس سیستم طبقه‌بندی جهانی زیست اقلیمی ریواز مارتینز، منطقه از اقلیم گرمسیری بیابانی برخوردار است. رطوبت نسبی هوا از آبان تا فروردین بین۵۲ تا ۷۴ درصد و در اردیبهشت تا مرداد بین ۲۸ تا ۳۵ درصد است (آخانی، ۱۳۹۴). شهرستان بندر ماهشهر به واسطهٔ موقعیت جغرافیایی ویژهٔ خود، منطقه‌ای گرمسیری و دارای آب و هوای نیمه بیابانی است. تابستان‌ها بیشتر گرم و گاهی همراه با رطوبت و شرجی است. دورهٔ گرما معمولاً ۵ تا ۷ ماه به طول می‌انجامد. مقدار باران سالیانه در این منطقه به نسبت کم و تعداد روزهای بارانی در برخی موارد، روی هم کمتر از ۲۰ روز است. بارندگی در پاییز و زمستان و گاهی در فصل بهار رخ می‌دهد. در اصل کمبود باران در این نواحی ناشی از گرمای زیاد و خشکی هوا بر اثر کم شدن فشار و نیز از بین رفتن بخار آب موجود به وسیلهٔ بادهای محلی و غیره است.

شهرستان بندر ماهشهر جزء مناطق و نواحی گرم به شمار می‌آید. میانگین دمای سالیانه آن ۲۴/۹ درجه سانتیگراد است. تیر و مرداد گرمترین ماه‌های سال هستند که درجه حرارت نزدیک به ۴۹ درجه سانتیگراد دارند و دی و بهمن جزء ماه‌های سرد و خنک سال به شمار می‌آیند. میانگین دما ۲ درجه سانتیگراد دارند. اختلاف درجه حرارت شب و روز که رابطه معکوس با میزان رطوبت هوا دارد در این منطقه کم و بنابر آمارهای موجود جوی به ۱۴ درجه سانتیگراد در فصل تابستان می‌رسد. میانگین رطوبت در فصل زمستان ۶۱ درصد و در فصل تابستان بالای ۳۲ درصد است (شکیبا، ۱۳۹۴).



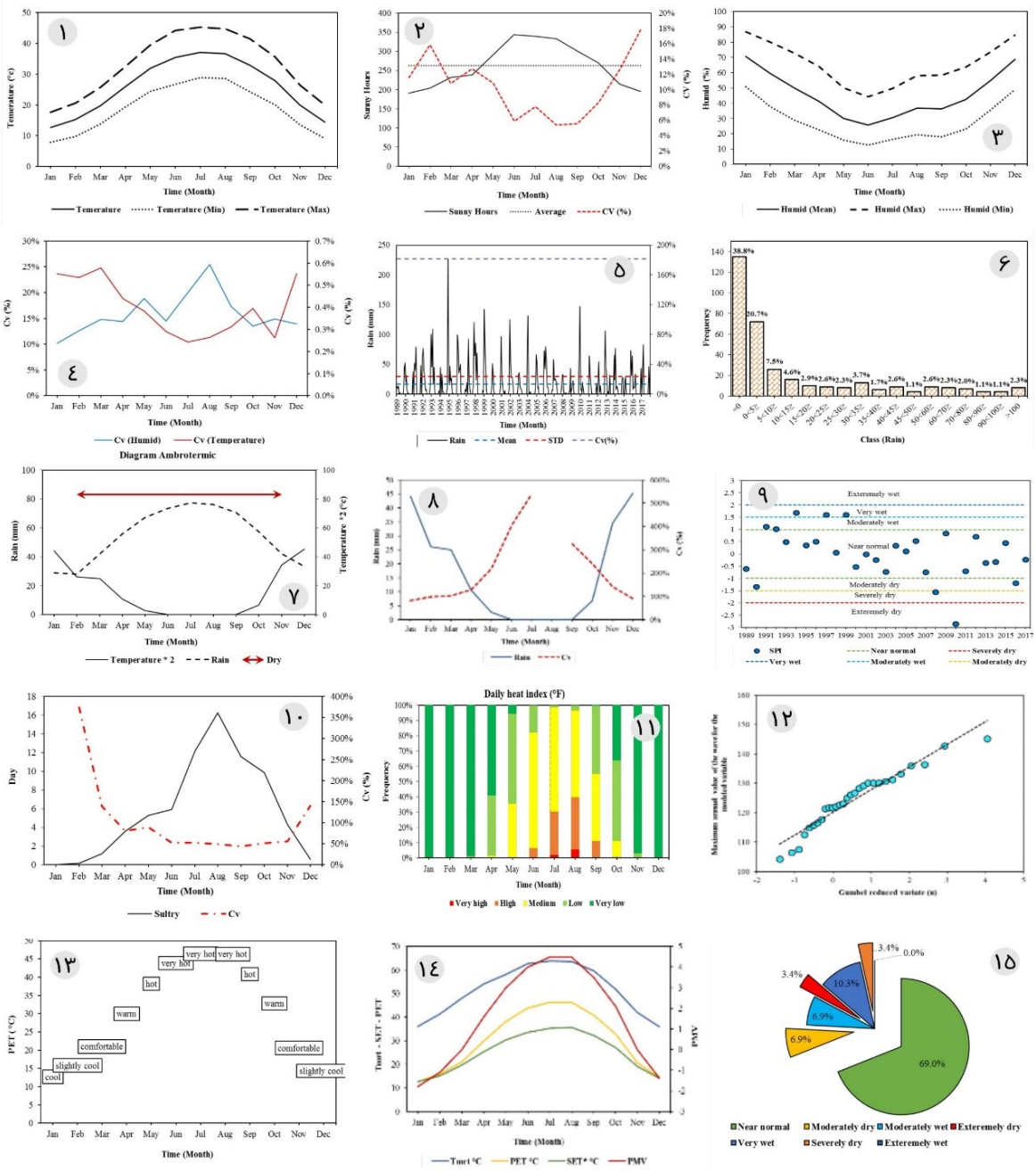
شکل ۱۳ الف) فراوانی مجموع بارش ماهانه دو دوره ۶ ماهه ایستگاه سینوپتیک بندر ماهشهر، ب و ج) عنکبوتی مقادیر شاخص‌های گرمایی ـ فیولوژیکی ایستگاه سینوپتیک بندر ماهشهر

موقعیت مطلق و نسبی خورهای بندر ماهشهر یعنی قرارگیری در عرض‌های پایین جغرافیایی و مجاورت با پهنه‌های آبی خلیج فارس، شرایطی را از لحاظ اقلیمی برای این محدوده رغم زده که مبتنی بر بارش کم و دمای بالاست. کمبود بارندگی و بالا بودن دما، نمایه یک مکان گرم و خشک را دارد. اگرچه محدوده خورها از نسیم دریا و خشکی نیز تاثیر می‌پذیرد و شرایط اقلیمی آن تا حدودی متفاوت با پهنه‌های واقع در خشکی است. شرایط دمایی و بارشی ماهانه خورها براساس داده‌های ایستگاه بندر ماهشهر، حاکی از کوتاه بودن دوره مرطوب و محدود شدن آن به دو ماه دسامبر و ژانویه است. در صورتی که دوره خشک آن از فوریه تا نوامبر ادامه دارد. اقلیم این محدوده با چنین مقادیری از دما و بارش، در مدل‌های اقلیمی، جزء آب و هوای بیابانی و گرم به حساب می‌آید. با توجه به دماهای بسیار بالای تابستانه، شرایط بیابانی و گرم آن در فصل تابستان بسیار شدید می‌شود. دماهای بسیار بالای تابستانه در ترکیب با رطوبت نسبی، هوای شرجی و امواج گرمایی شدید را در محدوده خورها موجب می‌شوند، چنانکه در ماه‌های تابستان، در بیشتر موارد پدیده شرجی رخ می‌دهد و از میانه بهار تا میانه پاییز، رخداد امواج گرمایی مرسوم است. دامنه نوسان سالانه و ماهانه دمای محدوده خورها بسیار اندک بوده یعنی تغییرات سالانه دمای آن ناچیز است و دمای ماهانه آن تفاوت چندانی با میانگین بلندمدت ماهانه ندارد. نوسان دما در فصل تابستان بسیار کمتر از فصل زمستان است. ثبات نسبی دماهای زمستانه نشان از تأثیر اندک جریان‌های غربی بر دمای آن دارد و اینکه توده هواهای بسیار سرد یا وارد منطقه نمی‌شوند یا در صورت ورود، از برودت آنها کاسته شده و معتدل شده‌اند؛ بنابراین، عوامل محلی نقش بسیار زیادی در نوسانات دمایی خورها برعهده دارند. به طورکلی، ویژگی اصلی دمایی منطقه، ثبات نسبی دماهای ماهانه آن در طی سال‌های متفاوت است.

روش بررسی

تعیین عرصه و حریم در خورها و سواحل می تواند در مناطق مختلف متفاوت باشد، با بررسی قوانین کشورهای مختلف، برای تعیین بستر معمولاً از بالاترین حد پدیده های هیدرودینامیکی استفاده شده است که به طور عمده از معیارهایی همچون بلندترین امواج زمستانی، بلندترین حد مد نجومی و بالاترین نشانه آب را می توان نام برد. در مورد حریم نیز عرض های متفاوتی از ۵۰ تا ۱۰۰۰ متر مطرح شده است که بعد از سونامی سال ۲۰۰۴ میلادی حریم پیشنهادی در اندونزی در حدود ۲۰۰۰ متر اعلام شده است. از سوی دیگر در حال حاضر در ایران براساس قانون اراضی ساحلی و مستحداث حد بستر دریاها (خلیج فارس و دریای عمان) از آخرین نقطه مد به عنوان شاخص استفاده شده است و حریم نیز از همین نقطه به میزان ۶۰ متر تعیین شده است که از نظر الگو، مشابه بسیاری از کشورهای دیگر است. در این گزارش نیز عرصه بر مبنای بالاترین حد مد نجومی آب خورهای شمالغرب استان خوزستان و منطبق بر پدیده های طبیعی مانند توسعه کانال، جوی و شاخه های خورها تعیین شده است.

حریم خورها نیز بر مبنای فاصله ۶۰ متری از عرصه و مصوبات سازمان جنگلداری و منابع طبیعی ایران تعیین شده است. در شکل ۱۴ محدوده تحت تاثیر بالاآمدگی آب دریا و توسعه خورها نشان داده شده است.



شکل ۱۴ : نمودارهای وضعیت آب و هوایی بندر ماهشهر؛ ۱) آهنگ تغییر ماهانه ضریب تغییرات و مجموع ساعات آفتابی، ۲) آهنگ تغییر ماهانه مؤلفه‌های دما، ۳) آهنگ تغییر ماهانه مؤلفه‌های رطوبت نسبی ،۴) مقایسه ضریب تغییرپذیری دما و رطوبت نسبی ، ۵) آهنگ تغییر سری زمانی ماهانه بارش ۶) طبقه‌بندی بارش دوره ۱۹۸۹–۲۰۱۷ ، ۷) آهنگ تغییر ماهانه بارش و ضریب تغییرات بارش ، ۸) اقلیمی آبروترمیک، ۹) پراکنش شدت خشکسالی ترسالی سالانه ۱۰) آهنگ تغییر ماهانه شرجی و ضریب تغییرات شرجی، ۱۱) فراوانی روزانه سطوح شدت امواج گرمایی ، ۱۲) پراکندگی بیشینه سالانه موج گرمایی در مقابل متغیرکوچک شده توزیع گامبل، ۱۳) پراکنش احساس گرمایی در بندر ماهشهر برپایه شاخص گرمایی ـ فیزیولوژیکی PET ،۱۴) الگوی تغییر ماهانه شاخص‌های گرمایی ـ فیزیولوژیکی و دمای تابشی، ۱۵) فراوانی شدت خشکسالی ـ ترسالی سالانه در ایستگاه سینوپتیک بندرماهشهر

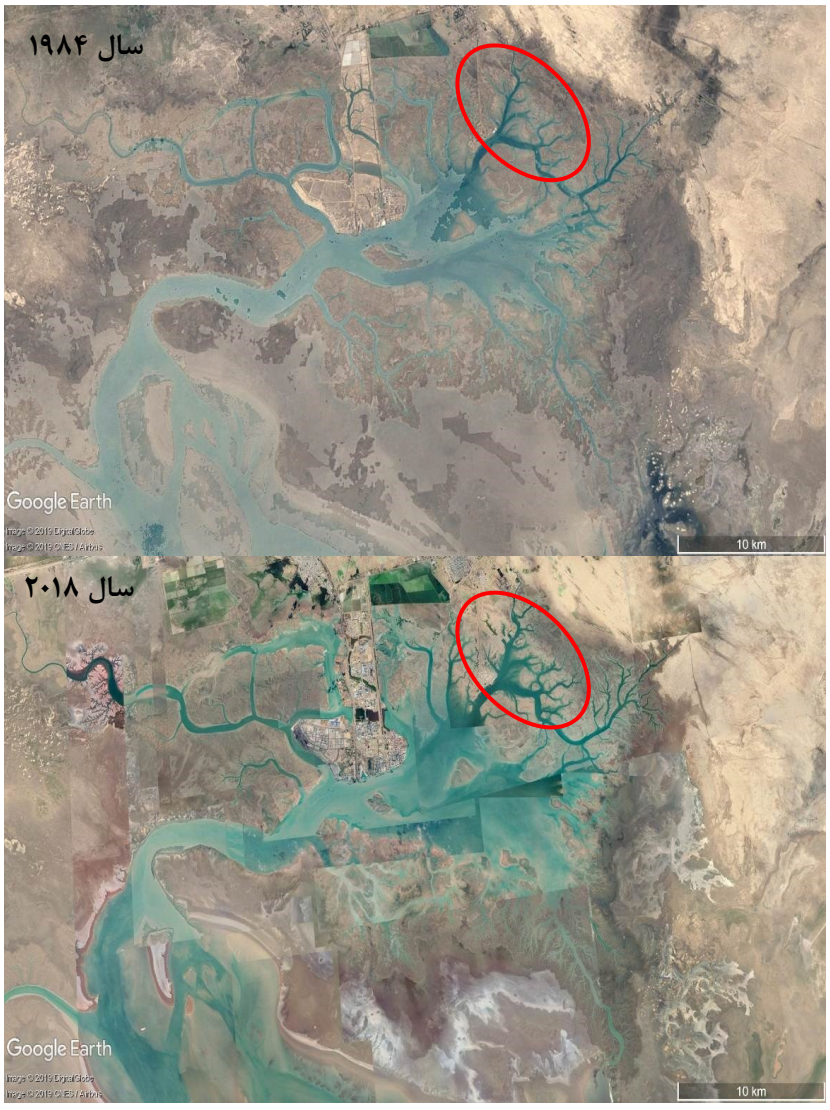
شکل ۱۵: محدوده خورهای بندر ماهشهر

برای بررسی های باستان شناسی در این پژوهش سعی گردید محدودهٔ مطالعاتی به روش پیمایشی بررسی گردد. طی بررسی انجام گرفته تمام آثار شناسایی شده به طور کامل مستند گردید. ابزار گردآوری اطلاعات میدانی در مجموع شامل فرم‌های ثبت، جداول مشخصات فنی، عکاسی و نقشه‌برداری است، که جهت ثبت و ضبط و تحلیل در برنامه‌های مختلف کامپیوتری (Word – Excel) ذخیره گردید. جامعه آماری این مطالعه، ۴۲ اثر باستانی و یافته‌های فرهنگی به دست آمده از آنها است. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز، علاوه بر بانک‌های اطلاعاتی (Excel - Access) از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و ارزیابی نقشه‌های مختلف استفاده شد. علاوه بر این با استفاده از عکسهای هوایی و مستندات قانونی مانند حرایم مصوب سازمان جنگلداری و منابع طبیعی و سازمان محیط زیست نقشه عرصه و حریم خورهای شمالغرب خلیج فارس یا خورهای بندر ماهشهر در محیط GIS تهیه گردید. این مقاله بخشی از مطالعات گسترده برای ثبت خورهای بندر ماهشهر در فهرست آثار ملی است. برای بررسی ویژگی‌های توپوگرافی شهرستان بندر ماهشهر با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی تولید شده با قدرت تفکیک ۴ متر، تحلیل‌ها در ۶ بخش ارتفاع و تحلیل نیمرخ‌های عرضی و طولی، شیب و جهت شیب انجام شده است. لازم به ذکر است که با توجه به ارتفاع کم منطقه مورد مطالعه از سطح دریا، استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و مدل‌های رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک ۱۰ متر سازمان نقشه‌برداری کشور نمی‌تواند بیانگر تغییرات ارتفاعی منطقه باشد. به همین جهت با استفاده از روش تولید داده‌های ارتفاعی در گوگل ارث و نرم افزار Arc GIS مدل رقومی ارتفاعی محدوده مورد مطالعه تهیه شده است.

نتایج

تکامل و تغییرات خورها

از نظر ژئومورفولوژیکی، با توجه به تاثیرپذیری محدوده مورد مطالعه از فرآیندهای خشکی و دریا، لندفرم‌های متنوعی به ویژه در منطقه ساحلی مشاهده می‌شود. رودخانه‌های دائمی، باد و جزر و مد از مهمترین فرآیندهای شکل ساز و یا تغییر دهنده اشکال منطقه به شمار می‌روند. از مهمترین لندفرم‌های منطقه می‌توان به رودخانه جراحی، سبخاهای ساحلی و قاره‌ای، تالاب‌های فصلی، خورها و اشکال وابسته به آنها و جزایر رسوبی دهانه خورها اشاره نمود. از بین این لندفرم‌ها، خورهای شهرستان بندر ماهشهر به دلیل طول، عرض و عمق زیاد، مهمترین لندفرم منطقه به شمار می‌روند که می‌تواند در توسعه اقتصادی منطقه و کشور به واسطه دسترسی به آب‌های آزاد و قابلیت‌های گردشگری نقش اساسی ایفا کنند. محدوده شهرستان بندر ماهشهر نیز به دلیل واقع شدن در ساحل خلیج فارس و تاثیرپذیری از فرآیندهای شکل ساز خشکی و دریا دارای طیف متنوعی از لندفرم ها است.



شکل ۱۶: تغییرات مکانی خورهای شهرستان بندر ماهشهر در یک بازه زمانی ۲۵ ساله (۲۰۱۸ – ۱۹۹۳)

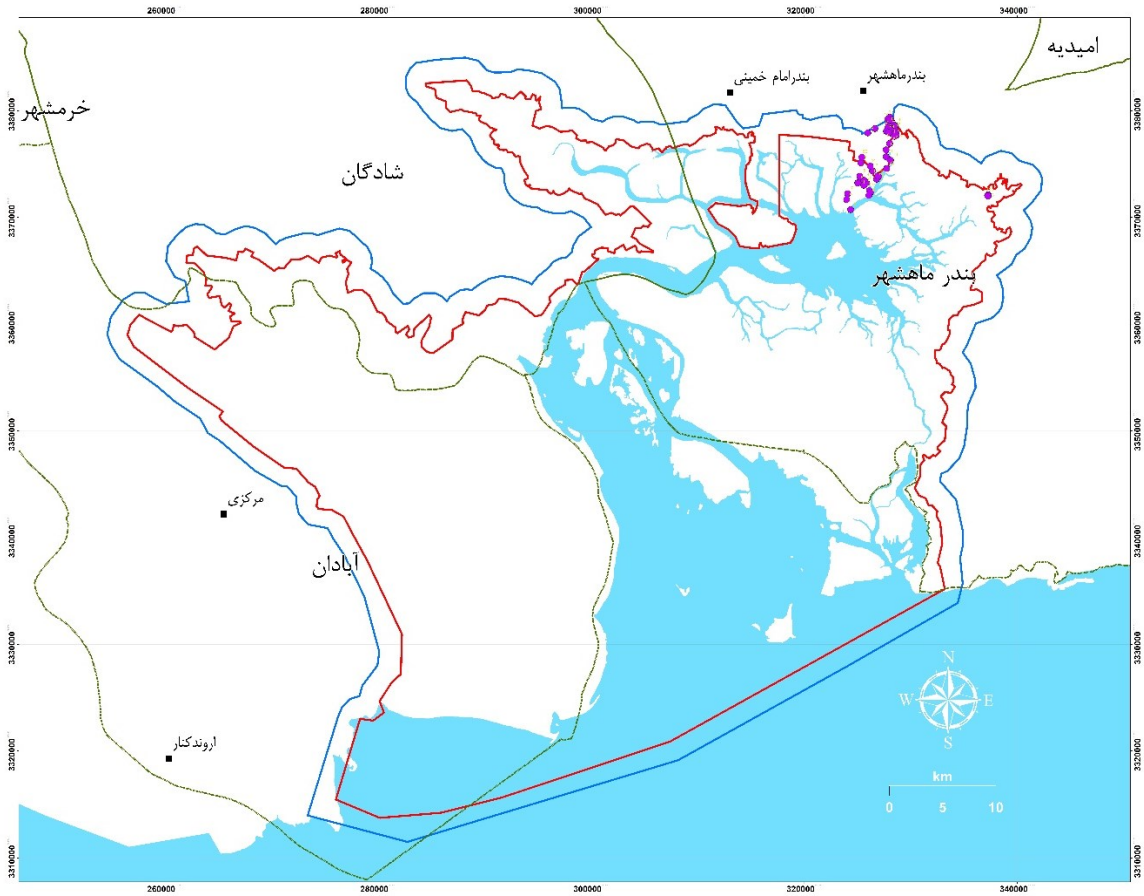
شکل ۱۷: تغییرات مکانی خورهای بندر ماهشهر در یک بازه زمانی ۳۴ ساله (۲۰۲۰ – ۱۹۸۴)

۱۴ لندفرم کوچک و بزرگ در محدوده شهرستان بندر ماهشهر و خورها شناسایی شده است. لندفرم‌های قابل تشخیص در مطالعات میدانی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای آورده شده‌اند. لازم به ذکر است. لندفرم‌های واقع در خورها به دلیل کوچک بودن محدوده و غیرقابل تشخیص بودن از روی تصاویر ماهواره‌ای، تنها به ذکر نام و تصاویری از آنها اکتفا شده است. به طورکلی، محیط‌های ساحلی، محل تلاقی محیط‌های آبی و خشکی بوده و از نظر مراحل شکل گیری از این دو تاثیر پذیرند. متغیرهای گوناگونی مانند ویژگی‌های زمین شناسی، اقلیمی، زیستی و حرکات آب دریا، عوامل اصلی شکل زایی در محیط‌های ساحلی بوده و لندفرم‌های گوناگونی ایجاد می‌کنند. مقایسه تغییرات مکانی

خورهای شهرستان بندر ماهشهر در فاصله زمانی ۲۰۱۸ – ۱۹۸۴ نشان می‌دهد که خورهای شهرستان بندر ماهشهر به دلیل ایجاد برخی سازه‌ها، با خاک دستی از جنس خاک محل (مصالح ریز دانه رسی– سیلتی) و یا ماسه بادی پر شده‌اند که این عامل از دلایل اصلی تغییرات مکانی خورها است. هم چنین خورها به طور مداوم در حال پیشروی به سمت خشکی هستند. در شکل ۱۶ در زمان جنگ تحمیلی برای تسهیل در حرکت قایقهای تندرو با تعمیق مسیر کانال خور بی حد با بخش جنوبی کانال مرتبط گردید. این تغییرات باعث ارتباط آب شاخه های خور بی حد با کانال اصلی گردید. براساس داده‌های سازمان بنادر و دریانوردی کشور، ارتفاع خورهای بندر ماهشهر بین پایین‌تر از صفر در دهانه خورهای اصلی، مانند خور موسی تا حدود ۵ متر در نزدیکی خشکی و شاخه‌های در حال پیشروی به سمت خشکی متغیر است. در نتیجه فرآیند جزر و مد ناهمواری‌هایی در محدوده خورها دیده می‌شود که ناشی از رسوبگذاری رسوبات سیلتی و رسی هستند. هم چنین در محدوده خورها یک سری جزایر رسوبی دیده می‌شود که به صورت برجستگی‌هایی در محدوده خورها قابل دیدن است.

حریم و بستر خورهای شمالغرب خلیج فارس

براساس آنچه که گفته شد و براساس بررسی های میدانی، قوانین و دستورالعملهای مرتبط حد عرصه و حریم خورهای بندر ماهشهر به شرح شکل ۱۷ تهیه گردید. آنچه که در این حدود عرصه و حریم مهم است تغییرات انسانمی طی دهه های گذشته و توسعه فضای بندرگاهی و مجتمع های پتروشیمی است که بنا به دلیل تغییرات انسانزاد از محدوده عرصه خارج شده اند اما کماکان تابع شرایط حریمی هستند و در حریم قرار دارند.



شکل ۱۸: نقشه محدوده عرصه و حریم خورهای بندر ماهشهر

یافته های باستان شناسی

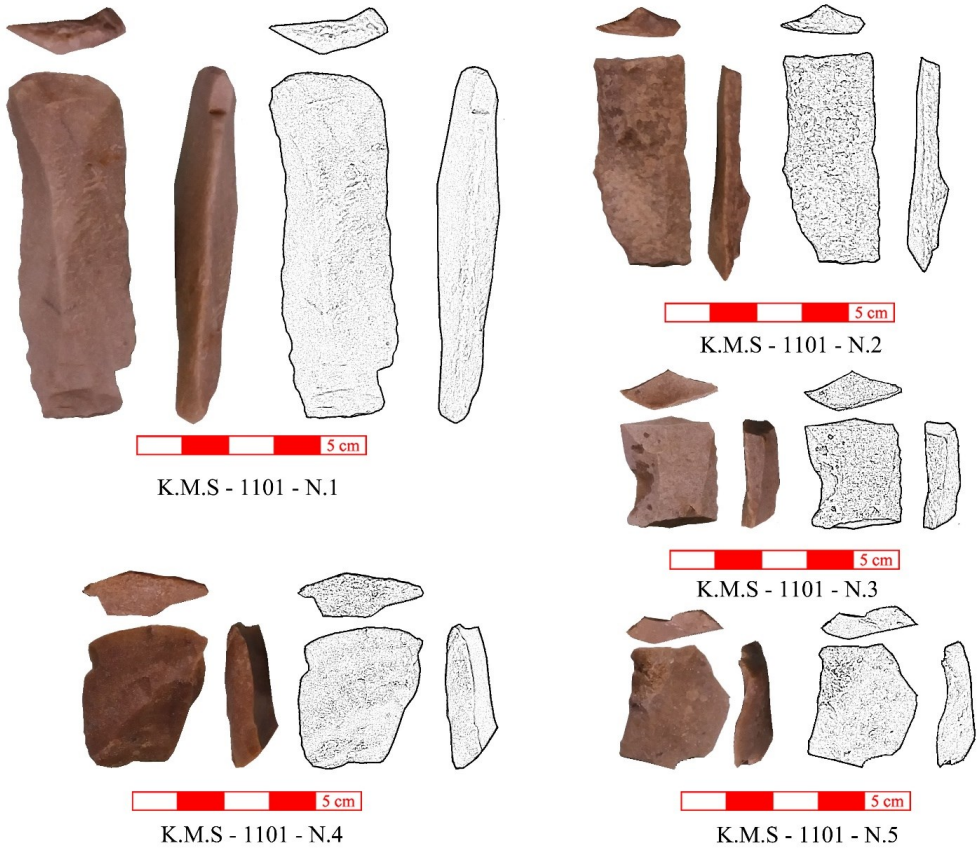
طی بررسی‌های باستان‌شناسی شهرستان بندر ماهشهر توسط مسعود صادقی راد مجموعاً ۴۲ اثر باستانی شناسایی گردید. سنجش تطبیقی یافته‌های فرهنگی به دست آمده از محوطه‌های باستانی شناسایی شده، قدمت آنها را به دورهٔ پارینه سنگی تا دورهٔ پهلوی می‌رساند. چگونگی توزیع و تحلیل الگوهای استقراری محوطه‌های باستانی هر دوره حکایت از گسست فرهنگی استقرارهای دوران پیش از تاریخ (از دوره پارینه سنگی تا دوره اوروک) و پیوست فرهنگی و تداوم استقراری محوطه‌های باستانی این منطقه از دورهٔ اوروک تا عصر حاضر دارد. علاوه بر این، مطالعات باستان‌شناسی تاثیر شرایط محیطی را در شیوهٔ زیستی مردمان ساکن منطقه و تعامل انسان‌های این خطه را با جغرافیای شهرستان بندر ماهشهر اثبات می نماید. ساکنان شهرستان بندر ماهشهر طی ادوار مختلف با شناخت و استفاده از ظرفیت‌های محیطی و با بهره‌گیری از فناوری‌های بومی توانسته‌اند بر محدودیت‌ها و موانع طبیعی فائق آمده و سبکی از زندگی ایجاد کنند که بیشترین سازگاری با چنین منطقه‌ای را داشته باشد. البته این امر به معنای تبعیت مطلق فرهنگ از محیط نیست، بلکه این فرایند به صورت محرکی عمل کرده که موقعیت زیستی و رفاهی ساکنان منطقه را ارتقا داده است. آثار شناسایی شده به طور کلی براساس ماهیت و ویژگی‌ها و نوع کاربری عبارتند از: محوطه، پل، بند، موتورخانه پمپاژ آب، سازه آبی (؟)، اسکله، چاه، بنای مذهبی، ایستگاه راه آهن، سوله، خانه، راه خاکی (خشکی)، راه آهن (ریلی) و راه آبی (دریایی). محوطه‌ها با ۱۶ مورد اصلی‌ترین و بیشترین نوع آثار شناسایی شده طی بررسی بودند و در این میان بند، ایستگاه راه آهن، سوله، خانه و راه آبی هر یک فقط با ۱ مورد کمترین تعداد آثار را شامل می‌شدند (جدول ۲).

جدول ۲: آثار شناسایی شده براساس ماهیت و ویژگی‌ها و نوع کاربری شهرستان بندر ماهشهر

آثار باستانی شهرستان بندر ماهشهر					
	گروه	نوع اثر	تعاریف	کارکرد	تعداد
آثار باستانی شهرستان بندر ماهشهر	محوطه‌ها	محوطه	مکانی استقراری با شواهد و یافته‌های فرهنگی و گاهاً دارای بخش‌های مختلف همچون بافت استقراری، گورستان، منطقه صنعتی و	استقراری، صنعتی، تدفینی و ...	۱۶
	سازه‌های آبی	پل	سازه‌ای در امتداد راه‌ها جهت هموار نمود مسیر و سهولت در تردد	ارتباطی	۳
		بند	سازه‌ای در مسیر رودخانه‌ها جهت ذخیره و کنترل میزان آب	خدماتی	۱
		موتورخانه پمپاژ آب	سازه یا وسیله‌ای برای انتقال آب از مکانی به مکان دیگر	خدماتی	۲
		سازه آبی	کاربرد این سازه نامشخص است	؟	۲
		اسکله	سازه‌ای برای بارگیری، تخلیه بار کالا و مسافر به صورت رابط میان خشکی و آب	خدماتی	۲
		چاه آب	سازه‌ای برای دست یابی به آب‌های زیر سطحی	خدماتی	۳
	بناها	بنای مذهبی	مکانی مقدس با کارکرد آیینی	مذهبی	۲
		ایستگاه راه آهن	بنایی آرامگاهی	تدفینی	۱
		سوله	سازه‌ای تمام فلزی با کارکردهای متفاوت	خدماتی	۱
		خانه	سرپناهی جهت سکونت	رفاهی	۱
	راه‌ها	خاکی (خشکی)	مسیری مشخص تردد در خشکی	ارتباطی	۵
		ریلی (راه آهن)	مسیر تردد قطار	ارتباطی	۲
		آبی (دریایی)	مسیری تردد کشتی	ارتباطی	۱

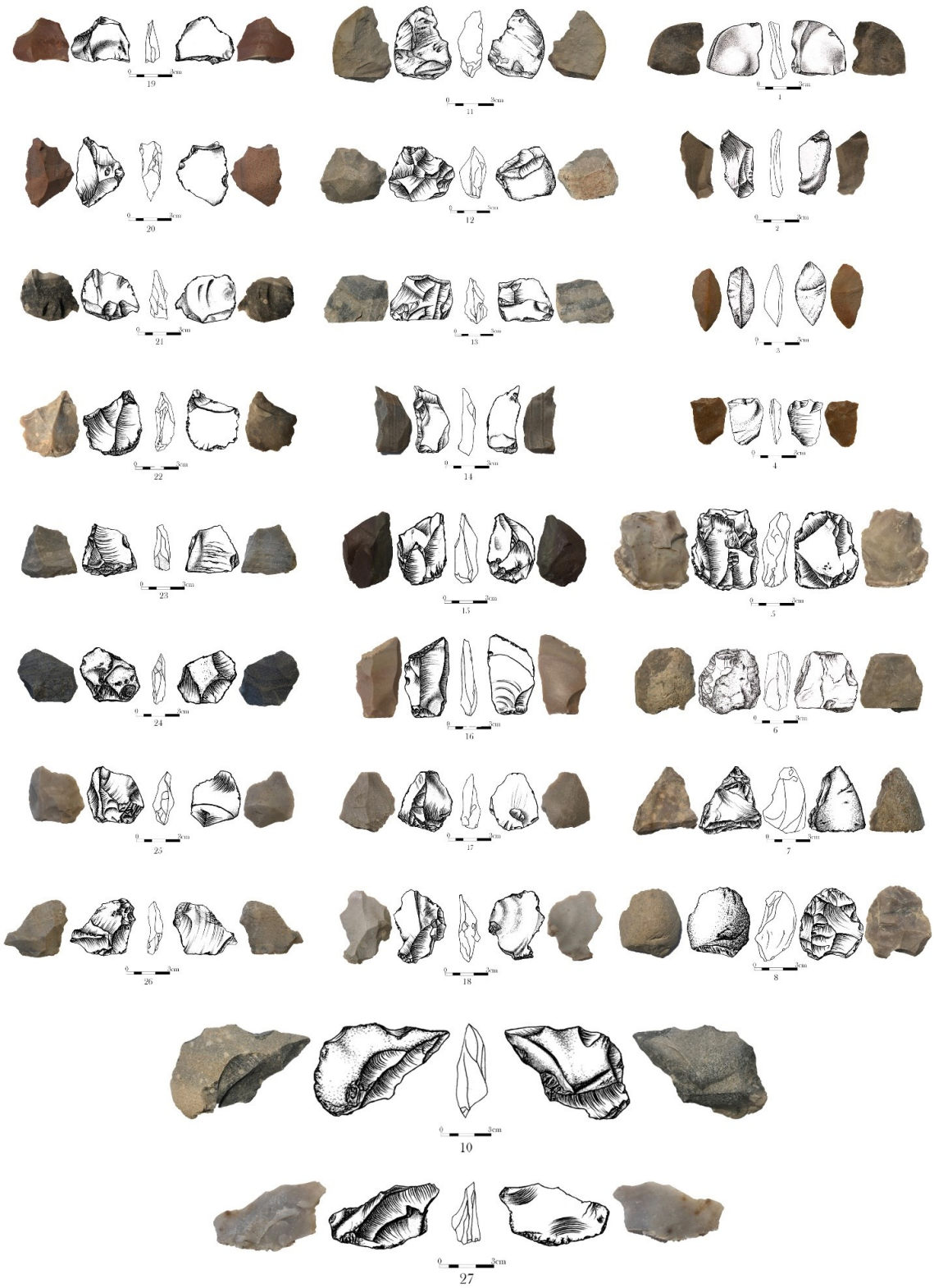
از دورهٔ پارینه سنگی طی بررسی‌های باستان‌شناسی مجموعاً ۲ مکان باستانی شناسایی گردید. این دو مکان که نخستین زیستگاه انسانی در شهرستان بندر ماهشهر هستند محوطه‌های «بغی بغا» و «شکال» نام دارند. این محوطه‌ها در واقع مهمترین مکان‌های باستانی هستند که ابزارهای سنگی به دست آمده است(شکل ۱۹ و ۲۰). در سراسر شهرستان بندر ماهشهر تنها از یک منطقه در جنوب‌شرق آن (شرق دشت غزاله) که محدودهٔ محوطه بغی‌بغا تا محوطه شکال را در بر می‌گیرد، ابزارهای سنگی به دست آمد. نوسانات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، دسترسی به منابع آب شیرین، احتمالاً شرایط محیطی مساعد و وفور مواد خام اولیه بهترین شرایط را برای شکل‌گیری این استقرارگاه (محوطه کارگاهی؟)

بزرگ فراهم آورده است. در دوران پارینه سنگی شرق دشت غزاله یکی از مهمترین کانون تجمعی انسان‌های عصر پارینه سنگی در سراسر حوضهٔ خلیج فارس بوده است. از مجموع مصنوعات سنگی به دست آمده قدیمی‌ترین ابزار احتمالاً متعلق به دورهٔ پارینه سنگی میانه است(در این باره تردید وجود دارد و نیازمند بررسی بیشتر است). مسلماً پژوهش‌های باستان‌شناسی، خصوصاً کاوش‌ها در آینده بازه زمانی استفاده از مصنوعات را تا حدودی تغییر یا تثبیت خواهد کرد.



شکل ۱۹: مصنوعات سنگی به دست آمده در سطح محوطهٔ بغی بغا

پس از دورهٔ پارینه سنگی تا اواخر دوره اوروک، منطقه از نظر استقراری با یک وقفه بلند مدت همراه است. هیچ استقراری در طی این دوران در منطقه شناسایی نگردیده است. تا اینکه در اواخر دوره اوروک تنها یک محوطه (محوطه بغی بغا) شناسایی گردید. این محوطه قدیمی‌ترین استقرارگاه انسانی شهرستان بندر ماهشهر پس از دورهٔ پارینه سنگی است. نوسانات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، دسترسی به منابع آب شیرین، احتمالاً شرایط محیطی مساعد و وفور مواد خام اولیه بهترین شرایط را برای شکل‌گیری این استقرارگاه فراهم آورده است. علاوه بر این، در این دوره تسلط بر راه‌های آبی که به واسطهٔ خورها فراهم می‌گردید، نقش اساسی در شکل‌گیری این استقرارگاه انسانی داشته است. به نظر می رسد در اواخر هزارهٔ چهارم پیش از میلاد، نوسانات سطح خلیج فارس متوقف یا کاهش یافته و سطح خلیج فارس در این دوران به شکل امروزی در آمد. همین امر سبب گردید تا ساکنان منطقه یا مناطق همجوار با توجه به شرایط موجود به تدریج به سمت مناطق جنوبی‌تر حرکت کرده و با در نظر گرفتن شرایط مکانی نخستین استقرارگاه (احتمالاً استقرار دائم) را در حاشیه مسیر راه آبه‌ای که از تالاب هور سرچشمه می‌گرفت و به واسطه خورها به دریا می‌ریخت، شکل بگیرد.



شکل ۲۰: مصنوعات سنگی به دست آمده در سطح محوطهٔ شکال

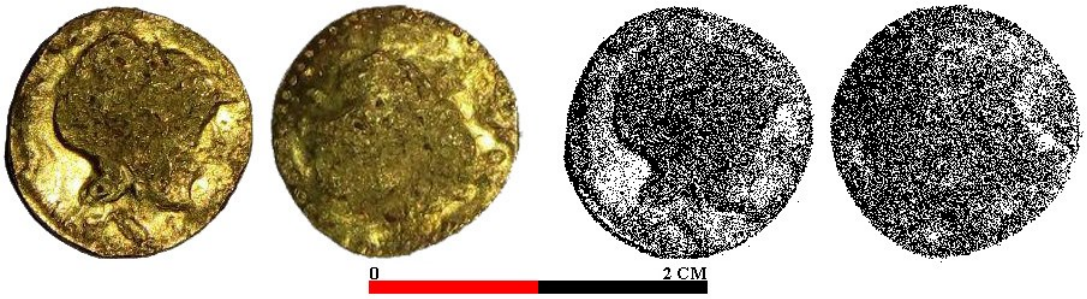
با پایان دوره اوروک (آغاز عیلام) در دو محوطه بغی بغا و شکال آثاری متعلق به دوره عیلام به دست آمد. الگوی استقراری این دوره مبین تداوم استقرار و پیوست فرهنگی در محوطه بغی بغا با دورهٔ قبل و شکلگیری استقراری جدید برای نخستین‌بار در محوطه شکال است. در این دوره نیز نوسانات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، دسترسی به منابع آب شیرین، شرایط محیطی مساعد، پوشش گیاهی و دسترسی به راه‌های آبی که به واسطهٔ خورها فراهم می‌گردید، سبب توسعه و شکل‌گیری این دو استقرارگاه گردید. در این دوره پسروی آب دریا سبب شد تا ساکنان منطقه در امتداد شیب طبیعی زمین به سمت خورها حرکت کرده و استقرارگاهی جدید (محوطه شکال) را در ۸ کیلومتری جنوب‌غرب محوطه بغی‌بغا بنا کنند.

گاهنگاری تطبیقی سفال‌های به دست آمده از محوطه بغی بغا نشان داد که سفال‌های عیلامی محوطه متعلق به دوره عیلام قدیم است و هیچ سفالی متعلق به دوره عیلام میانه و عیلام نو (جدید) از محوطه به دست نیامد. این در حالی است که سنجش تطبیقی سفال‌های محوطه شکال بیان کننده وجود توالی گاهنگاری از هر سه دوره عیلام قدیم، عیلام میانه و عیلام نو در این محوطه است. بر این اساس می‌توان چنین اذعان داشت که در اواخر دوره عیلام قدیم به یکباره استقرار در بغی بغا پس از چند قرن به پایان می‌رسد و ساکنان بغی بغا به دلایل مختلف از جمله پسروی آب دریا و خورها در جهت شیب طبیعی زمین به سمت جنوب‌غرب حرکت نموده و استقرارگاهی جدید را بنا می‌کنند. هر چند که ممکن است این انتقال به تدریج رخ داده باشد و استقرار جدید در محوطه شکال همزمان با استقرار بغی بغا در دوره عیلام قدیم شکل‌گرفته باشد و در پایان این دوره عیلام قدیم محوطه بغی بغا متروک شده و ساکنان آن به سمت محوطه شکال روانه شده باشند. به نظر شرایط محیطی مساعد و مناسب استقرارگاه جدید (شکال) سبب رشد جمعیت و متعاقباً توسعه و گسترش این استقرارگاه شده است به گونه‌ای که تا چندین هزار سال پس از آن این سکونتگاه پابرجا و در حال گسترش بوده است.

از دوره هخامنشیان مجموعاً سه محوطه باستانی شناسایی گردید. این سه محوطه شامل محوطه بغی بغا، محوطه شکال و محوطه شاه‌نشین است. الگوی استقراری این دوره مبین پیوستگی فرهنگی و تداوم استقرار از دوره عیلام جدید به دوره هخامنشی در محوطه شکال و شکل‌گیری دو استقرار جدید در محوطه بغی بغا و شاه‌نشین است. در این دوره محوطه شکال پس از طی ادوار قدیم، میانه و جدید عیلام وارد دورهٔ هخامنشی می‌شود. محوطه بغی‌بغا پس از یک وقفه طولانی بعد از دوره عیلام قدیم، مجدداً استقراری می‌شود. به نظر این استقرارگاه از محوطه‌های اقماری محوطه شکال است (؟) و در امتداد مسیر راه‌های باستانی این دوره که به خورها و متعاقباً به خلیج فارس منتهی می‌گردید، شکل گرفته است. علاوه بر بغی بغا محوطه شاه‌نشین در حاشیه شرقی‌ترین بخش خورهای بندر ماهشهر و نزدیک‌ترین فاصله به آب خور و دریا شکل گرفته است. موقعیت قرارگیری و یافته‌های به دست آمده از این محوطه، بندرگاهی بودن آن را در ذهن تداعی می‌کند چرا که امکان استقرار با عنوان سکونت در این مکان با توجه به شرایط محیطی و جزر و مد مداوم تا حدودی محتمل است. این محوطه در واقع در امتداد راهی باستانی است که در بخش شرقی خور به راه‌های آبی (دریایی) ختم می‌گردد. مسلماً در این دوره نیز شاهد پسروی آب دریا هستیم، چرا که استقرارها تا کناره‌های خور پیشروی داشته‌اند. در این دوره نیز نوسانات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، دسترسی به منابع آب شیرین، شرایط محیطی مساعد، پوشش گیاهی، دسترسی به راه‌های آبی و تجاری دریایی که به واسطهٔ خورها فراهم می‌گردید، سبب توسعه و شکل‌گیری این سه استقرارگاه گردید.

با پایان دوره هخامنشی و روی کار آمدن اشکانیان مجموعاً شش محوطه باستانی از این دوره (سلوکی – اشکانی (الیمایی)) شناسایی گردید. این شش محوطه شامل محوطه بغی بغا، محوطه شکال، محوطه شاه‌نشین، محوطه پوزه سمنت، محوطه جزیره بنه و بنای خور غزاله است. الگوی استقراری این دوره مبین پیوستگی فرهنگی و تداوم استقرار از دوره هخامنشی به دوره اشکانی در محوطه‌های شکال، بغی بغا و شاه‌نشین و شکل‌گیری دو استقرار جدید در محوطه‌های پوزه سمنت و جزیره بنه است. علاوه بر این، طی این دوره (یا در حد فاصل دوره اشکانی – ساسانی) یک سازه سنگی با نام سازهٔ سنگی خور غزاله نیز ایجاد گردید. محوطه‌های شکال و بغی بغا عمده‌ترین استقرارگاه‌های این دوره محسوب می‌گردند. علاوه بر این در دوره قبل که مکان‌گزینی در حاشیه خورها آغاز شده بود، اکنون به صورت گسترده‌تری ادامه دارد به گونه‌ای که در این دوره هر مکانی که در محدودهٔ خور قابلیت اطراق یا ایجاد اسکان‌گاه را دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. علت این امر توسعه و گسترش تجارت دریایی و معاملات با دولت‌ها و حکومت‌های همجوار خلیج فارس است. یقیناً این مکان‌ها (محوطه‌های شاه‌نشین، جزیره بنه و پوزه سمنت) با توجه به

شرایط محیطی‌شان کاربرد سکونتی نداشته‌اند. به نظر این استقرارگاها در ارتباط با مباحث دریانوردی (تجارتی، صیادی، بندرگاهی و ...) شکل‌گرفته‌اند. هرچند در این دوره تعداد محوطه‌ها افزایش می‌یابد، اما این افزایش به معنای افزایش جمعیت و شکل‌گیری سکونتگاه‌های انسانی جدید نیست و به صورت مستقیم در ارتباط با مباحث دریانوردی است. ذکر این نکته حائز اهمیت است که بدانیم در این دوره دو استقرارگاه شکال و بغی بغا از نظر وسعت به نسبت دوره قبل توسعه یافته‌اند. در این دوره راه‌ها و خصوصاً راه‌هایی که به دریا ختم می‌شوند، به شدت مورد توجه قرار می‌گیرند. در این دوره راه آبی خور غزاله که نزدیکترین شاخه به محوطه شکال است، بیش از پیش مورد توجه قرار می‌گیرد. بنای خور غزاله که تنها سازه سنگ‌چین مکشوفه در جنوب شهرستان است، با توجه به یافته‌های فرهنگی و ویژگی‌های خاص آن می‌تواند یک استودان یا برج خاموشان باشد که در امتداد راه‌های باستانی دریایی (آبی) و خشکی ایجاد گردیده باشد. مسلماً در این دوره نیز شاهد پسروی آب دریا هستیم، چرا که با کاهش سطح آب مکان‌گزینی بر روی جزایری که در محدودهٔ خورها (محوطه پوزه سمنت و بنای خور غزاله) و حتی در حاشیه خلیج فارس (محوطه جزیره بنه) هستند، آغاز می‌شود و استقرارها تا کناره‌های دریا پیشروی داشته‌اند. در این دوره نیز نوسانات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، دسترسی به منابع آب شیرین، شرایط محیطی مساعد، پوشش گیاهی، دسترسی به راه‌های آبی و تجاری دریایی که به واسطهٔ خورها فراهم می‌گردید، سبب توسعه و شکل‌گیری این شش مکان باستانی گردید.



شکل ۲۱: سکه اهدایی به ادارهٔ میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی شهرستان منتسب به محوطهٔ گورو

از دوره ساسانی مجموعاً هفت محوطه باستانی شامل محوطه بغی بغا، محوطه شکال، محوطه پوزه سمنت، محوطه جزیره بنه، پل سن، بنای خور غزاله و بنای قدمگاه ویس شناسایی گردید. الگوی استقراری این دوره مبین پیوستگی فرهنگی و تداوم استقرار از دوره اشکانی (الیمایی) به دوره ساسانی در محوطه‌های شکال، بغی بغا، محوطه پوزه سمنت، محوطه جزیره بنه و شکل‌گیری دو بنای جدید پل سن و بنای قدمگاه ویس است. علاوه بر این، طی این دوره (یا در حد فاصل دوره اشکانی – ساسانی) سازهٔ سنگی خور غزاله که احتمالاً کارکرد تدفینی (استودان یا برج خاموشان) داشت، همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرد. محوطه‌های شکال و بغی بغا عمده‌ترین استقرارگاه‌های این دوره محسوب می‌گردند. در این دوره شاهد شکل‌گیری یک شهر بزرگ در محوطه شکال هستیم. علاوه بر این در دوره قبل که مکان‌گزینی در محدودهٔ خورها و در خلیج فارس گسترش یافته بود، همچنان ادامه دارد. این مکان‌ها (محوطه‌های جزیره بنه و پوزه سمنت) کاربرد سکونتی نداشته و در ارتباط با مباحث دریانوردی شکل‌گرفته اند. در این دوره استقرارگاه شکال از نظر وسعت به نسبت دوره قبل توسعه یافته و یک شهر بزرگ در این مکان شکل می‌گیرد. شکل‌گیری این شهر به تدریج سبب ایجاد و توسعه راه‌ها می‌گردد. در این دوره راه‌ها و خصوصاً راه‌هایی که به دریا ختم می‌شود، به شدت مورد توجه قرار می‌گیرد (مانند راه آبی خور غزاله که نزدیکترین شاخه به محوطه شکال) همچنین ایجاد پل بر روی رودخانه جراحی (پل سن) و بناهای مذهبی (احتمالاً چهارطاقی) (بنای قدمگاه ویس) به سبب توسعه راه‌ها و در امتداد آنها بوده است. بنای خور غزاله که تنها سازه سنگ‌چین مکشوفه در جنوب شهرستان است.

از دوره ساسانی شاهد ثبات نوسانات سطح خلیج فارس هستیم، چرا که در این دوره به نسبت ادوار قبل و بعد هیچگونه تغییری در الگوهای استقراری پیرامون خورها نیستیم. در این دوره نیز ثبات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، دسترسی به منابع آب شیرین، شرایط محیطی مساعد، پوشش گیاهی، دسترسی به راه‌های آبی و تجاری دریایی که به واسطهٔ خورها فراهم می‌گردید و اعتقادات مذهبی سبب توسعه و شکل‌گیری این هفت مکان باستانی گردید.

شکل ۲۲: سفال‌های به دست آمده در سطح محوطهٔ پوزه سمنت

با اتمام دوره ساسانی، ۱۶ محوطه و اثر از قرون اولیه دوره اسلامی که شامل محوطه بغی بغا، محوطه شکال، محوطه کافرون، محوطه یک تل دو تل، محوطه هورود، محوطه نگره، محوطه هویره، محوطه جزیره بنه، پل سن، پل ارم، بند سن، سازه آجری هدامه، چاه‌های چهدین، چاه «۱» شولی، چاه «۲» شولی، بنای قدمگاه ویس بودند، شناسایی گردید. الگوی استقراری این دوره مبین پیوستگی فرهنگی و تداوم استقرار از دوره ساسانی به قرون اولیه دوره اسلامی در محوطه شکال، محوطه بغی بغا، محوطه جزیره بنه و شکل‌گیری پنج محوطه کافرون، یک تل دو تل، هورود، نگره و هویره هستیم. همچنین سه بنای جدید پل ارم، بند سن، سازه آجری هدامه و سه چاه شامل چاه‌های چهدین، چاه «۱» شولی، چاه

«۲» شولی برای نخستین‌بار ایجاد گردیدند. پل سن و بنای قدمگاه ویس نیز که در دوره ساسانی بنا شده بودند، در این دوره همچنان پابرجا و مورد استفاده بودند. در سده‌های نخست قرون اولیه دوره اسلامی محوطه‌های شکال و بغی بغا همچنان عمده‌ترین استقرارگاه‌های این دوره محسوب می‌گردند. در این دوره شاهد تداوم استقرار به صورت شهرنشینی در محوطه شکال هستیم. شهری که در دوره ساسانی بنا نهاده شد. الگوهای استقراری این دوره حکایت از خشکسالی منطقه دارد. چرا که به تدریج محوطه شکال و بغی بغا به تدریج رو به متروک شدن می‌گذارند و در اواخر این دوره بغی بغا برای همیشه متروک می‌گردد. اما شکال به واسطه وسعت و امکانات شهری همچنان پابرجا است. خشکسالی سبب می‌گردد، که استقرارها به سمت منابع آبی منطقه یعنی رودخانه جراحی و تالاب شادگان سوق یابند در نتیجه شاهد شکل‌گیری محوطه‌هایی (محوطه‌های هورود و نگره) در جنوب رودخانه جراحی و در شرق تالاب شادگان (محوطه هویره) هستیم.

تغییر استقرارگاه‌ها به تدریج از شرق به شمال و غرب شهرستان متعاقباً سبب تغییر در مسیر راه‌های خشکی و دریایی می‌شود. از این‌رو، در سده‌های پایانی قرون اولیه بندرگاهی (محوطه کافرون) در شمال خورهای (شمال‌شرق خور مجیدیه) ایجاد می‌گردد. به نظر با فاصلهٔ نه چندان دور در شمال این بندرگاه مکان استقراری (محوطه یک تل دو تل) نه چندان بزرگ ایجاد می‌گردد. حفر چاه آب‌های متعدد در حد فاصل جنوب محوطه شکال تا محدوده خورها به نظر تلاشی برای تامین آب ساکنان، دامداران و احتمالاً آخرین مسافران مسیرهای باستانی این منطقه بوده است. چاه آب‌ها عموماً در مسیر و بر بستر راه آبه‌ای که از تالاب هور در شمال‌شرق شهرستان سرچشمه می‌گرفت و به خورها می‌پیوست، حفر گردیده‌اند. در این دوره به نسبت در دوره قبل که مکان‌گزینی در محدودهٔ خورها و در کناره‌های خلیج فارس گسترش یافته بود، تغییر چندانی مشهود نیست. شکل‌گیری و پراکنش استقرارگاه‌ها در محدودهٔ شهرستان (برخلاف ادوار پیشین که تنها شرق شهرستان استقراری بود) سبب ایجاد و توسعه شبکه‌ای از راه‌ها جدیدی در سراسر شهرستان می‌گردد. در این دوره راه‌ها و خصوصاً راه‌های که به دریا ختم می‌شودمانند راه آبی خور مجیدیه مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین ایجاد پل (پل ارم) و بند (سد/ بند سن) بر روی رودخانه جراحی در کنار پل قدیمی سن و بناهای مذهبی (احتمالاً چهارطاقی) (بنای قدمگاه ویس) حاکی از افزایش تردد و توسعه راه‌های منطقه است. ثبات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، تغییرات محیطی (خشکسالی) دسترسی به منابع آب شیرین، شرایط محیطی مساعد، پوشش گیاهی، دسترسی به راه‌های آبی و تجاری دریایی که به واسطهٔ خورها فراهم می‌گردید، سبب شکل‌گیری مکان باستانی این دوره گردید.

با پشت سر گذاشتن قرون اولیه دوره اسلامی و ورود به قرون میانه دوره اسلامی تعداد ۱۸ محوطه و اثر شناسایی گردید. الگوی استقراری این دوره مبین پیوستگی فرهنگی و تداوم استقرار از قرون اولیه دوره اسلامی به قرون میانی دوره اسلامی در اکثر محوطه‌های این دوره است. در محوطه شکال، محوطه کافرون، محوطه یک تل دو تل، محوطه هورود، محوطه نگره، محوطه هویره و محوطه جزیره بنه استقرار همچنان تداوم دارد. محوطه بغی بغا پس از هزاران سال استقرار در این دوره متروک می‌گردد. به یکباره شاهد شکل‌گیری سه محوطه گورو (شکل ۲۱)، محوطه شکاره و محوطه هوچیم در مرکز، شمال و غرب شهرستان هستیم. علاوه بر این بناهای پل سن، پل ارم، بند سن، سازه آجری هدامه، بنای قدمگاه ویس به همراه چاه آب‌های چاه‌های چهدین، چاه «۱» شولی و چاه «۲» شولی همچنان مورد استفاده ساکنان منطقه هستند. محوطه‌های شکال، هورود و گورو عمده‌ترین استقرارگاه‌های این دوره محسوب می‌گردند.

در این دوره شاهد ترک تدریجی استقرارگاه شکال و توسعه استقرارگاه گورو و هورود به واسطهٔ انتقال جمعیت هستیم. الگوهای استقراری این دوره همچنان حکایت از خشکسالی منطقه دارد. چرا که محوطه بغی بغا در این دوره متروک و محوطه شکال به تدریج رو به متروک شدن می‌گذارد. پیشروی استقرارها به سمت منابع آبی منطقه یعنی رودخانه جراحی و تالاب شادگان همچنان ادامه دارد. در ادامه این روند شاهد شکل‌گیری محوطه‌ای دیگر در غرب محوطه هویره و نزدیک شدن استقرار به تالاب شادگان (محوطه هوچیم) هستیم. علاوه بر این محوطه هورود در ابتدای این دوره به بیشترین حد گسترش خود می‌رسد. اما در اواسط یا در انتهای این دوره شاهد تغییر عمده‌ای در الگوی استقراری منطقه هستیم. چرا که در پایان این دوره اکثر استقرارگاه‌ها متروک می‌گردد. متروک شدن اکثر استقرارها سبب توسعه استقرارگاه گورو که اینک از آن با نام «بندر معشور» یاد می‌شود، می‌گردد.

تغییر در الگوی استقرار خود حکایت از پایان دوران خشکسالی و بازگشت به روال سابق را دارد. انتخاب بندر معشور به عنوان استقرارگاه اصلی منطقه در این دوره به سبب توسعه و گسترش ارتباطات تجاری و معاملاتی از مسیر خورها است. در این دوره بندرگاه کافرون و محوطه یک تل دو تل در شمال خورهای (شمال‌شرق خور مجیدیه) همچنان رونق خود را حفظ نموده‌اند. چاه آب‌های متعدد در حد فاصل جنوب محوطه شکال تا محدوده خورها دیگر برای مصارف دامداران و مسافران است که در مسیر بندر معشور به هندیان در تردد هستند. در محدودهٔ خورها و در کناره‌های خلیج فارس هیچ تغییری در پراکنش استقرارگاه‌ها مشاهده نمی‌گردد؛ راه‌ها و استفاده از آنها در محدودهٔ شهرستان همچون دورهٔ قبل است و تا انتهای این دوره تغییر نمی‌کند. در این دوره نیز همچنان راه آبی خور مجیدیه به شدت مورد توجه است. ثبات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، تغییرات محیطی، دسترسی به منابع آب شیرین، شرایط محیطی مساعد، دسترسی به راه‌های آبی و تجاری دریایی که به واسطهٔ خورها فراهم می‌گردید، سبب شکل‌گیری مکان باستانی این دوره گردید.

پس از قرون میانه دوره اسلامی تعداد ۱۳ محوطه و اثر از قرون متاخر دوره اسلامی شناسایی گردید. الگوی استقراری این دوره حاکی از پیوستگی فرهنگی و تداوم استقرار از قرون میانه دوره اسلامی به قرون متاخر دوره اسلامی در اکثر محوطه‌های این دوره است. در محوطه گورو، محوطه شکاره، محوطه هوچیم و محوطه جزیره بنه استقرار همچنان تداوم دارد. در این دوره محوطه‌های شکال، کافرون، یک تل دو تل، هورود، نگره و هویره پس از قرن‌ها استقرار در این دوره متروک می‌گردند. در این دوره در محدوده جزیره قبرناخدا که در حاشیه خور موسی و بر سر مسیر اصلی راه دریایی است، یک سازه با کاربرد نامشخص شکل می‌گیرد که بعدها به قبر ناخدا معروف می‌گردد. علاوه بر این در اواخر این دوره (دوره قاجار) با اکتشاف نفت در مناطق مختلف خوزستان، صنعت و پیامدهای صنعتی شدن نیز شهرستان بندر ماهشهر را تحت الشعاع قرار می‌دهد.

شکل ۲۳: نمایی از اسکلهٔ خور غزاله دید از شرق

احداث موتورخانه پمپاژ آب (موتورخانه پمپاژ آب رازی) و ساخت دو اسکلهٔ مدرن (اسکله خور غزاله و اسکله بند) از دستاوردهای ورود صنعت به این شهرستان است. احداث موتورخانه پمپاژ آب در حاشیه جراحی برای نخستین‌بار سبب انتقال آب شیرین به عرض‌های جنوبی شهرستان و محدوده شهر بندر معشور به روش جدیدی (صنعتی) می‌شود و همین امر یعنی تامین آب شرب ساکنان به نوبه خود سبب افزایش جمعیت و گسترش شهر در اواخر این دوره می‌شود. تا اواخر این دوره چاه آب‌های چاه‌های چهدین، چاه «۱» شولی و چاه «۲» شولی همچنان مورد استفاده ساکنان و رهگذران منطقه است. محوطه‌های گورو یا بندر معشور عمده‌ترین و احتمالاً تنها استقرارگاه‌های این دوره محسوب می‌گردد. ترک

تدریجی استقرارگاه‌ها که از دوره قبل آغاز شده بود، در ابتدای این دوره به حد نهایی خود می‌رسد و جمعیت آنها به سوی محوطه گورو (بندر معشور) روانه می‌شود. در نتیجه این انتقال جمعیت محوطه گسترده و به مرحله شهری ارتقا می‌یابد. الگوهای استقراری این دوره حکایت از پایان خشکسالی در منطقه دارد. گسترش و توسعه بندر معشور سبب گسترش ارتباطات تجاری و معاملاتی از مسیر خورها می‌شود. در این دوره بندرگاه کافرون و محوطه یک تل دو تل متروک می‌گردند. تنها تغییر در پراکنش استقرارگاه‌های محدودهٔ خورها و در کناره‌های خلیج فارس به نسبت دوره قبل ایجاد بنای در جزیره قبر ناخدا در شرق خور موسی است. در این دوره بندر معشور کانون و محل ثقل راه‌های باستانی منطقه است. در این دوره راه آبی خور غزاله و خور مجیدیه مورد توجه است. ثبات سطح آب خلیج فارس، ویژگی‌های توپوگرافی، تغییرات محیطی، شرایط محیطی مساعد، ورود صنعت و صنعتی شدن منطقه، دسترسی به راه‌های آبی و تجاری دریایی که به واسطهٔ خورها فراهم می‌گردید، سبب تغییر در الگوهای استقراری منطقه طی این دوره می‌گردید. جغرافیدانان و تاریخ نویسان اوایل صفویه به دو بندر ماهشهر و غزاله اشاره می‌کنند که امروزه جزئی از شهرستان بندر ماهشهر است. یک و نیم قرن بعد، گزارش «توصیفی از خلیج فارس و مردمان آن» به صورت گذرا به بندر کوچکی بین دورق (نزدیک شادگان کنونی) و هندیجان اشاره می‌کنند که «مکسور» نامیده می‌شود. این نظر را ویلم فلور به نقل از گزارش فان نیپهاسن موسس و رئیس دفتر کمپانی هند شرقی هلند در جزیره خارک بیان کرده است. بنابر منابع قاجاری، مکسور نام دو روستا در حاشیه رودخانه جراحی بوده است (و هنوز هم البته با قدری تغییر در گویش هست). یک قرن بعد از زمانی که فان نیپهاوسن گزارش خود را نوشته، ماموران رسمی در گزارش خود به ناصرالدین شاه به طور مشخص از این شهر (بندر معشور) نام می‌برند.

دوران معاصر تحولی بزرگ در سطح شهرستان رخ داد، این تحول که ورود صنعت بود، تا حدود زیادی استقرارگاه‌ها این دوره را تحت‌الشعاع قرار داد. تعداد نه محوطه و اثر از دوره معاصر که شامل محوطه گورو، محوطه بوغیب، محوطه طعیمیس، پل راه آهن گرگر، موتورخانه و تصفیه خانه گرگر، ایستگاه راه آهن مرغزار، سوله‌های نفت و خانه بهبهانی شناسایی گردیدند. الگوی استقراری این دوره مبین پیوستگی فرهنگی و تداوم استقرار از قرون متاخر دوره اسلامی به دوره معاصر است. محوطه گورو همچنان تنها استقرارگاه منطقه است. در این دوره محوطه‌های بوغریب و تیمز با هدف فعالیت‌های زراعی و دامپروری به صورت فصلی در شرق شهرستان شکل گرفته و پس از چند دهه متروک می‌شوند. صنعتی شدن شهرستان بندر ماهشهر که از اواخر دوره قبل آغاز شد در این دوره به اوج می‌رسد. بیشتر آثار این دوره را سازه‌های صنعتی یا مرتبط با صنعت تشکیل می‌دهد. این آثار عموماً در پیرامون شهر بندر ماهشهر و شهر سربندر شکل می‌گیرد.

رشد سریع صنعت سبب افزایش جمعیت و ورود مهاجران به منظور کار در واحدهای صنعتی می‌شود. این امر سبب شکل‌گیری چند شهر و شهرک در سطح شهرستان می‌شود. طی این دوره محوطه گورو یا بندر معشور که اکنون بندر ماهشهر نامیده می‌شود، عمده‌ترین و اصلی‌ترین استقرارگاه‌های این دوره محسوب می‌گردد. گسترش و توسعه بندر معشور به عنوان استقرارگاه اصلی و تنها سکونتگاه منطقه در این دوره سبب توسعه و گسترش ارتباطات تجاری و معاملاتی از مسیر خورها می‌شود. در این دوره بندرگاه متعددی احداث می‌شود. علاوه بر این خطوط ریلی، ترانزیتی و هوایی به راهای اصلی منطقه افزوده شده و راه‌ها بیش از پیش از نظر توسعه و اهمیت ارتقاء می‌یابند. در این دوره راه آبی خورهای بندر ماهشهر مورد توجه است. پس از کشف نفت و تاجگذاری رضاشاه پهلوی، تغییرات شگرفی در صنعتی شدن بندر ماهشهر صورت گرفت و تاسیسات صنعتی در منطقه بنا شد. پیش از جزیره خارک، بندر معشور نقش مهم در صادرات نفت را ایفا می‌کرد. بندر ماهشهر نامی است که در سال ۱۳۴۴ شمسی رسمیت یافت. دوره کنونی تاریخ اجتماعی و اقتصادی منطقه با صنعت پتروشیمی گره‌خورده است. تاسیس شرکت‌های شیمیایی رازی (شیمیایی شاهپور) در سال ۱۳۴۵ شمسی، پتروشیمی ایران و ژاپن (سال‌ها بعد شرکت پتروشیمی بندر امام نام گرفت) در مهر ۱۳۵۰ شمسی و تشکیل منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر در دهه هشتاد خورشیدی سه مرحله تحول این دوره هستند (آخانی، ۱۳۹۴).

نتیجه گیری

بر مبنای آنچه که گفته شد عرصه خورهای شمالغرب استان خوزستان بر مبنای عوارض طبیعی مانند بالاترین حد مد نجومی و منطبق بر عرصه پیشنهادی سازمان سازمان منابع طبیعی تهیه گردید. بیشترین وسعت خورها در محدوده سیاسی شهرستان بندر ماهشهر بوده و بخشهایی نیز در

شهرستان شادگان و آبادان واقع است. باتوجه به اهمیت بدنه اصلی این خورها در شهرستان بندر ماهشهر می توان از این خورها با نام خورهای بندر ماهشهر نیز یاد کرد. اهمیت باستان شناسی، شرایط تجارت دریایی و اقتصادی بندر ماهشهر سبب شده است تا در سالهای اخیر این شهر بتواند به عنوان یک قطب اقتصادی در جنوب ایران مطرح گردد. ثبت خورهای بندر ماهشهر در فهرست میراث طبیعی ملی به شماره ۶۳۵ در تاریخ ۱۳۹۸/۰۶/۰۶ می تواند ضمن معرفی این اثر بدیع، راههای حفاظت از آن را هموار سازد. تعین محدوده عرصه و حریم یکی از اصلی ترین راههای صیانت از محدوده خورها برای جلوگیری از تغییرات کاربری غیر اصولی و اثرات زیست محیطی مخرب است. در این بررسی با شناسایی محدوده‌های باستانی مشخص گردید برخلاف آنچه که تصور می شد این منطقه از پیش از تاریخ تا دوران اخیر دارای استقرارهای باستانی است و تعامل انسان–دریا و خورها به هزاران سال قبل بر می گردد. باتوجه به اهمیت موضوع لازم است ضوابط عرصه و حریم مناسبی برای صیانت از این چشم انداز طبیعی ارزشمند توسط سازمانهای متولی تصویب گردد تا ضمن توسعه پایدار بتواند به عنوان یک سند قانونی راههای اثرات منفی انسانی و تغییرات کاربری غیر اصولی را مسدود نماید. در زیر برخی از ضوابط عرصه و حریم پیشنهاد می گردد:

- محدوده عرصه، حداکثر توسعه بستر خورها مصوب ۱۳۵۴/۴/۲۹ سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور است که منطبق بر مبنای بالاترین حد آب در مد نجومی و تغییرات دوره ای تراز آب دریا است. در این محدوده هرگونه تغییرکاربری که مستعد تغییر در شرایط طبیعی عرصه و حریم باشد ممنوع است. در صورتی که تغییری محلی و با محدوده اثر کم در حالت اضطراری نیاز باشد لازم است تاییدیه سازمانهای ذیربط (منابع طبیعی و محیط زیست) وکمیته های فنی وزارت میراث فرهنگی مطرح و مصوب گردد. ضمن اینکه لازم است تغییر انجام شده از رفع اضطرار ضروری به حالت اول برگردد. ایجاد ممنوعیت برای فعالیتهای معدن کاری، برداشت مصالح معدنی و استحصال نمک و به طور کلی هرگونه تغییری که منجر به از بین رفتن یکپارچگی در عرصه شود.
- لایروبی بستر دریایی خورهای بندرماهشهر، ایجاد کارگاههای ساخت، تولید، تعمیر و نگهداری انواع شناورها و صنایع فراساحلی و هرگونه طرح صنعتی، غیرصنعتی و خدماتی در عرصه خوریات با ارایه طرح توجیهی زیست محیطی و تصویب کمیته های تخصصی وزارت میراث فرهنگی انجام گیرد. هر نوع طرح توسعه ای یا تعمیر تاسیسات موجود اعم از عبور خطوط لوله آب، نفت، گاز، پتروشیمی، انتقال نیرو و طرح های مکمل لازم است با تاییدیه سازمان منابع طبیعی و محیط زیست و شورای فنی و تصویت وزارت میراث فرهنگی باشد. لازم است بر ممنوعیت رهاسازی هرگونه آلاینده های زیست محیطی، انباشت زباله، انواع پسماند، نخاله های ساختمانی و صنعتی و دفن زباله های شهری و صنعتی در عرصه تاکید گردد.
- هرگونه فعالیت درختکاری بر اساس ضوابط زیست محیطی و تایید غیرمخرب بودن گونه گیاهی توسط سازمان حفاظت محیط زیست و عدم مداخله در پوشش گیاهی و با تاییدیه نهایی کمیته فنی وزارت بررسی گردد. قطع درختان، بوته کنی، آتش سوزی در عرصه لازم است ممنوع گردد در مواردی همچون حراکاری. باتوجه به سازگاری حرا با شرایط بوم شناختی منطقه می توان با صلاحدید متخصصان جنگل و منابع طبیعی حراکاری را توسعه داد. صیادی به روش های صنعتی (ترال، الکتریکی و سم پاشی و ...) در عرصه باید ممنوع گردد و برای فعالیتهای صیادی مبتنی بر روشهای سنتی اعم از (آلات، دست اشکن، بندیله، هیال، سکار، فالجه، نصابه، قلاب، کرف و ...) از دستگاههای ذی ربط مجوزهای لازم کسب گردد. علاوه بر این، هرگونه طرح گردشگری و تاسیس زیرساختهای گردشگری در راستای معرفی و حفاظت از اثر بعد از ارائه طرح توجیهی زیست محیطی و تصویب کمیته فنی و صدور مجوز وزارت میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی و بر اساس ضوابط ابلاغی و شیوه نامه اجرایی صدور مجوز مراکز گردشگری ساحلی و دریایی مورد ارزیابی قرار گیرد. این ارزیابی برای ایجاد و توسعه بنادر جدید، لنگرگاه ها و تاسیسات وابسته پس از تایید گزارش ارزیابی محیط زیستی و تایید در وزارت نیز حاکم است. پیشنهاد می گردد برای تسهیل در گردشگری آبی در نواحی شهری لازم است پل به صورت قوسی و منطبق بر معماری تاریخی منطقه احداث گردد.

برای حریم نیز می توان ضوابط زیر را پیشنهاد داد:

- از حد عرصه به فاصله ۱۹۴۰ متر حریم خورها تلقی می گردد. حریم خورها تابع مصوبات (ضوابط و معیارهای استقرار واحدها و فعالیتهای تولیدی، صنعتی و معدنی و اصلاحیه های بعدی آن و ضوابط و معیارهای استقرار واحدهای صنایع پیشرفته و فعالیتهای دانش بنیان، جهت استقرار واحدهای صنایع پیشرفته و فعالیت های دانش بنیان) منتشر شده توسط سازمان محیط زیست کشور است. هرگونه عملیات عمرانی و اجرایی و پایان کار در محدوده حریم باید با استعلام از دستگاههای ذیربط صورت گیرد. فعالیت های آبزی پروری و صنایع وابسته به شیلات، تغییر کاربری در منابع طبیعی موجود در حرایم خورها لازم است بر اساس مقررات دستگاههای ذیربط و مشروط به تایید کمیته فنی و تصویب طرح در وزارت میراث فرهنگی انجام گیرد.

منابع

آخانی، حسین، ۱۳۹۴، گیاهان و پوشش گیاهی شمالغربی خلیج فارس. انتشارات دانشگاه تهران.
دیولافوآ، ژان، ۱۳۷۱، ایران، کلده و شوش، ترجمه محمدعلی فره وشی به کوشش بهرام فره وشی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
شکیبا، اسحاق، ۱۳۹۴، نگاهی به تاریخ بندر ماهشهر، چاپ اول، شیراز، انتشارات نوید.
عوفی، ف، ۱۳۷۸، بررسی اکولوژیک خوریات خلیج فارس و دریای عمان با تاکید بر ویژگیهای شیلاتی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، تهران.
لوفتوس، ویلیام کنت، ۱۳۸۵، سفرنامه پژوهشی سرهنگ لافتوس، نخستین کاوشگر شوش؛ ترجمه عباس امام. تهران: نشر شادگان.

References

Boyd, R., Dalrymple, R., & Zaitlin, B. A. (1992). Classification of clastic coastal depositional environments. Sedimentary Geology, 80(3-4), 139-150.

Cameron and Pritchard, (1963)."Estuaries," in The Sea. Edited by Hill, M. N., Interscience Publ., N.Y., 19"63, 2, 306-24.

da Cunha Lana, P., & Bernardino, A. F. (Eds.). (2018). Brazilian estuaries: a benthic perspective. Springer.

Dalrymple, R. W., & Choi, K. (2007). Morphologic and facies trends through the fluvial–marine transition in tide-dominated depositional systems: a schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. Earth-Science Reviews, 81(3-4), 135-174.

Dalrymple, R. W., Zaitlin, B. A., & Boyd, R. (1992). Estuarine facies models; conceptual basis and stratigraphic implications. Journal of Sedimentary Research, 62(6), 1130-1146.

Dürr, Hans H., Goulven G. Laruelle, Cheryl M. van Kempen, Caroline P. Slomp, Michel Meybeck, and Hans Middelkoop. "Worldwide typology of nearshore coastal systems: defining the estuarine filter of river inputs to the oceans." Estuaries and coasts 34 (2011): 441-458.

Evans, G., Schmidt, V., Bush, P., & Nelson, H. (1969). STRATIGRAPHY AND GEOLOGIC HISTORY OF THE SABKHA ABU DHABI, PERSIAN GULF. Sedimentology, 12.

Kinner, J.M, 1813, A Geographical Memoir of the persial Empire, London: John Murray.

Kinsman, D. J. (1969). Modes of formation, sedimentary associations, and diagnostic features of shallow-water and supratidal evaporites. AAPG Bulletin, 53(4), 830-840.

Layard, A.M. 1842, Ancient sites among the Bakhtiari mountains, with remarks on the rivers of Susiana, and the site of susa, by professor Long, v.p.” JRGS 12, 9-102.

Potter, I. C., Chuwen, B. M., Hoeksema, S. D., & Elliott, M. (2010). The concept of an estuary: a definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 87(3), 497-500.

Pritchard, D. W. (1967). What is an estuary: physical viewpoint. American Association for the Advancement of Science.

Roy, P. S., & Crawford, E. A. (1984). Heavy metals in a contaminated Australian estuary—dispersion and accumulation trend. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 19(3), 341-358.

Shaw, P., & Bryant, R. (1989). Arid Zone Geomorphology.

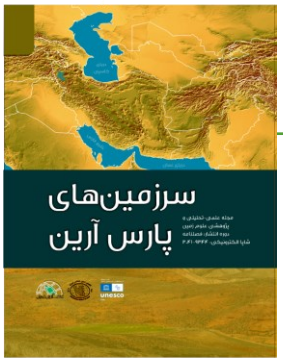
Uchupi, E., Swift, S. A., Ross & D. A, 1996, Marine Geology, 129, 3-4, p.237-269.

Woodroffe, C. D. (2002). Coasts: form, process and evolution. Cambridge University Press.

فصلنامه سرزمین‌های پارس آرین
سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۲ صص. ۵۰-۳۵
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.1

مقاله پژوهشی

فلوی مگنتیتی و ارتباط آن با سنگ‌های ماگمایی در منطقه شهرک، شمال شرق کردستان، ایران



نیلوفر نایبی ✉[۱]، **عرفان رحیمی**[۲]

چکیده

کانسار آهن شهرک در شمال غربی ایران، شمال شرقی استان کردستان، در ۶۰ کیلومتری شمال شهر بیجار و ۲۰ کیلومتری غرب بخش حسن‌آباد یاسوکند قرار دارد. کانسار آهن شهرک به عنوان بخشی از ماگاتیسم سنوزوئیک مجموعه ارومیه دختر و در منطقه تکاب قرار گرفته است. واحدهای سنگی الیگومیوسن سنگ میزبان کانی‌سازی آهن می‌باشند. مهمترین و فراگیرترین حادثه در تکوین پوستهٔ ایران زمین، حوادث ماگمایی سنوزوئیک بوده باشد که در فاز کوهزایی آلپی روی داده است و طی آن رشته کوه‌های آلپ- هیمالیا تحت تأثیر قرار گرفته در منطقه شهرک فعالیت‌های ماگمایی از ائوسن تا میوسن قابل پی‌گیری است. سنگ‌های ماگمایی منطقه معدنی شهرک شامل سنگ‌های آتشفشانی اسیدی، آندزیتی و نفوذی‌های کم عمق می‌باشند. بر مبنای مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های ماگمایی منطقه در سری کالکوآلکالن قرار می‌گیرند. محیط تکتونیکی این سنگ‌های ماگمایی مشابه محیط کوهزایی مرتبط با مناطق فرورانش می‌باشد. کانه اصلی این کانسار مگنتیت است هرچند به همراه کانی‌سازی اصلی مگنتیتی، کانی‌های فرعی مانند پیریت، کالکوپیریت، پیروتیت و کانی‌های ثانویه اکسیدهای آهن مانند گوتیت و هماتیت نیز دیده می‌شود. اکسیدهای هماتیت و گوتیت اولیه نیستند و مقدار آن‌ها در کانسنگ خیلی کم است. ماده معدنی تقریباً در یک راستا به صورت عدسی‌های پراکنده عمدتاً بر روی سنگ‌های آهکی و ریولیتی مرز آکیتانین- بوردیگالین و/ یا در بین سنگ‌های آندزیتی قرار گرفته است. شواهد کانی‌شناسی، صحرایی، ژئوشیمیایی و سنگ‌های فراگیر همه حکایت از یک خاستگاه ولکانوژنیک (آتشفشان‌زاد) دارد و می‌توان بخشی از کانی‌سازی کانسار را به صورت فلوی مگنتیتی تصور کرد. گدازه مگنتیتی که در حجم کم در مقایسه با حجم ماگمای ریولیتی به صورت فلوی مگنتیتی فوران نموده است، مانند یک گدازه عمل نموده است که آن را فلوی مگنتیتی نامگذاری نموده‌اند.

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱
انتشار برخط: ۱۴۰۲/۱۰/۴

واژگان کلیدی
کانسار آهن، الیگومیوسن،
سری کالکوآلکالن،
زون فرورانش، ، فلوی مگنتیتی

وابستگی نویسنده
۱ دکتری زمین‌شناسی،
دانشگاه تهران
۲ مرکز پژوهشی زمین شناسی
آرین زمین

استناد: نایبی، نیلوفر ، رحیمی، عرفان، (۱۴۰۲). فلوی مگنتیتی و ارتباط آن با سنگ‌های ماگمایی در منطقه شهرک، شمال شرق کردستان، ایران، *سرزمین های پارس آرین*، سال اول، شماره دوم (۵۰-۳۵)
شناسه دیجیتال: DOI:10.61186/jpat.2024.2.1
ناشر: مرکز پژوهشی زمین شناسی آرین زمین © نویسنده.

[1] Niloofar_nayebi@ut.ac.ir

مقدمه

ارزیابی مطلوب‌ترین مناطق برای اکتشاف مواد معدنی همواره نگرانی عمده زمین‌شناسان اکتشافی بوده است و در این میان کانسارهای آهن نیز اهمیت مضاعفی داشته‌اند. ذخایر آهن با توجه به اهمیت استراتژیک در صنعت یکی از اهداف اصلی اکتشاف معدنی در جهان می‌باشند. بنابراین، دانستن مدل‌های شکل‌گیری و روش‌های نوین اکتشافی آنها و درک روابط بین آنها مهم‌ترین اهمیت را برای کاوشگران معدنی دارد. در این میان مجموعه ماگمایی ارومیه- دختر بویژه در منطقه تکاب با دارا بودن ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی از نظر مواد معدنی و بویژه آهن حائز اهمیت بالایی می‌باشد. با توجه به اهمیت مجموعه ماگمایی ارومیه- دختر از لحاظ ژئودینامیکی و فلززایی لزوم بررسی‌های جامع پتروژنتیکی این منطقه شایان توجه است. کانسار آهن شهرک به عنوان بخشی از ماگاتیسم سنوزوئیک مجموعه ارومیه دختر و در منطقه تکاب قرار گرفته است. منطقه تکاب قرار با داشتن زمین‌شناسی خاص و انواع کانه‌زایی های آهن کایرونا، ماگمایی، اسکارن و ... یکی از مناطق فعال از نظر متالوژنی آهن می‌باشد (Ghorbani, 2007; Salehi et al., 2020). مطالعات پیشین در منطقه اغلب در جهت تهیه نقشه‌های زمین شناسی بوده و هنوز ابهامات فراوانی در درک تحولات زمین‌شناسی این ناحیه وجود دارد. تعیین و شناسایی کلیدهای اکتشافی جهت شناسایی ذخایر از طریق مطالعات شیمی سنگ کل، شیمی کانی، مطالعات ایزوتوپی و تعیین سن جایگیری - کانه‌زایی توده‌ها و مطالعات سیال درگیر در سال های اخیر در کشور و بویژه مجموعه ماگمایی ارومیه دختر مورد توجه بوده‌اند. در این پژوهش نیز به کمک داده‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، رفتار عناصر اصلی و خاکی کمیاب منطقه بررسی می‌شوند و با مطالعه سری ماگمایی، ترکیب و محیط تکتونیکی ماگمای اولیه به مطالعه ترکیب ماگمای تشکیل دهنده کانسار آهن در منطقه شهرک و خاستگاه آن پرداخته شده است.

شروع فعالیت اصلی مجموعه ماگمایی ارومیه- دختر در دوره ائوسن و در محدوده زمانی بین ۵۵ تا ۳۶ میلیون سال قبل می باشد که با یک ماگماتیسم بازی تا اسیدی گسترده در آناتولی ترکیه، قفقاز و ایران مشخص شده است و در ارتباط با تکامل فضایی، زمانی و منشا آنها بحث های مختلفی وجود دارد. به نظر می رسد طغیان ماگمایی در مجموعه ماگمایی ارومیه- دختر و البرز تحت تاثیر فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر صفحه ایران شکل گرفته است (Alavi, 1994; Berberian and Berberian, 1981; Berberian et al, 1982; Agard et al, 2007). اگرچه دوره ترياس برای زمان شروع فرورانش اقیانوس نئوتتیس پذیرفته شده است (Berberian and Berberian, 1981; Arvin et al, 2007; Bagheri and Stampfli, 2008; Wilmsen et al., 2009)، زمان بسته شدن این اقیانوس از کرتاسه بالایی (Berberian and King, 1981; Alavi, 1994)، اواخر پالئوسن- اوایل ائوسن (Mazhari et al, 2009)، ائوسن- الیگوسن (Agard et al, 2005; Vincent et al, 2005; Allen and Armstrong, 2008; Horton et al, 2008; Dargahi et al, 2010) تا اواسط میوسن- پلیوسن (Stocklin, 1968; Berberian and Berberian, 1981; Axen et al, 2001; McQuarrie et, 2003; Guest et al., 2006; Azizi and Moinevaziri, 2009; Okay et al, 2010) گزارش شده است و همچنان مورد بحث است.

مطالعات پیشین نشان می‌دهد سنگ‌های آتشفشانی تشکیل شده در مجموعه ماگمایی ارومیه- دختر به طور عمده از جریان گدازه، ای پیروکلاستیک (توف و ایگنمبریت) تشکیل شده است (Berberian and Berberian, 1981). سنگ‌های نفوذی این مجموعه ماگمایی یک محدوده وسیع ترکیبی نشان می دهند که ترکیب غالب گرانیتی است اما حجم کمتری سنگ های گرانودیوریت، کوارتز دیوریت و گابرو نیز دیده می شود(Ghorbani, 2006). از لحاظ سری ماگمایی در این منطقه سنگ هایی با گرایش های متفاوت تولئیتی تا کالکوآلکالن (Ahmad and pusht-Kuhi, 1993; Shahabpour, 2007)، آلکالن (Amidi et al, 1984; Moradian, 1997)، شوشونیتی (Amidi, 1977; Aftabi and Atapour, 2000; Torabi, 2009) و آداکیتی (Jahangiri, 2007; Omrani et al, 2008; Ghadami et al, 2008; Sherafat et al, 2010; Ghorbani and Bezenjani, 2011) دیده می شوند. از نظر زمان برخورد در ارومیه-دختر و ارتباط آن با کانه زایی، نظریات متفاوتی در این مورد ارائه شده است که شامل آغاز برخورد نرم (soft collision) در الیگوسن آغازین (Moghadam et al., 2022a; b; McQuarrie and van Hinsbergen, 2013; Agard et al., 2011; Allen and Armstrong, 2008) و برخورد سخت (hard collision) در ۲۰ میلیون سال پیش (Moghadam et al., 2022a;b; Madanipour et al., 2017) و نیز نظریه ای در ارتباط با آغاز

برخورد سخت در ۱۵ میلیون سال پیش (Chiu et al., 2013; Pang et al., 2013; Raeisi et al., 2021; 2024; Babazadeh et al., 2022) است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به عنوان بخشی از ماگماتیسم سنوزوئیک ایران و در شمال غرب مجموعه ماگمایی ارومیه– دختر، در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ یاسوکند (قجور) (Fonoudi and Sayareh, 2000) (شکل ۱) و نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تکاب (Alavi and Amidi, 1976) قرار گرفته است. شاید مهمترین و فراگیرترین حادثه در تکوین پوستهٔ ایران‌زمین، حوادث ماگمایی سنوزوئیک باشد که در فاز کوهزایی آلپی روی داده است و طی آن رشته کوه‌های آلپ– هیمالیا تحت تأثیر قرار گرفته و با شکل گیری فعلی کوههای ایران و همزمان یا کمی بعد از آن، قسمت اعظم ذخایر معدنی ایران تشکیل شده‌اند. به طور کلی دوران سنوزوئیک را باید دوران فعالیت ماگماتیسم ایران نامید که اثرات آن در سراسر ایران به جز زاگرس و کپه‌داغ دیده می‌شود. فعالیتهای ماگمایی و به ویژه ولکانیسم ترشیاری در ایران، ترکیب سنگی متفاوت و همچنین گسترش و پراکندگی زیادی دارد که در این میان، مجموعه ماگمایی ارومیه– دختر دارای اهمیت بسزایی است. مجموعه ماگمایی ارومیه– دختر به عنوان مهمترین کمربند فلززایی ایران، در حقیقت بر کمربند جهانی فلززایی آلپ– هیمالیا منطبق است و یکی از سه کمربند موازی کوهزاد زاگرس است که با روند شمال غرب– جنوب شرق در امتداد نوار طویلی به طول ۱۷۰۰ کیلومتر و با پهنای تقریبی ۱۵۰ کیلومتر به موازات زون دگرگون شده سنندج– سیرجان از سهند تا بزمان (شکل ۱) و در شرقی ترین بخش کمربند کوهزایی زاگرس قرار گرفته است (Alavi, 1994; 2004).

کانسار آهن شهرک یکی از کانسارهای آهن منطقه تکاب می‌باشد. کانسار آهن شهرک در منطقه تکاب و در اطراف کانسارهای فلزی بایچه‌باغ (Salehi et al., 2020; Karimi, 2001)، توزلار (Salehi et al., 2020; Heidari et al., 2013, ; 2015; Maleki, 2004)، زرشوران (Yousefi et al., 2018; Mousavi et al., 2018; Sharifi et al., 2016; Paar et al., 2009; Asadi et al., 2000; Ghorbani, 2007 ;Mehrabi, 1999;Ojaghi, 1996)، آق‌دره (Ghorbani, 2007؛Daliran, 2008 ؛ Mousavi et al., 2018 ؛ Salehi et al., 2020)، آی‌قلعه‌سی (Shirkhani et al., 2009; Mohammadi Niaei, 2015)، آق‌دره بالا (Rahimsouri et al., 2012)، عربشاه (Heidari, 2013)، انگوران (Daliran et al., 2013) و کانسار حلب (Nafisi et al., 2021) قرار گرفته است.

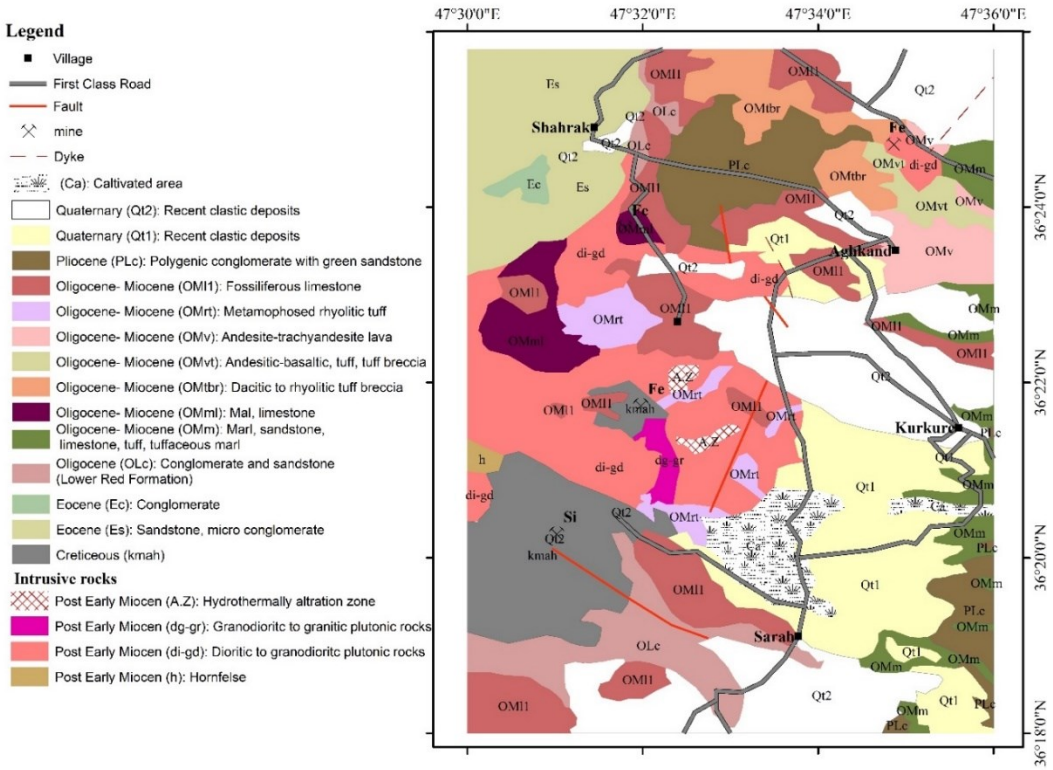
در این کانسار توده‌های آهن به صورت عدسی شکل در محدوده قرار گرفته‌اند که نام هریک با توجه به روستای نزدیک به آن نام‌گذاری شده است. مانند شهرک ۳،۲،۱ یا کرکرای ۲،۱ و سراب ۲،۱. در منطقه معدنی واحدهای سنگی کرتاسه پسین تا کواترنری رخنمون یافته‌اند، از نقطه نظر گستردگی، واحدهای سنگی الیگوسن– میوسن از رخنمون بیشتری برخوردار هستند که سنگ میزبان کانی‌سازی آهن نیز تشخیص داده شده‌اند. توالی چینه‌شناسی منطقه از قدیم به جدید شامل (شکل ۲ تا ۴):

(۱) شیل‌های سیاه رنگ کرتاسه بالایی– پالئوسن با میان لایه‌های آندزیتی است که ارتباط ژنتیکی بین این واحدها و ماده معدنی تشخیص داده نشده است.
(۲) کنگلومرا، برش و توف ماسه‌ای ائوسن به ستبرای حداکثر ۱۰۰۰ متر رخنمون یافته در دره شهرک که می‌توان از آنها به عنوان هم‌ارز سازند کرج نام برد. این واحدهای سنگی نیز فاقد کانه زایی می‌باشند.
(۳) ماسه‌سنگ، توف ماسه‌ای و کنگلومرا به رنگ سفید که هم ارز توالی بالای سازند سرخ زیرین و قسمت پایین سازند قم است.
(۴) واحد الیگوسن بالایی ولکانیک و سنگ‌های آتشفشانی اسیدی که شامل ریولیت، داسیت و توف شیشه‌ای ریولیتی است که اغلب در زیر آهک آکیتانین قرار دارد و هم‌ارز قسمت‌های پایینی سازند قم می‌باشند. اغلب روی این سنگ‌ها عدسی‌هایی از کانی‌سازی مگنتیت دیده می‌شود.
(۵) آهک کریستالین که در پاره‌ای نقاط دولومیتی نیز می‌باشد و فسیل‌های آن سن آکیتانین را نشان می‌دهند (مصطفوی. ۱۳۷۵). اغلب کانه زایی آهن در ارتباط با واحدهای ریولیتی و زیر آهک‌های این واحد و یا در بین لایه‌های آهکی می‌باشند.

(۶) آندزیت که به طور پراکنده در روی واحد آهکی و نیز به طور بخشی بر روی ریولیت‌ها و یا توف‌های اسیدی رخنمون یافته اند.

روش مطالعه

در این پژوهش با انجام مطالعات صحرایی و شناسایی واحدهای سنگی، آثار تکتونیکی و گسل‌ها مطالعات مقطع نازک به تعداد ۷۰ نمونه انجام گردید. و با تشخیص کانسنگ موردنظر نمونه‌برداری انجام گردید و برای مطالعات کانه‌نگاری تعداد ۵۰ نمونه مقاطع صیقلی تهیه و مطالعه گردید. سپس از ۱۵ نمونه فاقد آلتراسیون آنالیز شیمیایی به روش ICP-MS توسط شرکت Als-Chemex کانادا و ۶ نمونه به روش XRF در مرکز کانساران بینالود تهیه گردید و بر این اساس طبقه‌بندی سنگ‌ها، سری‌های ماگمایی و محیط تکتونیکی بررسی و معرفی شد. دقت آنالیز، براساس آنالیزهای تکراری، برای عناصر اصلی ۱٪ است درحالی که بیشتر عناصر جزئی دارای عدم اطمینان ۵٪ هستند. در نهایت برای ترسیم نمودارهای ژئوشیمیایی سنگ کل، از نرم افزارهای IG PET 2007 و Excel 2007 استفاده شده است.



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

توده‌های نفوذی از نوع تونالیت، دیوریت تا میکروگابرو نیز در بین سنگ‌های آتشفشانی و گاه آهک قم نفوذ کرده است که کنتاکت آن‌ها با سنگ‌های آهکی اسکارنی بوده و رخساره درجه بالایی از کنتاکت متامورفیسم قابل مشاهده است. محدوده شهرک در پایانه شرقی گسل قینرجه- چهارتاق قرار دارد. علاوه بر آن گسل‌های فرعی دیگری نیز وجود دارند که تاثیر اندکی بر زمین شناسی منطقه مورد مطالعه داشته اند. این گسل‌ها را می‌توان به دو گروه تقسیم‌بندی نمود:

(۱) گسل‌هایی با روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق احتمالا در ارتباط با فعالیت‌های پرکامبرین (صمیمی‌نمین و همکاران، ۱۳۷۳) که به‌صورت پلکانی می‌توان آنها را در خارج از منطقه مورد مطالعه نیز تعقیب کرد (شکل ۳).

(۲) گسل‌هایی با روند شمال خاوری-جنوب باختری کهر روند گسل‌های دسته اول عمود می‌باشندو احتمالا در ارتباط با فعالیت‌های مزوزوئیک بوده‌اند (قربانی، ۱۳۷۸) (شکل ۳).

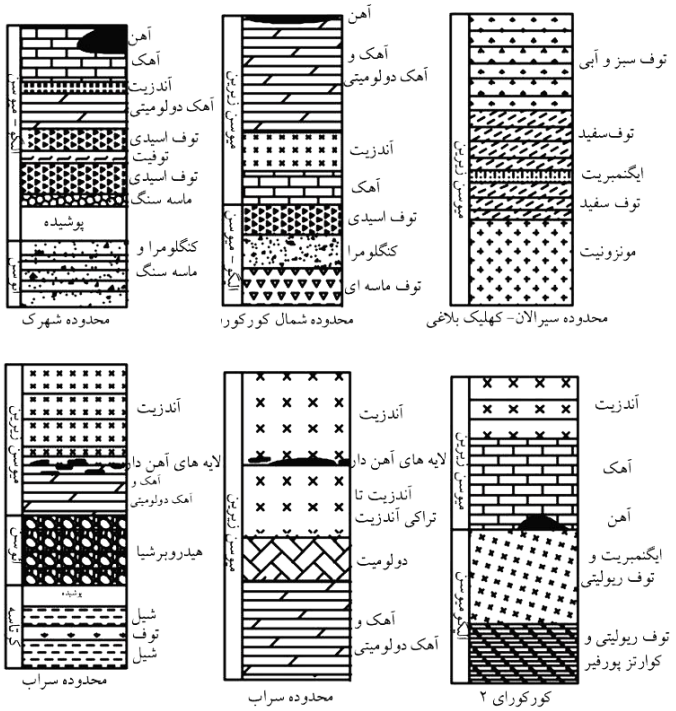
ماگماتیسم منطقه شهرک

فعالیت‌های ماگمایی در منطقه شهرک از ائوسن آغاز و تا میوسن ادامه یافته است. در برخی از دوره‌های زمانی مانند الیگوسن پسین- میوسن پیشین فعالیت‌های ماگمایی تشدید گردیده است که در بین آنها رخنمون‌های ولکانیکی از شدت بیشتری در مقایسه با پلوتونیک‌ها برخوردار می‌باشند. فعالیت‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن در دره شهرک مانند آنچه در البرز و آذربایجان که سازند کرج را به‌وجود آورده است (با رخساره و لیتولوژی متفاوت)، در منطقه شهرک و به‌طور کلی منطقه تکاب قابل توجه نیست (قربانی، ۱۳۷۸). فعالیت‌های ماگمایی از الیگوسن پیشین تا کواترنری آغازین بسیار شدید است که به به سه گروه قابل تقسیم هستند:

الف) ولکانیسم اسیدی که شروع آن گاه با توف‌های داسیتی، ریوداسیت، داسیت، ریولیت و گاه ایگنمبریت همراه بوده است که بیشتر در الیگوسن پسین رخ داده است.

ب) پلوتونیسم حدواسط تا اسیدی که به صورت توده‌های نفوذی کوچک دیوریتی، گرانیتی تا کوارتز پورفیری ظاهر شده است.

ج) ولکانیسم آندزیتی که زمان نسبتاً طولانی از الیگوسن تا آخر میوسن پیشین در منطقه قابل رویت است (شکل ۵-۱ب).

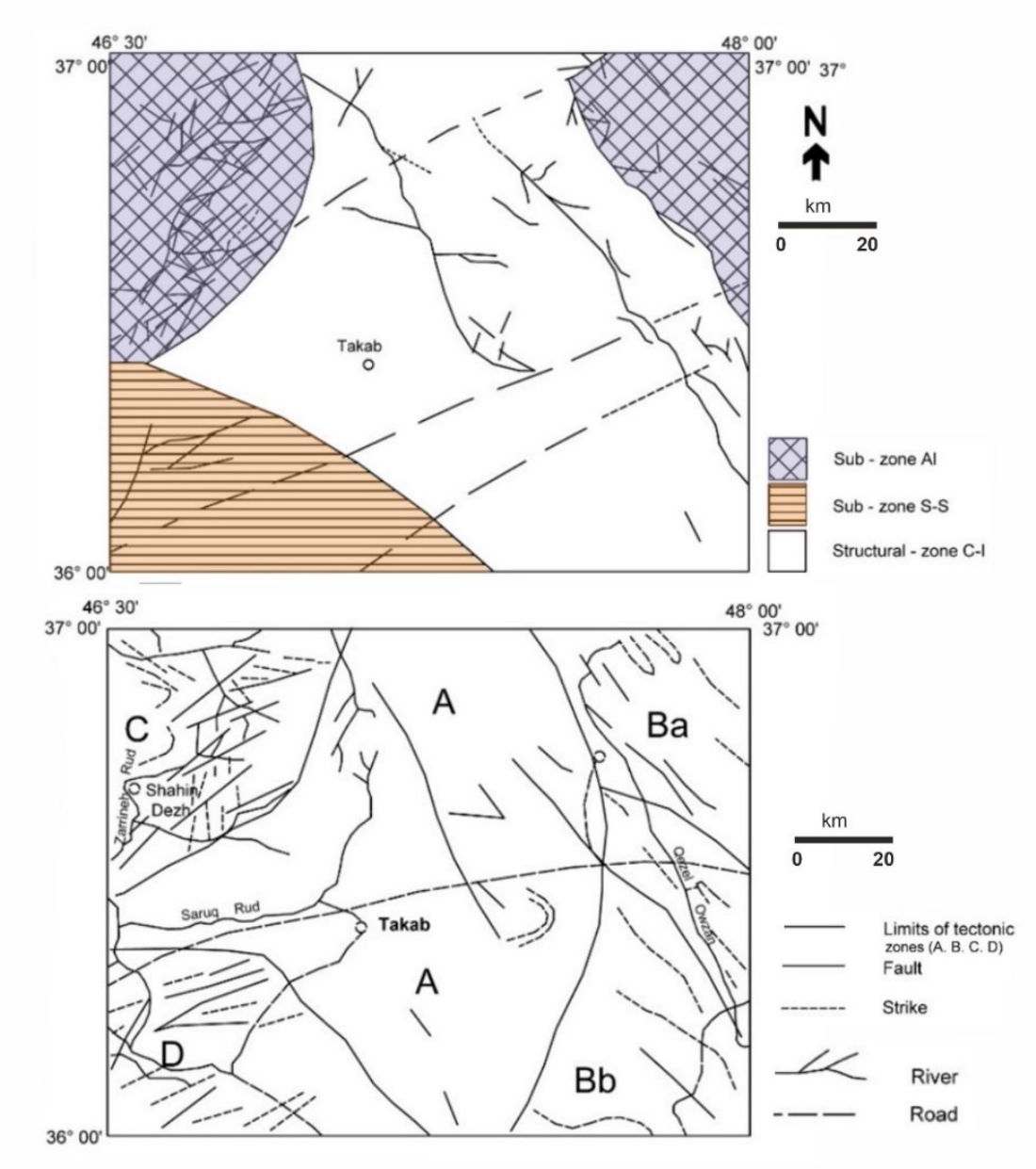


شکل۲: ستون لیتواستراتیگرافی در چند محدوده کانه‌دار در ناحیه معدنی شهرک

پتروگرافی سنگ‌های ماگمایی منطقه معدنی شهرک

ریولیت و ریوداسیت: بافت غالب در ریولیت‌ها بافت پورفیریک با خمیره میکروگرانولار- شیشه‌ای است که از هم‌رشدی کوارتز و فلدسپات‌آلکالن ایجاد می‌شود. در این سنگ‌ها حدود ۳۰ درصد حجم سنگ را فنوکریست و حدود ۷۰ درصد سنگ را خمیره تشکیل می‌دهد. فنوکریست‌ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، فلدسپات‌آلکالن و بیوتیت (کلریتی شده) می‌باشند و خمیره سنگ نیز از کوارتز، فلدسپات‌آلکالن و شیشه اسیدی تشکیل شده

است. کانی‌های فرعی شامل کانی‌های اپاک از جمله اکسید آهن می‌باشند. فنوکریست‌های کوارتز (شکل ۵-۱-ج) دارای خلیج‌خوردگی و گردشده و در برخی نمونه‌ها همراه با مگنتیت هستند. فنوکریست‌هایپلاژیوکلاز و فلدسپات‌آلکالن کاملاً به سریسیت و کانی‌های رسی دگرسان شده‌اند و فقط قالبی از آن‌ها قابل مشاهده است.

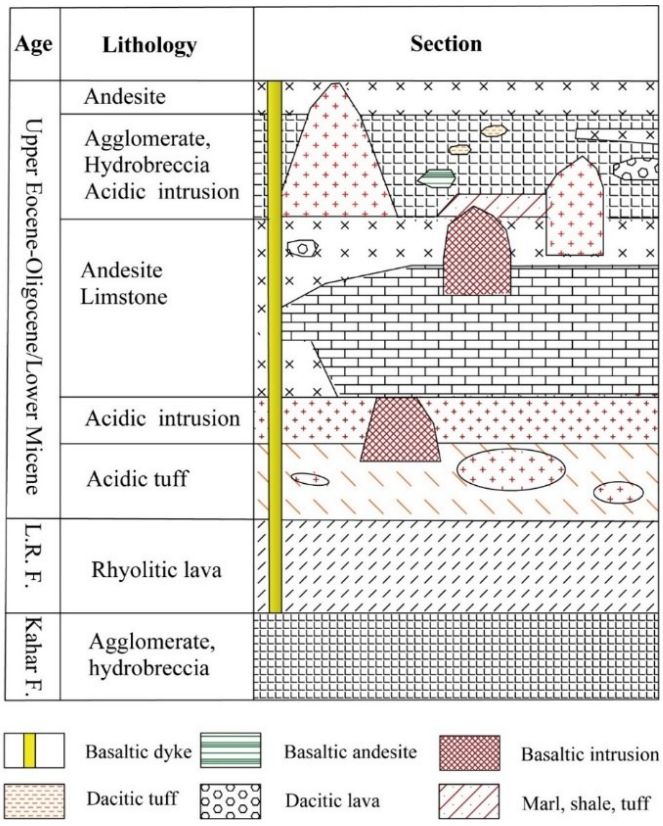


شکل ۳: زون‌های تکتونیکی منطقه تکاب (اقتباس از کتاب زمین‌شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی،۱۳۸۶).

کریستال توف ریولیتی (توف اسیدی): بافت این سنگ‌ها ولکانوکلاستیک است. فنوکریست‌ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز (درصد حجمی کم)، فلدسپات‌آلکالن بوده که در خمیره‌ای از کوارتز، فلدسپات‌آلکالن، شیشه و کلسیت قرار می‌گیرند. توزیع فنوکریست‌ها در سنگ به‌صورت ناهمگن

می‌باشد. فنوکریست‌های کوارتز عموماً بی‌شکل و گاهی زاویه‌دار و گوشه‌دار هستند. فنوکریست‌های فلدسپات‌آلکالن به کانی‌های رسی و سریسیتی دگرسان شده‌اند و معمولاً به صورت بی‌شکل دیده می‌شوند و غالباً فقط قالبی از آن‌ها باقی مانده است (شکل ۵-۱).

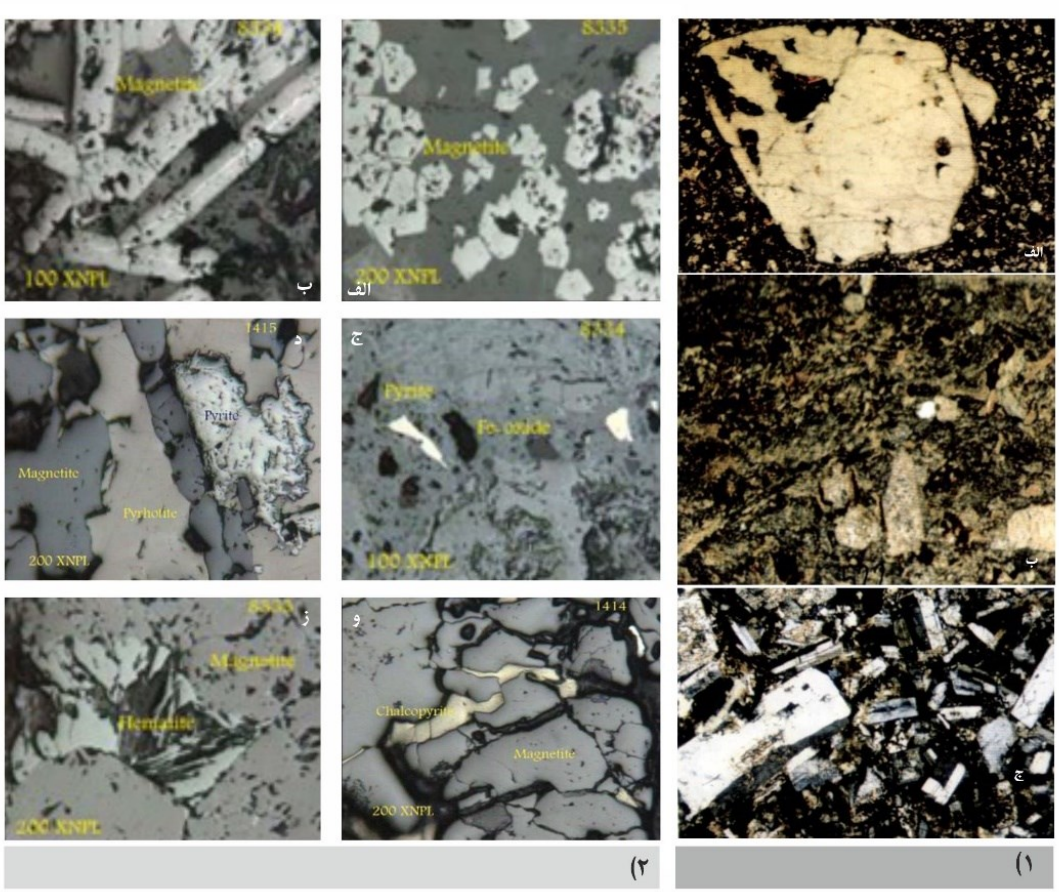
آندزیت‌ها: آندزیت‌ها دارای بافت پورفیریک با خمیره میکرولیتی- شیشه‌ای، پوئی‌کلیتیک و بافت گلومروپورفیری هستند. حدود ۶۰ درصد سنگ را فنوکریست و ۴۰ درصد را خمیره تشکیل می‌دهد.



شکل ۴: ستون لیتواستراتیگرافی منطقه شهرک (اقتباس از کتاب زمین‌شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران،۱۳۸۶).

کانه‌نگاری

مگنتیت: کانی فلزی اصلی در تمامی نمونه‌ها است. دارای اشکال اتومورف، ساب اتومورف) گاهی به صورت دانه‌هایی به شکل باریک و کشیده دیده می‌شود. مگنتیت حدود ۷۰-۱۵ درصد حجمی نمونه‌ها را تشکیل می‌دهند. بلورهای مگنتیت تحت فرآیند آلتراسیون سوپرژن در حال تبدیل به هماتیت هستند. این کریستال‌ها گاهی دارای بافت نیمه‌فشرده هستند و در حفرات برخی از این کریستال‌ها کانی پیروتیت به صورت انکلوزیون دیده می‌شود. پیریت و پیروتیت: پیریت و پیروتیت به ترتیب در نمونه‌های مطالعه شده بین ۴۰-۸ و ۲۰-۲ درصد حجمی در تغییر است. پیریت‌ها دارای بافت Open space filling هستند. اغلب در این کانی آلتراسیون دیده نمی‌شود. گاهی در فضای بین کریستال‌های مگنتیت مشاهده می‌شود. کالکوپیریت: فراوانی این کانی در نمونه‌های مطالعه شده کمتر از ۱۰ درصد حجمی است و بافت آن پرکننده فضاهای خالی می‌باشد. این کریستال‌ها اغلب دارای شکل غیرهندسی نامشخص و به صورت ادخال های در متن کانی پیروتیت و گاه در فواصل بین کریستال‌های سایر کانی‌های فلزی تشکیل شده‌اند. اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن: دارای فراوانی کمی هستند (شکل ۱۵). گاهی در فضاهای خالی سنگ میزبان و در فواصل بین بلورهای مگنتیت مستقر شده‌اند وگاهی نیز در قالب اتومورف و ساب‌اتومورف نوعی کانی مشاهده می‌شوند. گاهی از آلتراسیون شدید پیریت حاصل شده‌اند.



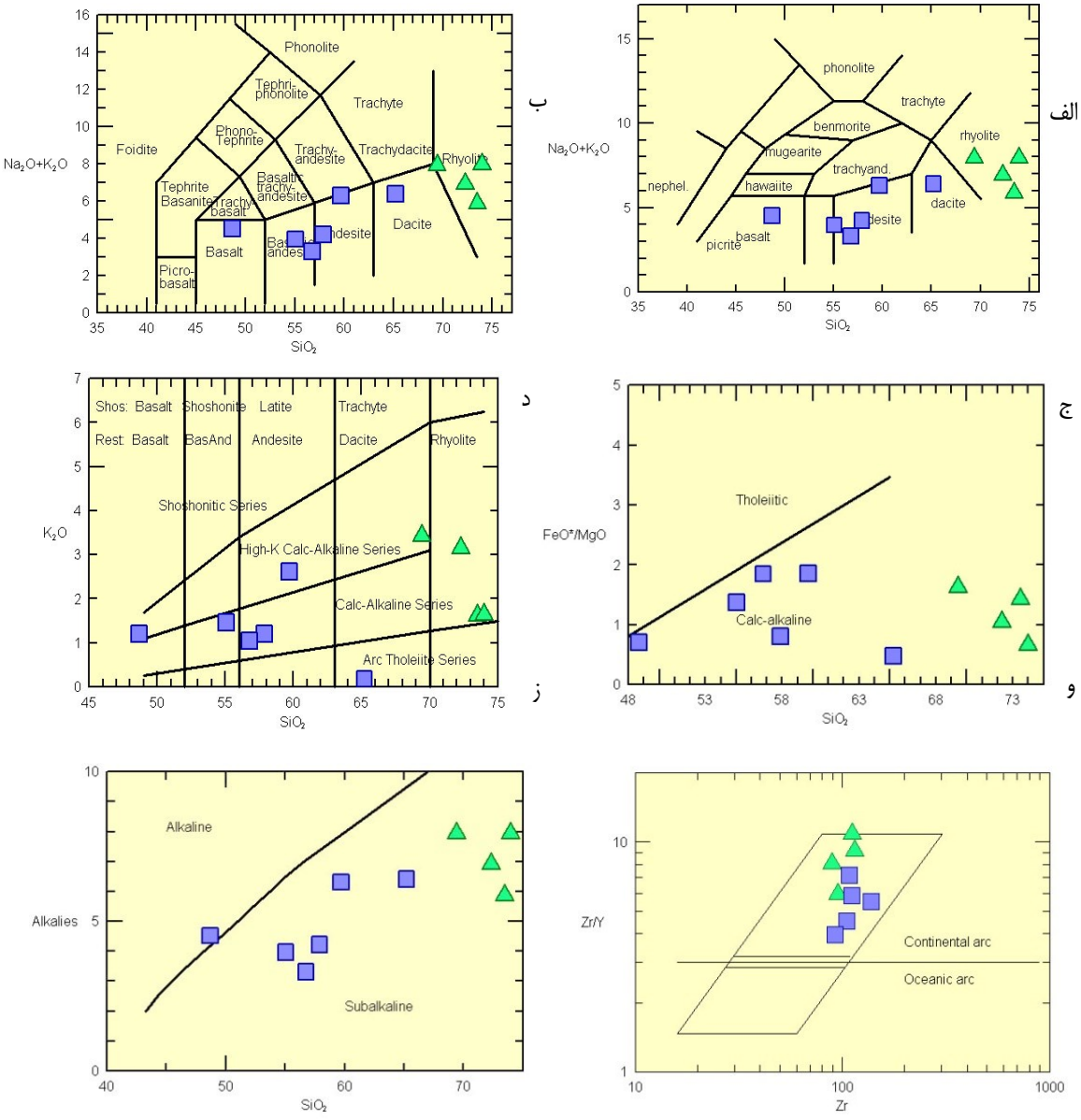
شکل ۵: بلورهای درشت مگنتیت و نمایی از اکسیدهای آهن، بلورهای کشیده مگنتیت، بلورهای اتومورف و ساب‌اتومورف مگنتیت، فاز سولفیدی که متشکل از پیریت می‌باشد، کانی کالکوپیریت به صورت بین کانیایی در بین کانی مگنتیت تشکیل شده، فراوانی کانی پیروتیت به همراه دیگر کانیهای موجود و بلورهای کشیده هماتیت.

جدول ۱: نتایج تجزیه شیمیایی نمونه سنگ‌های منطقه مورد مطالعه

Sample	SiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	CaO	MgO	Na2O	K2O	TiO2	MnO
SH24	73.98	15.45	0.51	0	0.43	0.696	6.31	1.64	0.28	0.009
SH25	56.77	14.08	6.06	4.28	8.88	2.953	2.26	104	0.7	0.114
SH26	69.41	13.39	3.03	1.29	2.25	1.677	4.52	3.42	0.24	0.033
SH27	59.7	16.3	4.29	2.26	4.55	2.075	3.7	2.61	0.53	0.054
SH28	65.22	16.16	0.99	0	6.33	1.874	6.22	0.18	0.47	0.021
SH29	55.06	13.99	6.37	4.19	6.78	4.193	2.5	1.46	0.68	0.125
Sample	P2O5	Co	Cr	Cu	Ga	Hf	La	Nb	Nd	Ni
SH24	0.055	0	34	1	19	5	29	5	7	2
SH25	0.106	22	14	28	18	5	14	4	12	7
SH26	0.075	4	2	4	18	5	20	6	9	1
SH27	0.174	9	3	3	23	4	9	15	29	1
SH28	0.118	13	12	15	15	4	6	5	15	8
SH29	0.116	21	47	14	19	4	6	1	12	2
Sample	Pb	Rb	Sr	Th	U	V	W	Y	Zn	Zr
SH24	2	40	80	9	4	48	14	11	2	89
SH25	10	29	211	2	2	169	0	15	26	108
SH26	5	63	150	8	2	50	13	16	8	95
SH27	8	64	265	8	0	65	0	25	18	138
SH28	4	5	390	6	1	96	523	4	18	120
SH29	7	47	194	4	3	159	4	19	55	111

رده‌بندی شیمیایی سنگ‌های منطقه شهرک

ترکیب سنگ‌شناسی نمونه‌های ولکانیکی مشابهت زیادی با نتایج حاصل از پتروگرافی دارند (جدول ۱ و شکل ۶)، این در حالی است که برخی از اختلاف مشاهده شده در رده‌بندی شیمیایی نمونه‌های منطقه را می‌توان به عوامل دگرسانی منطقه نسبت داد. نمونه‌های مورد مطالعه منطقه گروه کالک آلکالن واقع شده‌اند (شکل ۶). در نمودار مثلثی Th- Zr/117- Nb/16 (Wood, 1980) و نمودار Ti/100-Zr-Y*3 که نمودار محیط تکتونیکی سنگ‌های ماگمایی را نشان می‌دهد، سنگ‌های مورد مطالعه منطقه در محدوده ماگماتیسم مرتبط با قوس قرار می‌گیرند (شکل ۶)، دیاگرام‌های بهنجار شده به گوشه اولیه و کندریت‌ها حاکی از غنی شدگی از LILE و LREE نسبت به HFSE و HREE دارد (شکل ۷).

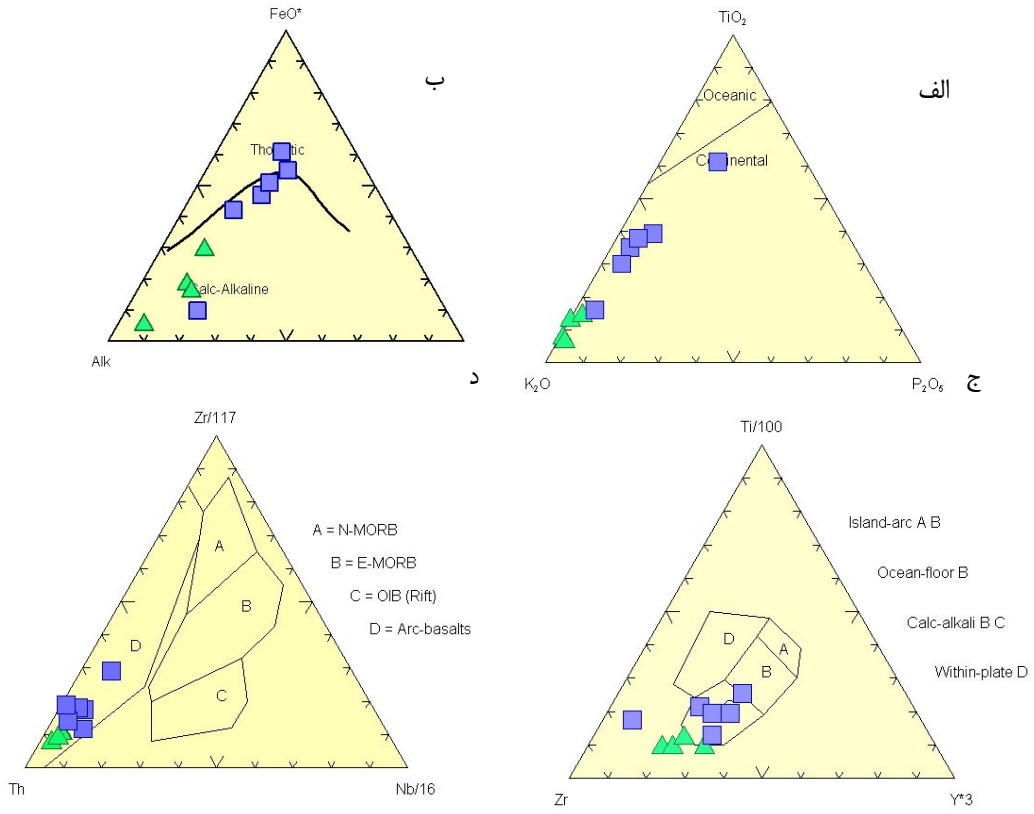


شکل ۶: نمودار Zr/117-Th-Nb/16،(Wood,1980)، آندزیت‌های شهرک ■، ریولیت و ریوداسیت‌های شهرک ▲ نمودار Ti/100-Zr-Y*3، (Pearce & Can,1973) آندزیت‌های شهرک ■، ریولیت و ریوداسیت‌های شهرک ▲

بحث و بررسی

ویژگی‌های فیزیکی و کانی‌شناسی کانسار شهرک

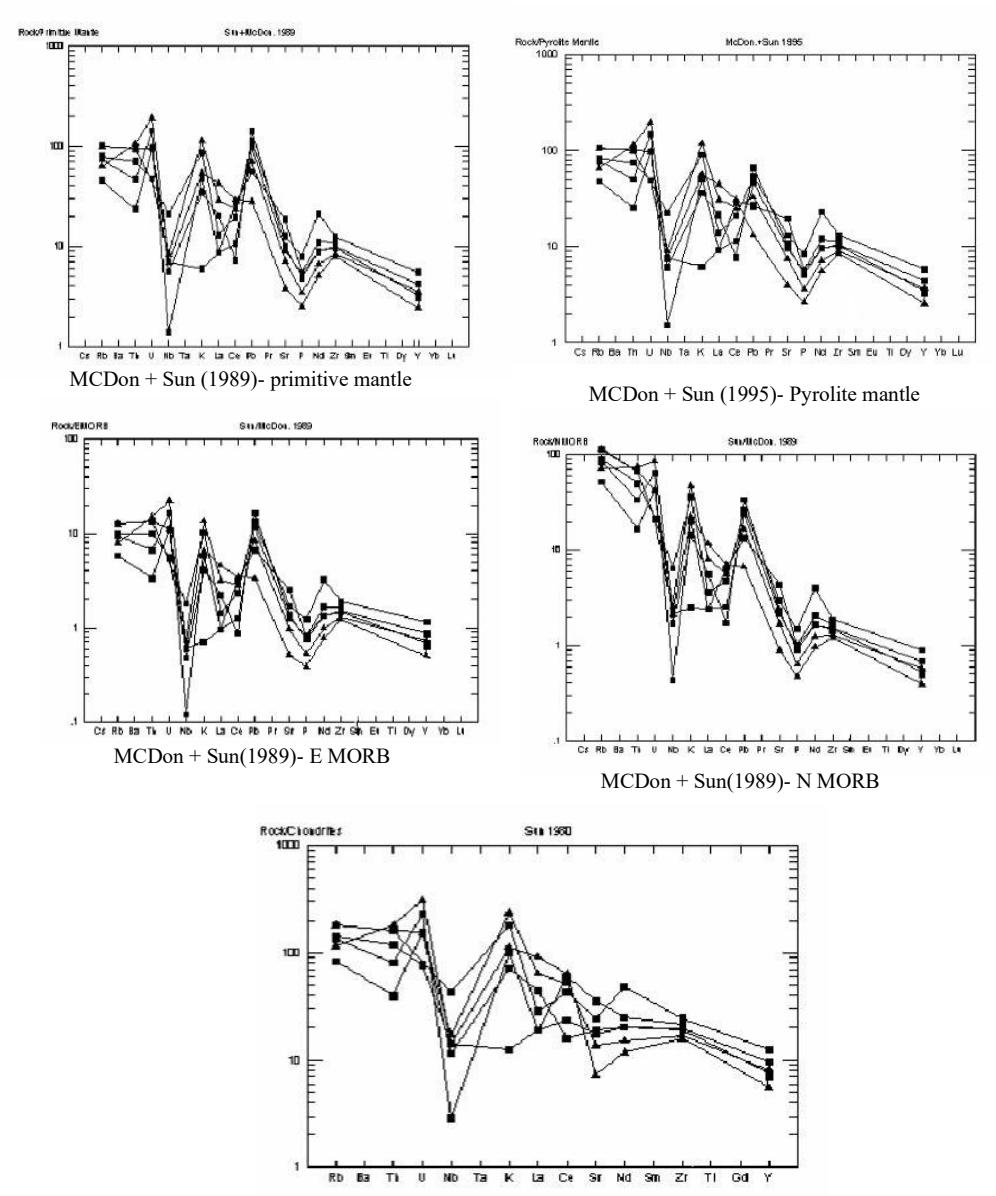
کانسنگ کانسار شهرک در هفت توده معدنی رخنمون دارد که همگی آن‌ها تقریباً در یک افق جای گرفته‌اند. همانطور که شکل ۱ نشان داده شده است اغلب آن‌ها واقع در بخش آهکی سازند قم می‌باشد و در مواردی که بخش آهکی سازند قم رخنمون ندارد، کانسنگ مستقیما بر روی ریولیت‌ها و توف‌های ریولیتی و گاه بر روی نفوذی‌های کوچک واقع می‌شود. هر چند در اغلب موارد کنتاکت شارپ می‌باشد ولی به هرحال نزدیکی کنتاکت بر میزان کانی‌های پروپیلیتی بخصوص اپیدوت افزوده می‌شود که این مسئله در کمر پایین تمام توده‌های معدنی قابل مشاهده است.



شکل ۷: دیاگرام رده‌بندی شیمیایی Cox et al, 1979، آندزیت‌های شهرک ■، ریولیت و ریوداسیت‌های شهرک ▲ دیاگرام رده‌بندی بر اساس کانی‌های نورماتیو، Strekayzen & Lumeter, 1979، آندزیت‌های شهرک ▲، ریولیت و ریوداسیت‌های شهرک ▲

سنگ میزبان به‌طور کلی سنگ‌های آهکی قم، ریولیت‌ها و در پاره‌ای از موارد آندزیت‌ها می‌باشند البته در جایی که لایه‌های آهن خوب برونزد ندارند، کمر بالا آندزیت می‌باشند. در محدوده کانسار شهرک‌ها (شهرک ۱:۳،۲) (در حاشیه کمرپایین کانسنگ) توده‌های نفوذی کوچک و کمژرفا قابل مشاهده است، اما به‌طور کلی در تمام حفاری‌های اکتشافی، هم در جاهایی که آهک قم نازک بوده و گمانه‌ها از آنجا گذشته‌اند و هم در جاهایی که آهک قم وجود ندارد، گمانه‌ها در ژرفا به ریولیت، توف‌های اسیدی و نفوذی‌های کوچک کم‌ژرفا رسیده‌اند. در تمام توده کانی‌سازی شده در کانسار شهرک، کانی‌سازی اصلی از نوع مگنتیتی می‌باشد. هرچند به همراه کانی‌سازی اصلی مگنتیتی، کانی‌های فرعی مانند پیریت، کالکوپیریت، پیروتیت و کانی‌های ثانویه اکسیدهای آهن مانند گوتیت و هماتیت نیز دیده می‌شود. اکسیدهای هماتیت و گوتیت اولیه نیستند و مقدار آن‌ها در کانسنگ خیلی کم است. کانی پیریت معمولاً در عمق بیشتر ظاهر می‌شود. با افزایش ژرفای کانی‌سازی بر مقدار آن افزوده می‌شود.

میزان پیریت بر پایه مغزه‌های حفاری در توده‌های شهرک متغیر است، به‌طوری‌که در محدوده کانسارهای سراب و شهرک ۳ کمترین میزان پیریت مشاهده می‌شود (البته ستبرای کانی‌سازی آهن این محدوده‌ها نیز کم می‌باشد. در واقع عوامل مؤثر بر فرسایش در مقایسه با توده‌های دیگر بیشتر عمل کرده است).



شکل ۸: نمودارهای عنکبوتی نمونه‌های منطقه معدنی شهرک

در کانسار شهرک ۲، بیشترین مقدار پیریت قابل مشاهده است، بخصوص در مغزه‌های حفاری با عمق ۳۰ متری افزایش مقدار پیریت شایان توجه بوده است. علت این امر این است که کانسار شهرک ۲ از یک طرف به دلیل مرتفع بودن و سرد بودن و از طرف دیگر تکتونیکی بودن کمتر در معرض عوامل فرسایش قرار گرفته است. در حقیقت توپوگرافی فعلی محدوده کانسار تا حدود زیادی در کنترل میزان سولفید (موجود در پیریت) مؤثر بوده است، به‌طوری‌که در جاهایی که توپوگرافی ملایم بوده، به‌دلیل اینکه عمل شستشو خوب انجام شده است، از میزان سولفید به مقدار

قابل توجهی کاسته شده است و از سوی دیگر هرچه کانسنگ تکتونیزه‌تر بوده، این عمل با درجه بیشتری مؤثر بوده است. زیرا آب‌های جوی خوب نتوانسته‌اند نفوذ نمایند و عمل شستشو را کامل کنند. به‌طور کلی هرجا کانی‌سازی دارای وسعت زیاد و ضخامت کم باشد، مقدار سولفید به دلیل شستشو کم می‌شود. در عمل فرسایش کانی مگنتیت کانی پایدار و کمتر دچار تجزیه قرار می‌گیرد و این در حالی است که سولفیدها مانند پیریت ناپایدار هستند و زودتر مورد تجزیه قرار می‌گیرند و این یک امر طبیعی است که در اغلب کانسارهای آهن ایران قابل مشاهده است. با توجه به مطالعات مقاطع صیقلی کانی‌های فلزی در نمونه‌های مطالعه شده در دو فاز اکسیدی شامل مگنتیت و اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن مانند هماتیت و گوتیت و فاز سولفیدی شامل پیریت، کالکوپیریت و پیروتیت تشکیل شده‌اند.

خاستگاه

در ارتباط با خاستگاه این کانسار مواردی متعددی مطرح می‌گردد که از جمله:

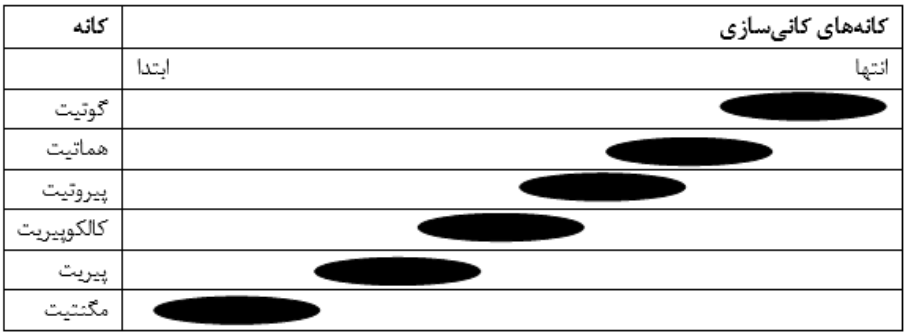
(۱) کانی اصلی این کانسار مگنتیت است و کانی‌های فرعی مانند پیریت، کالکوپیریت و پیروتیت نیز به طور فرعی همراه آن‌ها یافت می‌شود. (۲) سنگ‌های فراگیر ماده معدنی به جز واحد سنگ آهکی قم اغلب سنگ‌های آتشفشانی می‌باشند که غالب آنها از نوع ریولیت، توف‌های ریولیتی و توده‌های نفوذی کم ژرفا و حجم گسترده‌ای آندزیت می‌باشند. علی رغم حضور سنگ‌های آندزیتی نیز در محدوده‌های مجاور کانی‌سازی (در پیرامون محدوده کانی‌سازی حجم بسیار بیشتر در سنگ‌های اسیدی دارند)، ماده معدنی اغلب در ارتباط با سنگ‌های آتشفشانی ریولیتی و داسیتی می‌باشد. هرچند در خیلی از محدوده‌ها افق آهن‌دار کاملاً بر روی آهک و یا زیر آن قرار گرفته است و یا گاهی به‌ندرت حالت بین انگشتی دارد، اما کنتاکت با سنگ‌های آهک خیلی واضح است و تقریباً فاقد کانی‌سازی‌های اسکارن می‌باشد.

(۳) سنگ‌های آتشفشانی حجم غالب سنگ‌های ماگمایی منطقه را تشکیل می‌دهند، این سنگ‌ها همان‌طور که گفته شد به سری کالکوآلکالن تعلق دارند و همگی به یک ماگما تعلق دارند که در نتیجه روند تفریق انواع سنگ‌های منطقه را تشکیل می‌دهند و در یک آشیانه ماگمایی متحول شده‌اند.

(۴) تقریباً تمام عدسی‌های آهن در یک افق می‌باشند و پاره‌ای عدسی‌ها مانند کرکرا ۱ و ۲ و چشمه به احتمال توسط فرآیندهای فرسایشی از هم جدا شده‌اند. همچنین تفکیک شهرک ۱ و۳ خیلی نامشخص و غیر قابل تفکیک می‌باشد. در این راستا می‌توان حدس زد که حدود نیمی از ذخیره آهن شهرک فرسایش یافته باشد. بر مبنای مطالعات صحرایی، پتروگرافی و مینرالوگرافی توالی تشکیل کانه‌ها در محدوده معدنی مورد مطالعه به ترتیب شامل مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، پیروتیت و اکسیدهای آبدار آهن می‌باشند (شکل ۵-۲-د).

(۵) در برخی از نقاط منطقه شهرک ساختارهایی مشاهده می‌شود که حاکی از آن است که مذاب مگنتیتی به صورت پسودومورف جایگزین آهک‌های مرجانی در زمانی که سنگ‌های آهکی هنوز خوب دیاژنز نیافته‌اند، شده است (شکل ۶).

(۶) شواهد صحرایی حکایت از این دارد که محدوده کورکورا ۱ و ۲ و چشمه، ساختار کالدرایی دارند که بعداً توسط نفوذی‌های کوچک که در آن‌ها نفوذ کرده‌اند، شکل واقعی آن به هم ریخته است. شایان ذکر است بیشترین ذخیره آهن در همین محدوده است.



شکل ۹: توالی کانی‌سازی در کانسنگ کانسار شهرک

با توجه به آنچه گفته شد و با توجه به بررسی‌های صحرایی و مقایسه ویژگی‌های کلی زمین‌شناسی محدوده معدنی و شکل کانی‌سازی، کانسار شهرک را باید یک کانسار آتشفشان‌زاد دانست و می‌توان تصور کرد که بخشی از کانی‌سازی به‌صورت جریان گدازه مگنتیتی (فلوی مگنتیتی) به‌وجود آمده باشد.

شکل ۱۰: جایگزینی مذاب مگنتیتی در آهک مرجانی

در منطقه شهرک در زمان الیگوسن تا میوسن زیرین در نتیجه تفریق و تحول در یک مخزن ماگمایی بزرگ به وسعت چندین کیلومتر مکعب (با توجه به حجم سنگ‌های آتشفشانی) به دو ماگمای ریولیتی در بالا و آندزیتی در پایین تفکیک شده است. ماگمای ریولیتی تفریق شده به خاطر ماهیت تشکیل، از آب و اکسیژن فقیر بوده و درجه حرارت آن در مقایسه با ماگمای آندزیتی نسبتاً پایین است. بنابراین کانی‌های مصرف کننده آهن ماگمای اسیدی مانند بیوتیت و آمفیبول به علت حرارت کم و کمبود آب ماگما تشکیل نشده‌اند .در این شرایط یک مذاب مگنتیتی از مذاب‌های آندزیتی و ریولیتی تفکیک شده است. مذاب مگنتیتی را فومورال‌های دیگر مانند H_2S و بخار آب همراهی می‌کرده‌اند و در نتیجه این مذاب مگنتیتی آنقدر سنگین نبوده است که در زیر دو مذاب دیگر قرار گیرد و بیشتر در روی آندزیت‌ها و حاشیه ریولیت تا بالای آن‌ها در آشیانه ماگمایی قرار گرفته است. بنابراین، پس از فوران ماگمای ریولیتی و قبل از فوران ماگمای آندزیتی، این گدازه نیز بیرون ریخته و عدسی‌های آهن را تشکیل داده است. گدازه مگنتیتی که در حجم کم در مقایسه با حجم ماگمای ریولیتی به صورت فلوی مگنتیتی فوران نموده است، مانند یک گدازه عمل نموده است که آن را فلوی مگنتیتی نامگذاری نموده‌ایم.

نتیجه‌گیری

در منطقه معدنی شهرک واحدهای سنگی الیگوسن– میوسن از گسترش زیادی برخوردارند که سنگ میزبان کانی‌سازی آهن می‌باشند. فعالیت‌های ماگمایی در زمان الیگوسن بالا– میوسن زیرین در منطقه با برتری سنگ‌های آتشفشانی اسیدی در مقابل بازیک قابل تشخیص است. فعالیت‌های ماگمایی در زمان الیگوسن– میوسن در منطقه شهرک به سه شکل بوده است: ۱– ولکانیسم اسیدی۲– پلوتونیسم متوسط تا اسیدی۳– ولکانیسم آندزیتی. سنگ‌های ماگمایی منطقه شهرک به شکل زیر دسته‌بندی می‌شوند: (۱) سنگ‌های آتشفشانی اسیدی شامل ریولیت، ریوداسیت و توف‌های وابسته، (۲) سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی و آندزیت– بازالتی، (۳) سنگ‌های نفوذی کم عمق شامل تونالیت، دیوریت و گرانودیوریت. تمامی واحدهای مورد مطالعه منطقه به سری ماگمایی به سری ماگمایی کالک آلکالن تعلق دارند و از نظر محیط تکتونیکی در محیط کوهزایی مناطق

فرورانش قرار می‌گیرند. در تمام توده کانی‌سازی شده در کانسار شهرک، کانی‌سازی اصلی از نوع مگنتیتی می‌باشد. هرچند همراه کانی‌سازی، کانی‌های فرعی مانند پیریت، کالکوپیریت، پیروتیت و کانی‌های ثانوی اکسیدهای آهن مانند هماتیت، گوتیت نیز دیده می‌شوند.

با توجه به بررسی‌های صحرایی و مقایسه ویژگی‌های کلی زمین‌شناسی محدوده معدنی و شکل کانی‌سازی، کانسار شهرک را باید یک کانسار آتشفشان‌زاد دانست و می‌توان تصور کرد با توجه به شواهد بخشی از کانی‌سازی به صورت فلوی مگنتیتی بوده است. به عبارت دیگر، فرم و چگونگی رخنمون این کانسار ولکانوژنیک موید یک کانسار به صورت فلوی مگنتیتی می‌باشد. خاستگاه‌های ذکر شده برای کانسار نظیر اسکارنی و ولکانوژنیک نمی‌تواند تمام شواهد موجود در کانی‌سازی و شکل ماده معدنی را در کانسار توجیه کند. در مورد خاستگاه اسکارنی کانی‌سازی خاص و گسترده‌ای از نوع اسکارن در شهرک مشاهده نمی‌شود. بیشترین اکسید آهن در این کانسار مگنتیت است و همراه آن مقادیر محدودی هماتیت وجود دارد.

منابع

رحیم زاده، ف، الیگوسن میوسن پلیوسن، طرح تدوین کتاب، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۳، ۳۱۱ص

رولینسون، ه آر، کاربرد داده‌های زمین شیمیایی، ترجمه دکتر فرید مر و سروش مدبری، مرکز نشر دانشگاهی.

صمیمی نمین و همکاران،۱۳۷۰، گزارش نقشه زمین شناسی کانسار شهرک آهن، شرکت آهن آجین.

علوی نائینی و همکاران، ۱۹۷۶، نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ تکاب، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۹۷۶

علوی نائینی و همکاران، گزارش نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ تکاب، سازمان زمین شناسی، ۱۹۸۲

قربانی، م، ۱۳۷۸، بررسی پترولوزیکی سنگ‌های ماگمایی ترسیر- کواترنز و متالوژنی منطقه تکاب، پایان‌نامه دکتری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

قربانی، م، زمین شناسی اقتصادی کانسارها و نشانه‌های معدنی ایران، انتشارات آرین زمین، ۱۳۸۷، ۵۷۰ص

قربانی، م، زمین شناسی ذخایر معدنی و طبیعی ایران، انتشارات آرین زمین، ۱۳۸۶، ۵۱۵ص

مصطفوی، ۱۳۷۴، چینه‌شناسی و فسیل شناسی منطقه شهرک تکاب (خاور تکاب)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.

References

Brown, L.L., McEnroe, S.A., Harrison,R.J., 2005, Rock Magnetic properties of samples from El Laco magnetite Flow, High Andes, Chile, with particular attention to high coercivity materials,

Irvine,T.N and Baragar,W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, Earth Sci, 8, 523-770.

Le Maitre et al, 1989, Classification and Nomenclature of Igneous rock and Glossary of terms.

Le. Bas.M.J., Le. Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986, A chemical classification of volcanic rocks on the total alkali- Silica diagram. Jornal of petrology, 27(3), 745- 750.

Middlemost.A.K., 1994, Toward a Comprehensive Classification of Igneous rocks and magma, Earth sci. Rev.37, 215- 224

Pearce, J., Cann,J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth Planet. Sci. Lett, 19,290-300.

Pearce,T.H., Gorman, B,E., Birkett,T.C., 1977, The relationship brtween magor element and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks, Earth planet. Sci. Lett,36,121-132.

Rollinson,H.R., 1993, Using Geological Data: evolution…., Longman scientific & technical, pp 442.

Streckeisen, A., Le Maiter, R.W., 1979, A chemical approximation to the modal QAPF classification of igneous rocks, Neues Yahrb mineral, Abh, 136, 169-206.

Sun and McDonough,W.F.,1989, Chemical and isotopic systematic of Oceanic basalts,Geol. Soc. London.Spec. Pub.42,pp.313-345.

Wood, D. A., 1980, The application of a Th-Hf-Ta a diagram to problems of tectonomagmatic classification and establishing the nature of crusta contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth and Planetary science Letters. Volume 50. Issue 1, p 11-30.

Alavi, M., 2004- Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. American journal of Science, 304: 1-20.

Mohajjel, M., Fergusson, C. L. & Sahandi, M. R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran. Journal of Asian Earth Sciences 21, 397-412.

Berberian, M. & King, G. C., 1981- Towards a paleogeography and tectonics evolution of Iran. Canadian Journal ofEarth Sciences 18, 210-265.

Fonoudi, M and Sayareh, A.R., "Geology map of Yassoukand (Ghojor) 1:100000" Geological Survey and Mineral Exploration of Iran (2000) (in Persian).

Allen, M.B., Armstrong, H.A., 2008. Arabia–Eurasia collision and the forcing of mid-Cenozoic global cooling. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 265 (1–2), 52–58.

Babazadeh, S., Raeisi, D., D'Antonio, M., Zhao, M., Long, L.E., Cottle, J.M., Modabberi, S., 2022. Petrogenesis of Miocene igneous rocks in the Tafresh area (Central Urumieh–Dokhtar magmatic arc, Iran): Insights into mantle sources and geodynamic processes. Geol. J. 57(7), 2884–2903.

Chiu, H.Y., Chung, S.L., Zarrinkoub, M.H., Mohammadi, S.S., Khatib, M.M., Lizuka, Y., 2013. Zircon U–Pb age constraints from Iran on the magmatic evolution related to Neotethyan subduction and Zagros orogeny. Lithos 162–163, 162–187.

Madanipour, S., Ehlers, T.A., Yassaghi, A., Enkelmann, E., 2017. Accelerated middle Miocene exhumation of the Talesh Mountains constrained by U–Th/He thermochronometry: evidence for the Arabia-Eurasia collision in the NW Iranian Plateau. Tectonics 36 (8), 1538–1561.

McQuarrie, N., van Hinsbergen, D.J.J., 2013. Retrodeforming the Arabia-Eurasia collision zone: Age of collision versus magnitude of continental subduction. Geology 41 (3), 315–318.

Moghadam, H.S., Griffin, W.L., Santos, J.F., Chen, R.X., Karsli, O., Lucci, F., Sepidbar, F., O'Reilly, S.Y., 2022a. Geochronology, geochemistry and petrology of the Oligocene magmatism in SE segment of the UDMB, Iran. Lithos 416–417, 106644.

Moghadam, H.S., Li, Q.L., Griffin, W.L., Stern, R.J., Santos, J.F., Ducea, M.N., Ottley, C.J., Karsli, O., Sepidbar, F., O'Reilly, S.Y., 2022b. Temporal changes in subduction- to collision-related magmatism in the Neotethyan orogen: The Southeast Iran example. Earth Sci. Rev. 226, 103930.

Pang, K.N., Chung, S.L., Zarrinkoub, M.H., Lin, Y.C., Lee, H.Y., Lo, C.H. Khatib, M.M., 2013. Iranian ultrapotassic volcanism at ~11 Ma signifies the initiation of post-collisional magmatism in the Arabia–Eurasia collision zone. Terra Nova 25, 405–413.

Raeisi, D., Zhao, M., Babazadeh, S., Long, L.E., Hajsadeghi, S., Modabberi, S., 2021. Synthesis on productive, sub productive and barren intrusions in the Urumieh–Dokhtar magmatic arc, Iran, constrains on geochronology and geochemistry. Ore Geol. Rev. 132, 103997.

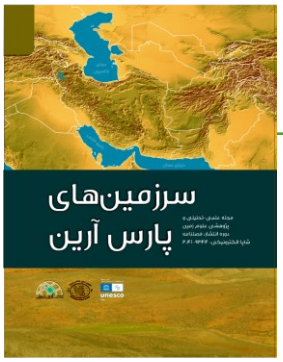
Raeisi, D., Babazadeh, S., Long, L.E., Zhao, M., Cottle, J.M., Nayebi, N., Modabberi, S., 2024. Geochemical and isotopic signatures, and zircon U–Pb ages of the oldest known intrusive rocks associated with porphyry Cu deposits in the central Urumieh–Dokhtar magmatic arc, Iran. J. Geochem. Explor. 256, 107366.

فصلنامه سرزمین‌های پارس آرین
سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۲ صص. ۶۴-۵۱
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.5

مقاله پژوهشی

ارزیابی محتوایی و آماری فرم، سبک و گاهنگاری نسبی سنگ‌نگاره‌های هوراند، آذربایجان شرقی

زهرا ابطحی فروشانی ✉[1]، **رضا سلمانپور**



چکیده

نخستین بارقه‌های مطالعه نقوش صخره‌ای در ایران به سال ۱۳۴۸ در اطراف کوهدشت لرستان برمی گردد. به سبب اهمیت مطالعه نقوش صخره‌ای در ایران از آن زمان تاکنون مطالعات قابل توجهی از سوی باستان-شناسان و انسان‌شناسان در خصوص معرفی و شناخت سنگ‌نگاره‌ها در نقاط مختلف ایران انجام شده است، شالوده بیشتر این مطالعات بر پایه معرفی و بررسی نقوش قرار گرفته و کمتر به بحث تاریخگذاری آنها پرداخته شده است. از نکات جالب توجه در تمامی نقوش صخره‌ای در همه موارد علاوه بر یکپارچگی موضوعی و سبک اجرایی، مشابهت در مکان قرارگیری و موقعیت جغرافیایی این آثار است به گونه‌ای که می‌توان گفت اکثر نقوش صخره‌ای در کنار منابع آبی و در اقلیم‌های نیمه‌خشک ویژه‌ای قرار دارند که پوشیده از سنگ‌ها و صخره‌ها است. در بررسی باستان‌شناسی شهرستان هوراند که به درخواست سازمان میراث فرهنگی استان آذربایجان‌شرقی در سال ۱۳۹۲ به سرپرستی نگارندگان صورت پذیرفت، تعداد ۳۱۰ مکان باستان شناسی شناسایی گردید. در میان این آثار، تعداد پنج محوطه دارای نقوش‌صخره‌ای در دو منطقه قوتانلو و نوقادا شناسایی‌شد. به سبب اهمیت این آثار نقوش صخره‌ای منطقه مذکور با تأکید بر شناخت بافت تاریخی-فرهنگی این آثار و چگونگی ارتباطشان با دیگر محوطه‌های باستانی بررسی شدند و نظر به مجهول بودن زمان و دلایل ایجاد این نقوش، تلاش شده است با توجه به باستان‌شناسی زمین‌سیمای منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. در این پژوهش علاوه بر مطالعات میدانی نقوش از تجزیه‌وتحلیل محتوایی و آماری نقوش و آثار باستانی همجوار نقوش و مقایسه آنها با دیگر نقوش صخره‌ای استفاده شده است. جهت تاریخ‌گذاری نقوش از مطالعه مقایسه‌ای نقوش و مضامین با دیگر نقوش صخره‌ای نقاط مختلف ایران و تاریخ‌گذاری‌های ارایه شده برای آنها نیز استفاده شد. از نتایج پژوهش می‌توان به تاریخ‌گذاری نقوش در حدود هزاره سوم تا اول ق. م.(عصرمفرغ تا عصرآهن)، کاسته‌شدن تدریجی نقوش انسانی در طی زمان، ارجحیت نقش بزکوهی در تمام نقوش و افزایش کاربرد سبک خطی نسبت به سبک حجمی در دوران جدیدتراشاره‌کرد.

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱
انتشار برخط: ۱۴۰۲/۱۲/۴

واژگان کلیدی
سنگ‌نگاره،
هوراند،
زمین باستان شناسی،
باستان شناسی،
آذربایجان

وابستگی نویسنده
دانشجوی دکتری باستانشناسی
دانشگاه تهران

استناد: ابطحی فروشانی، زهرا، رضا، سلمانپور (۱۴۰۲). ارزیابی محتوایی و آماری فرم، سبک و گاهنگاری نسبی سنگ‌نگاره‌های هوراند، آذربایجان شرقی، *سرزمین های پارس آرین، سال اول، شماره دوم* (۶۴-۵۱)
شناسه دیجیتال: DOI:10.61186/jpat.2024.2.5
ناشر: مرکز پژوهشی زمین شناسی آرین زمین © نویسندگان.

[1] z.abtahi_frooshani@yahoo.com

مقدمه

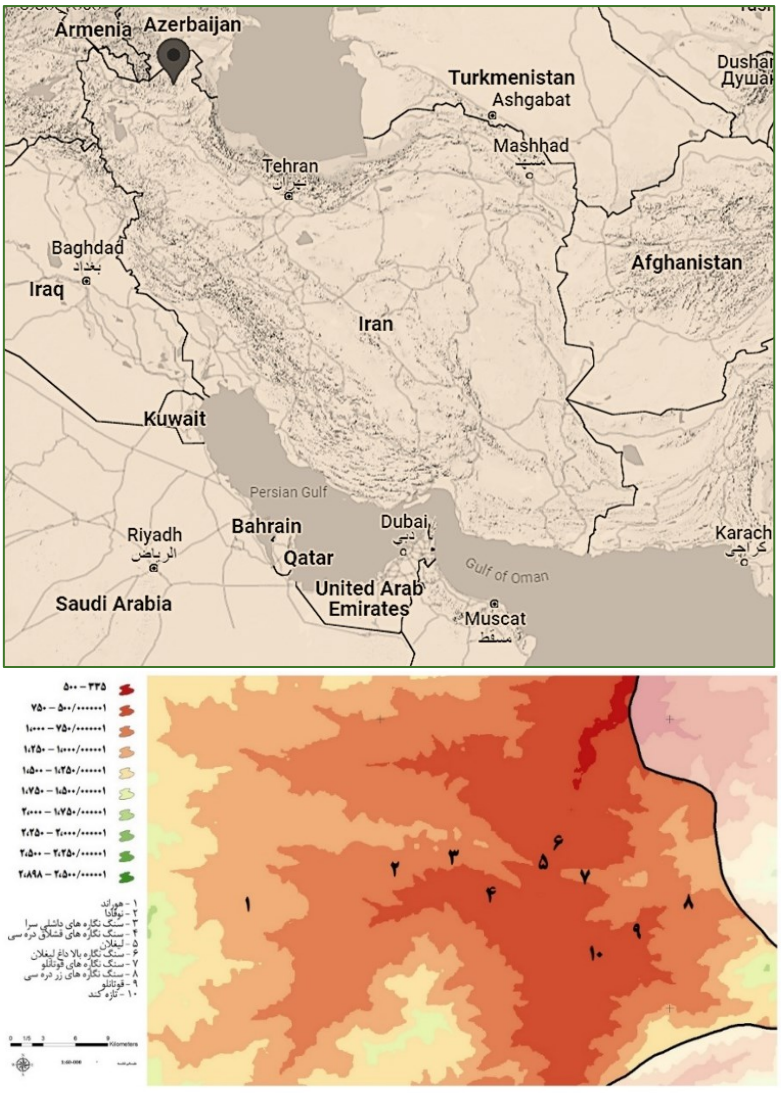
با توجه به فراوانی نقوش صخره‌ای در ایران و گستردگی قابل توجه آن در کشور و نیز اهمیت مطالعه این نقوش در روشن‌سازی و درک هر چه بهتر شرایط محیطی، اعتقادی و فرهنگی خالقان باستانی‌شان، معرفی و بررسی همه جانبه این آثار ارزشمند تاریخی نه تنها در ایران بلکه در سرتاسر جهان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. نکته قابل توجه در مطالعه نقوش صخره‌ای شباهت این نقوش با نقوش روی سفال‌های دوره پیش از تارخ در ادوار نوسنگی، مس‌سنگی، مفرغ و آهن است(شکل ۲و ۱). نخستین بارقه‌های مطالعه نقوش صخره‌ای در ایران در سال ۱۳۴۸ توسط حمید ایزد پناه در اطراف کوهدشت لرستان آغاز شد(قسیمی، ۱۳۸۶). به سبب اهمیت مطالعه نقوش صخره‌ای در ایران از آن زمان تاکنون مطالعات قابل توجهی از سوی باستان‌شناسان و انسان‌شناسان در خصوص معرفی و شناخت سنگ‌نگاره‌های صخره‌ای در نقاط مختلف ایران انجام شده است، شالوده بیشتر این مطالعات اکثرا بر پایه معرفی و بررسی نقوش قرار گرفته است و در این راستا کمتر به بحث تاریخگذاری آنها پرداخته‌اند. یکی از نکات جالب توجه در تمامی نقوش صخره‌ای در همه موارد علاوه بر یکپارچگی موضوعی و سبک اجرایی، مشابهت در مکان قرارگیری و موقعیت جغرافیایی این آثار است به گونه‌ای که می‌توان گفت اکثر نقوش صخره‌ای در کنار منابع آبی و در اقلیم‌های نیمه‌خشک ویژه‌ای قرار دارند که پوشیده از سنگ‌ها و صخره‌ها است(کریمی، ۱۳۸۶). طی پروژه بررسی و شناسایی شهرستان هوراند در سال ۱۳۹۲ تعداد حدود ۱۲۰۰ عدد نقش صخره‌ای از ۵ محوطه باستانی در این منطقه توسط هیئت اعزامی مورد شناسایی قرار گرفت، با توجه به تکرار نقش بزکوهی در تعداد زیاد در تمام این محوطه‌ها، در تجزیه و تحلیل نقوش شاخص، شامل تنوع موضوع نقوش و نقوش خاص از هر محوطه انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفت. از نخستین و مهمترین مطالعات صورت گرفته بر روی نقوش صخره‌ای در منطقه مورد بحث می‌توان به پژوهش جلال‌الدین رفیع‌فر بر سنگ‌نگاره‌های اهر و هوراند در سال ۱۳۸۳ اشاره کرد، همچنین سنگ‌نگاره‌های منطقه نواسر که تقریباً در حاشیه رودخانه قره‌سو، در جنوب شهرستان قرار گرفته در سال ۱۳۹۲ توسط کیومرث کریمی طی پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مطالعه شده است(کریمی، ۱۳۹۲). در نوشتار حاضر سعی بر آن است تا علاوه بر معرفی و بررسی نقوش سنگ‌نگاره‌های نویافته هوراند و مقایسه آنها از لحاظ سبکی و موضوعی با دیگر نقوش صخره‌ای، از طریق بررسی باستان‌شناسی زمین سیمای منطقه این آثار و مطالعه محوطه‌های باستانی مجاور آنها تا شعاع ۳ کیلومتری، با توجه به بافت کوهستانی منطقه و ارتباطات مشکل مناطق همجوار با توجه به صعب العبوری منطقه، تاریخگذاری نسبی در خصوص نقوش صخره‌ای منطقه ارائه‌گردد.

منطقه مورد بررسی

شهرستان تازه تأسیس هوراند یکی از شهرستان‌های شمالی استان آذربایجان‌شرقی است. این شهرستان کوهستانی در ۱۵۰ کیلومتری شمال‌شرق تبریز و ۵۲ کیلومتری شمال اهر واقع شده‌است. هوراند با مساحت ۱۶۷۰ کیلومتر مربع، از لحاظ موقعیت جغرافیای سیاسی از شمال و غرب به کلیبر، از جنوب به اهر و از شرق به مشکین‌شهر استان اردبیل محدود می‌شود. مرکز این شهرستان، شهر هوراند، در ارتفاع ۱۱۱۰ متری از سطح آب‌های آزاد واقع شده است. شهرستان هوراند در منطقهٔ کوهستانی ارسباران قرار گرفته، که ارتفاعات آن دارای جهتی شرقی- غربی و دارای قله‌های مرتفع و برف‌گیر و دره‌های عمیق است(خاماچی، ۱۳۷۰). هوراند در بخش مرتفع قراداغ قرار گرفته است. معروف‌ترین کوهستان آن هشتادسر یا هشته سر است که در شمال واقع شده و ۲۹۰۸ متر ارتفاع دارد. از دیگر ارتفاعات مهم این منطقه می‌توان به یلی یورت(۲۱۲۴ متر)، ارتفاعات قلعه‌سی(۱۲۳۰ متر) و نوروز گوزای(۱۲۲۶ متر) اشاره کرد(هویدا، ۱۳۵۲). دره‌های عمیق و کوهستان‌های بلند و مرتفع و صخره‌ای، سراسر این منطقه را پوشانده است و رودخانه‌های فصلی علی‌آباد، ویرقلعه‌سی‌چای و سیلین‌چای از رودخانه‌های مهم منطقه محسوب می‌شوند که در این میان تنها رودخانه سیلین چای به ارس می‌ریزد و رودخانه‌های دیگر به قره‌سو منتهی می‌گردند(هویدا، ۱۳۵۲ و عبدی، ۱۳۷۹)(نقشه ۱).

به طور کلی نقوش صخره‌ای هوراند تنها در شرق شهرهوراند در ارتفاعی بین ۸۰۰-۵۰۰ متری از سطح آب‌های آزاد و در فاصله ۱۴-۵ کیلومتری شهر هوراند قرار گرفته‌اند. مشخصه اصلی تمامی این محوطه‌ها همچون دیگر نقوش صخره‌ای ایران، قرارگیری آنها بر روی تپه‌ماهورهای طبیعی و شیب ملایم کوههای منتهی به دره‌های رودخانه‌های فصلی و دائمی است. تمامی این کوه‌ها دارای شیب شمال-جنوبی هستند و نقش‌ها نیز

اکثراً در جهت جنوبی سنگ‌ها و روبه سوی آفتاب در پنج محوطه با وسعت‌های متفاوت از ۳ هکتار تا ۱۱ هکتار نقش شده‌اند. نکته قابل توجه در تمامی نقوش صخره‌ای، الگوی تقریباً یکسان و مشابه هنر صخره‌ای بر سنگ‌ها و صخره‌ها از لحاظ مفهوم و شکل ظاهری(شامل سبک‌ها و نقش‌مایه‌ها) است. علاوه بر شباهت‌های موضوعی و مفهومی سنگ‌نگاره‌ها، به لحاظ مکانی و موقعیت جغرافیایی نیز این آثار مشابه یکدیگرند. در بیشتر موارد مکان نقوش صخره‌ای شناسایی شده، اقلیم‌های نیمه‌خشک ویژه‌ای است که پوشیده از سنگ‌ها و صخره‌ها است(کریمی، ۱۳۸۶). از اینرو سنگ‌نگاره‌های هوراند نیز هم از لحاظ موضوعی، مفهومی و هم از لحاظ موقعیت مکانی از دیگر نگارکندها تبعیت می‌کنند(نقشه ۱).



شکل ۱: موقعیت هوراند در نقشه ایران

مواد و روشها

بررسی و مطالعه نقوش سنگ نگاره‌ها

نقوش سنگ‌نگاره‌های منطقه هوراند به طور کلی شامل سه نقشمایه حیوانی، انسانی و برخی علائم و نشانه‌های خاص است. از میان این نقوش تصاویر حیوانی ۹۵ درصد نقوش را به خود اختصاص می‌دهد. نقوش انسانی و نقوش نمادین و علائم خاص در مقایسه با نقوش حیوانی به تعداد کم در میان نقشمایه‌ها قابل مشاهده است. البته به سبب تخریب و فرسایش شدید سنگ‌ها برخی از نقوش انسانی و علائم نمادین به طور کامل

قابل شناسایی و بررسی نیستند، به این علت شناسایی برخی نقوش با ابهام و تردید مواجه است. از لحاظ موضوعی نیز بیشتر شامل صحنه‌های انفرادی و دسته‌جمعی بزهای کوهی(پاژن)، در برخی صحنه‌ها همراه انسان و برخی حیوانات دیگر(سگ، قوچ، شتر، آهو، گوزن؟) و نشانه‌های نمادین می‌شود. نکته حائز اهمیت در این نگارکندها به تصویر کشیدن نقوش در دوره‌های مختلف زمانی بر روی یک سنگ است که این مسئله در برخی سنگها با میزان تخریب و فرسایش نگاره‌ها و تغییرات رنگی ایجاد شده در آنها به وضوح قابل مشاهده است. این موضوع نشان‌دهنده قدمت و اهمیت فزاینده این مناطق از لحاظ اعتقادی و آیینی در ادوار گوناگون است.

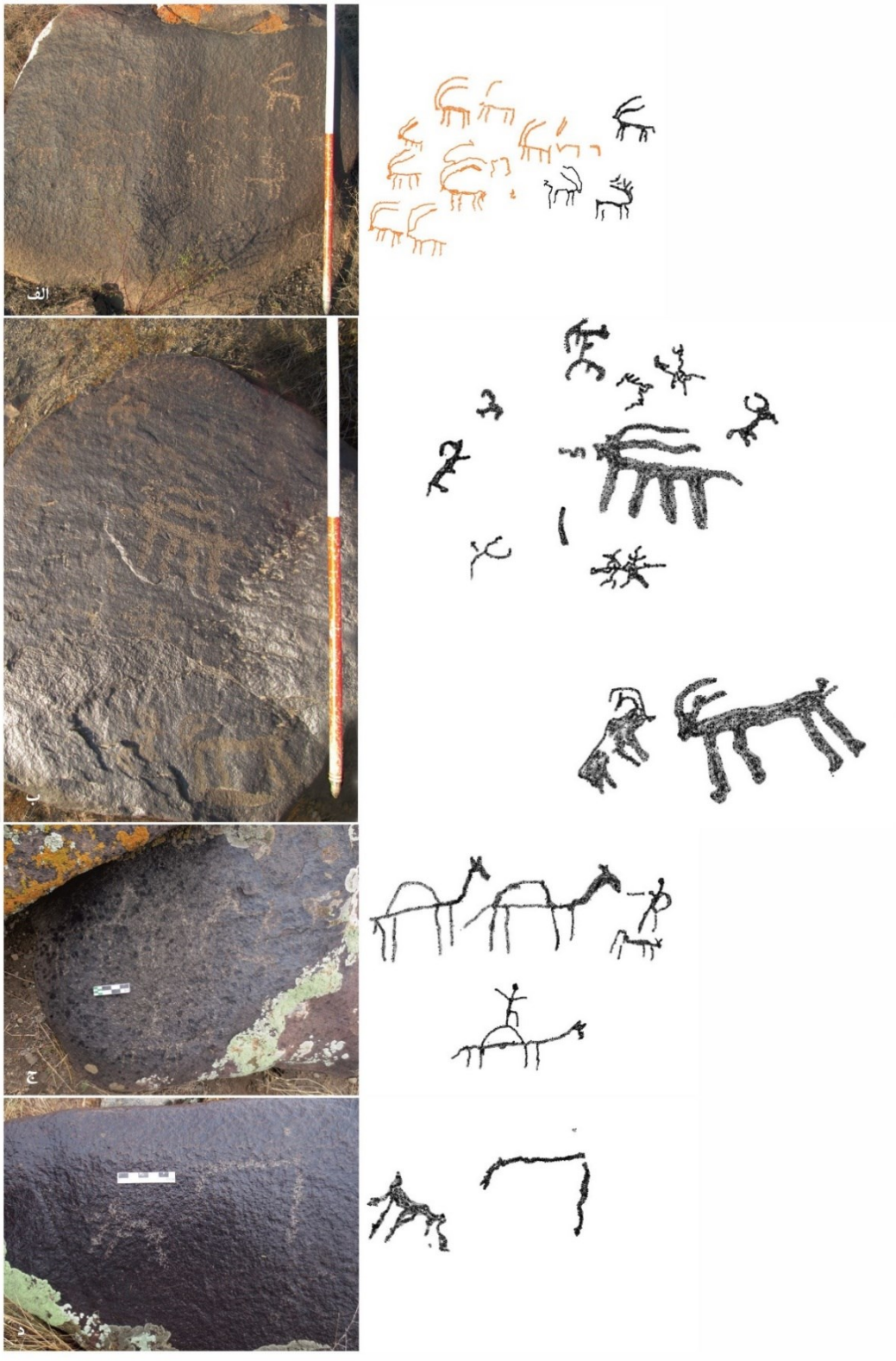
تمامی سنگ‌نگاره‌های منطقه هوراند بر روی سنگ گرانیت سیاه ایجاد شده که جزء فراوانترین سنگ‌ها در این منطقه است، نکته حائز اهمیت در خصوص این نگارکندها، انتخاب تنها برخی مناطق جهت ایجاد نقشمایه‌ها است. از لحاظ تکنیک اجرایی، نگاره‌های مذکور همچون بیشتر نقوش‌صخره‌ای ایران از روش پتروگلیف(کنده‌کاری) استفاده شده است. به سبب فرسایش و تخریب بالای نقوش نمی‌توان به طور دقیق در خصوص ابزار به‌کاررفته جهت ایجاد نقوش اظهار نظر کرد، ولی با دقت در چگونگی خلق نقشمایه‌ها احتمالا بیشتر از ابزارهای سنگی در ایجاد نقوش استفاده شده است(رفیع‌فر، ۱۳۸۴). همچنین آفرینندگان این نقوش در به تصویر کشیدن نگاره‌ها از دو سبک خطی و حجمی i بهره جسته‌اند.

نقوش حیوانی

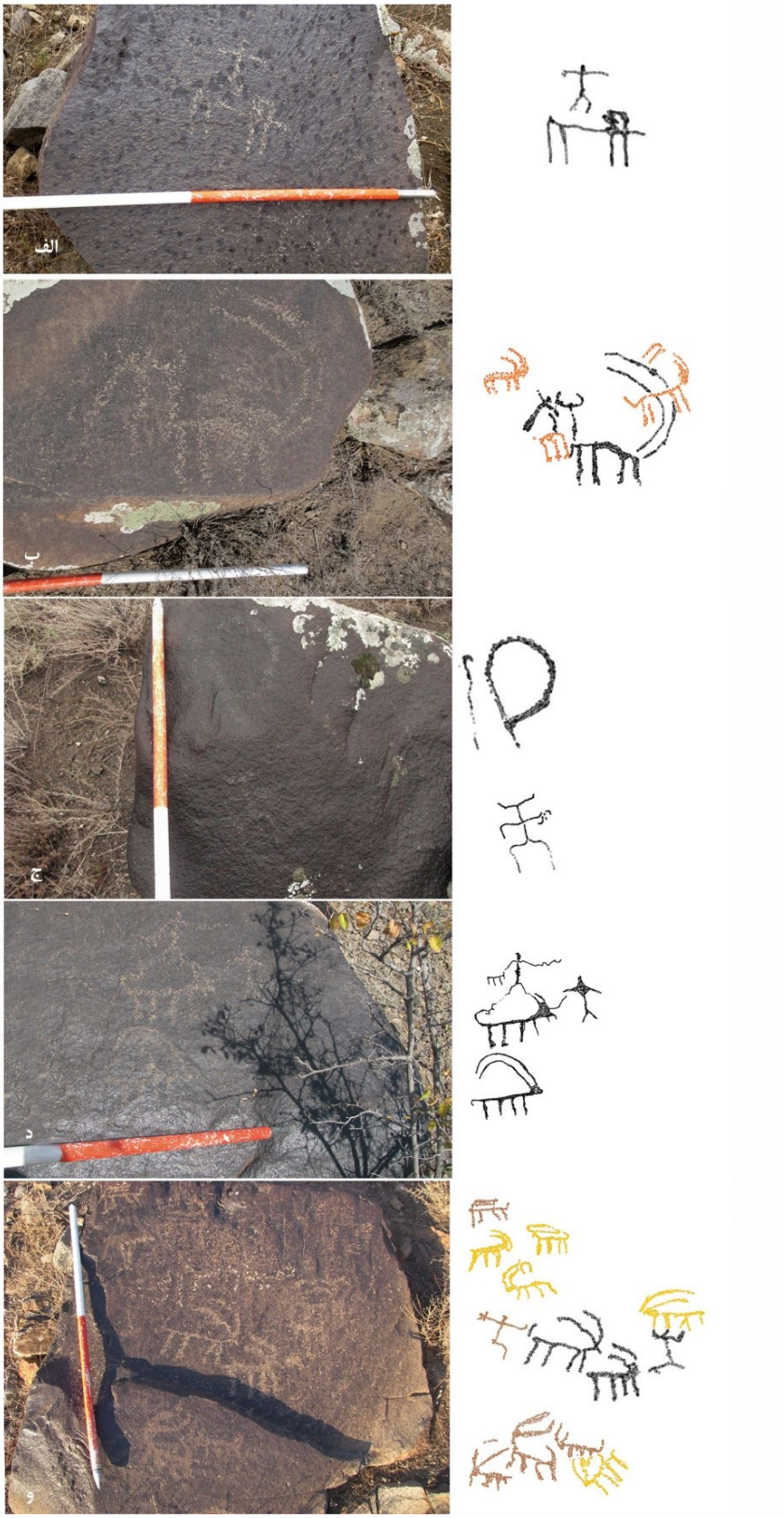
اصلی‌ترین نقش حیوانی در سنگ‌نگاره‌های نوقادا، لیقلان و قوتانلو، نگاره بز کوهی(پاژن) است. این نقشمایه که به وفور در سنگ نگاره‌های هوراند به صورت گروه‌های دسته جمعی و منفرد، در اندازه‌های متفاوت و در حالت سکون و حرکت قابل مشاهده است، دارای مشخصات تصویری همچون نمونه‌های مشابه در دیگر مناطق ایران چون اهر، مشکین شهر، همدان، اورامان، میمند و غیره است. تمامی بزهای به تصویر درآمده در این منطقه دارای سبکی استیلیزه با شاخ‌های کمانی بلندو هلالی کوتاه‌ترو به ندرت شاخ‌های کمانی گره‌دار بلند هستند. دم پاژن در دو اندازه کوتاه پیچ‌خوردهو بلند اکثراً رو به سمت بالا نشان داده شده، در برخی موارد نیز دم بزکوهی با زاویه‌ای نود درجه به سمت بدن جانور کشیده شده است(شکل ۲).

در تمامی سنگ نگاره‌های منطقه هوراند بدن پاژن اکثر به شیوه خطی با یک خط نازک و یا یک خط پهن و بندرت به صورت حجمی نشان داده شده است. به طور کلی هنرمندان این نگاره‌ها جهت به تصویر کشیدن پاهای جانوران از چهار خط عمودی ساده در اندازه‌های متفاوت گاه کشیده و بلند و گاه کوتاه بهره جسته‌اند(شکل ۳). حالت نشان دادن پاهای حیوانات در برخی صحنه‌های این نگاره‌ها به گونه‌ای است که القا کننده حرکت است، در این تصاویر هنرمند جهت نیل به این هدف پاهای جانور را از حالت عمود مطلق خارج کرده و با ترسیم مورب یک یا هر چهار پای جانور بیننده را به سمت این مفهوم هدایت کرده است. گاهی نیز جهت ترسیم بدن جانوران به این حالت قوت می‌بخشد. برای ترسیم بزکوهی چه در صحنه‌های گروهی و چه در صحنه‌های منفرد بیشتر رو به سمت راست نشان داده شده است و بندرت بزهای کوهی مقابل هم به تصویر درآمده‌اند. در میان ۱۲۲ عدد از نقوش حیوانی بررسی شده، نقش بز کوهی حدود نود درصد را به خود اختصاص داده است. از دیگر حیوانات موجود در سنگ‌نگاره‌های مذکور می‌توان به نقش آهو، قوچ، شتر و سگ اشاره کرد. همچنین در میان این نقوش حیوانی، تصویر دو حیوان که به سبب فرسایش شدید به طور کامل قابل شناسایی نیست، وجود دارد که در مقاله حاضر به عنوان حیوانات نامشخص معرفی شده‌اند.

آهو: در برخی سنگ‌نگاره‌های نویافته هوراند نقش حیوانی وجود دارد که از لحاظ سبک اجرایی بسیار شبیه بز کوهی ترسیم شده است ولی به سبب تفاوت اندک در نمایش شاخ‌ها و شباهت بیشتر اینگونه شاخ‌ها با شاخ آهو در مقاله حاضر این نگاره به عنوان نقش آهو معرفی شده است. شاخ این حیوان در سنگ‌نگاره‌های مذکور کوتاه‌تر از شاخ بزها و به صورت انحنادار نشان داده‌شده‌است. دم این حیوانات نیز بیشتر به سمت پایین کشیده شده‌اند(شکل ۵).



شکل ۲: انواع نقوش صخره ای با اشکال حیوانی بز در هوراند



شکل۳: انواع نقوش صخره ای با اشکال حیوانی بز در هوراند با تنوع در نگاره شاخ

شکل ۴: انواع نقوش صخره ای با اشکال حیوانی بز و قوچ در هوراند

قوچ: این نگاره از لحاظ ظاهری تفاوت اندکی با نقشمایه بز کوهی دارد که در نوع ترسیم شاخ به صورت شاخ‌های کوتاه زاویه‌دار و نمایش خطی راست در زیر چانه به عنوان ریش دیده می‌شود و فقط در سه نگارکند قوتانلو با دمی کوتاه به تصویر درآمده است(شکل ۵).

شتر: یکی از قابل توجه‌ترین نقوش حیوانی در نقوش صخره‌ای هوراند با توجه به اقلیم منطقه، نقش شتر است که تنها در دو نگارکند نوقادا قابل مشاهده است. در این منطقه تصویر چهار شتر، یکی بر روی تکه سنگی جداگانه و سه تای دیگر بر روی تخته سنگی دیگر در کنار هم نقش شده‌اند. نقش این حیوان که به سبک خطی اجرا شده با دمی تقریبا بلند رو به سمت پایین، کوهانی بیضی شکل و توخالی، سری کوچک و گوش‌هایی کوتاه نشان داده شده است. در یکی از این صحنه‌ها دو شتر به همراه یک انسان(احتمالا شتربان) در مقابل آنها در بالا و انسانی سوار بر یک شتر در پایین به تصویر درآمده است(شکل ۲ج).

سگ: در نقوش صخره‌ای داشلی‌سرا و قوتانلو به حیوانی با جثه‌ای کوچک، گوش‌هایی کوتاه و دمی بلند و رو به پایین بر می‌خوریم که از لحاظ ظاهری مشابه سگ می‌باشد. این نقش به طور کلی در سه صحنه نشان داده شده است. در دو صحنه در قوتانلو نقشمایه مذکور همراه چند بز کوهی و در یک صحنه همراه یک علامت ویژه ترسیم شده است(شکل ۵).

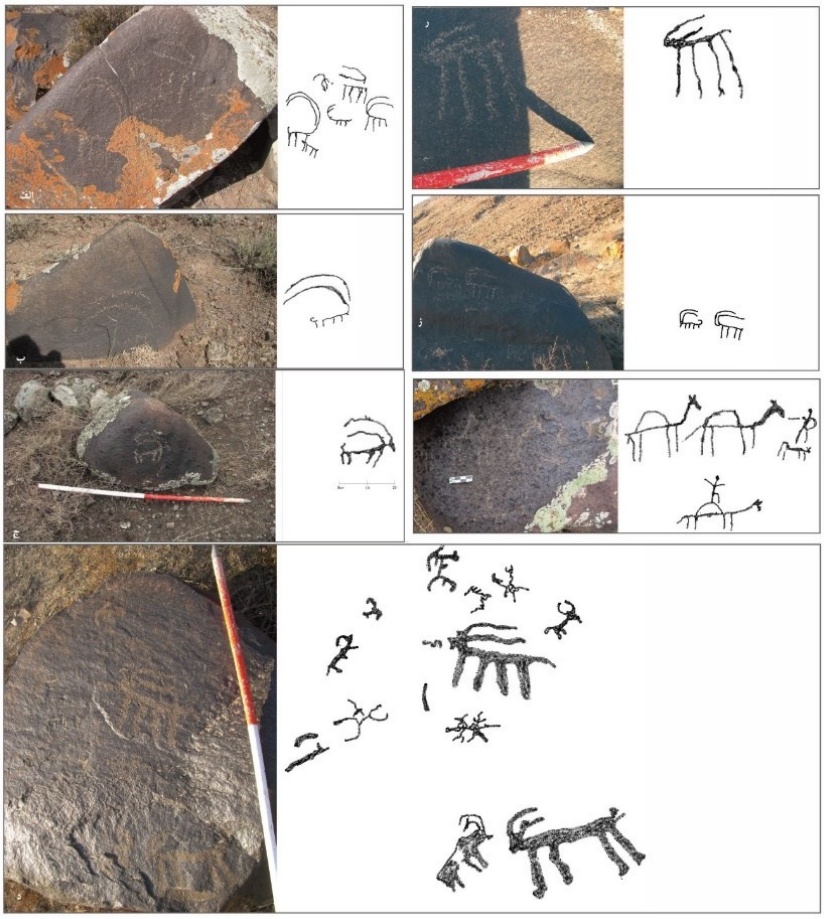
گوزن: در یکی از سنگ‌نگاره‌های نوقادا تصویر حیوانی(احتمالا گوزن) وجود دارد که دارای پاهایی بلند، پوزه‌ای کشیده و شاخ‌هایی کوتاه و شاخه شاخه است. بر پشت این حیوان انسانی با دستان باز به صورت ایستاده نشان داده شده است(شکل ۶). در سنگ‌نگاره‌های داشلی‌سرا و نوقادا نقش دو حیوان وجود دارد که به سبب فرسایش بالا و هوازدگی به طور کامل قابل شناسایی نیست. در صحنه‌ای در سنگ‌نگاره‌های داشلی‌سرا نگاره جانوری همراه انسان و بزهای کوهی نشان داده شده است. بر روی این جانور که به سبک خطی ترسیم شده و دارای بدنی کشیده، دمی بلند و پیچ‌خورده به سمت بدن است، انسانی به صورت ایستاده وجود دارد(شکل شماره ۶). به علت فرسایش شدید در این بخش، اطلاعات بیشتری در خصوص دیگر جزئیات پیکر جانور از جمله پاها و گوش‌ها نمی‌توان استخراج کرد. نحوه نمایش بدن، دم بلند و پیچ‌خورده و سر کوچک جانور تا حدودی شبیه نقش پلنگ است، که این مساله به سبب نوع اقلیم منطقه و پوشش جانوری آن دور از ذهن نیست. در صحنه‌ای از نقوش صخره‌ای نوقادا تصویر جانوری با دمی بلند رو به سمت بالا، پاهایی تقریبا بلند و گوش‌هایی بیضی شکل توخالی مشابه خرگوش نشان داده شده است(شکل ۶).

نقوش انسانی

در سنگ‌نگاره‌های نوقادا و قوتانلو ۱۲ مورد نقش انسان در صحنه‌های مختلف شناسایی شد، البته احتمال وجود تعداد بیشتری نقوش انسانی در این منطقه وجود دارد که به دلیل فرسایش شدید سنگ‌ها و قدمت زیاد نقوش، برخی نقش‌های انسانی به طور کامل قابل شناسایی نیست و تنها در برخی سطوح رد مبهمی از آنها برجای مانده است. چنانچه پیش از این نیز جلال‌الدین رفیع‌فر در توصیف برخی سنگ‌نگاره‌های لقلان(دره جیران و تازه کند قوتانلو) به نقوش مبهم انسانی در منطقه اشاره کرده است(رفیع‌فر، ۱۳۸۴). تمامی نقوش انسانی منطقه نوقادا و قوتانلو به جز یک مورد از روبرو و به صورت تمام‌رخ و بیشتر به شکل ایستاده روی حیوان و یا پیاده در حالت‌های مختلف نشان داده شده‌اند. در ایجاد نقوش انسانی بیشتر از شیوه خطی جهت نمایش اندام انسانی بهره جسته‌اند با این تفاوت که گاه از خطوط نازک‌تر و گاه از خطوط پهن‌تر استفاده کرده‌اند. به طور کلی نقوش انسانی در این مناطق به صورت کاملا استیلیزه و تنها با استفاده از چند خط جهت نمایش اندام کلی و دست‌ها و پاها استفاده شده است. در این خصوص تنها در دو مورد جهت نمایش اندام انسانی از شیوه حجمی بهره جسته‌اند. یکی از این نقوش حجمی که در نوقادا قرار دارد، نشان‌دهنده سه انسان برهنه به صورت ایستاده و دست‌ها و پنجه‌هایی باز به همراه بزکوهی است که به جهت میزان بالای فرسایش نقش، شاید یکی از قدیمی‌ترین نقوش منطقه نیز محسوب‌گردد(شکل ۶).

در سنگ‌نگاره‌های منطقه هوراند، بر خلاف بسیاری از نقوش صخره‌ای ایران همچون نقوش صخره‌ای ارگس همدان(بیک‌محمدی و دیگران، ۱۳۹۱)، فراهان اراک(پوربخشنده، ۱۳۸۶)، اورامان(قسیمی، ۱۳۸۶) و غیره که دارای صحنه‌های مختلف شکار توسط انسان است، در این منطقه تنها نقوش صخره‌ای که بیانگر صحنه شکار است، سنگ‌نگاره‌ای در محوطه داشلی‌سرا نوقادا است، که انسانی را به صورت نشسته و از نیم‌رخ

سوار بر حیوانی(شاید بز) با نیزه‌ای در دست به دنبال یک بز کوهی نشان داده است. این نقش نیز همچون نگارکند دیگری در نوقادا به صورت حجمی به تصویر کشیده شده است(شکل ۲ و۳). در مابقی نقوش صخره‌ای این منطقه، نگاره انسان به صورت سواری ایستاده یا پیاده در پنج حالت کلی با دستانی کاملا باز، هر دو دست رو به بالا، و هر دو دست رو به پایین، یک دست بالا و یک دست پایین و در یک دست شیء نیزه‌مانند نقش شده‌است. در دو نمونه نیز سرپوشی شاخ‌مانند بر سر این نقشمایه وجود دارد. در برخی از این نگاره‌ها تصویر انسان در کنار و یا سوار حیوانات دیگر چون بز کوهی، شتر و تعدادی حیوان نامشخص.به تصویر در آمده است. همچنین در نگارکندی در داشلی‌سرا نوقادا این نقشمایه در کنار علائم ویژه‌ای نقش شده است.



شکل ۵: انواع نقوش حیوانی در سنگ نگاره های هوراند، شکل پایین به عنوان نماد آهو معرفی شده است.

در مابقی نقوش صخره‌ای این منطقه، نگاره انسان به صورت سواری ایستاده یا پیاده در پنج حالت کلی با دستانی کاملا باز، هر دو دست رو به بالا، هر دو دست رو به پایین، یک دست بالا و یک دست پایین و در یک دست شیء نیزه‌مانند نقش شده‌است. در دو نمونه نیز سرپوشی شاخ‌مانند بر سر این نقشمایه وجود دارد(شکل شماره ۲۲)، در برخی از این نگاره‌ها تصویر انسان در کنار و یا سوار حیوانات دیگر چون بز کوهی، شتر و تعدادی حیوان نامشخص به تصویر در آمده است. همچنین در نگارکندی در داشلی‌سرا نوقادا این نقشمایه در کنار علائم ویژه‌ای نقش شده است.

علائم و نشانه‌های نمادین

این نقش‌ها که گاه به صورت جداگانه و گاه در صحنه‌هایی همراه با نقوش انسانی و حیوانی وجود دارند، به سبب فرسایش شدید و تخریب بالا قابل شناسایی نیستند(شکل‌های ۳ تا ۶).

زمین‌سیمای‌باستانی منطقه

به سبب ماهیت اصلی(اعتقادی–آیینی) بیشتر محوطه‌های دارای نقوش صخره‌ای در ایران، بر روی سطح اینگونه محوطه‌ها اکثرا هیچگونه داده فرهنگی قابل تاریخگذاری توسط به‌وجودآورندگان باستانی‌شان بر جای نمانده است، به این دلیل یکی از بهترین روش‌ها جهت درک معنادار سنگ‌نگاره‌های هر منطقه و در نتیجه تاریخگذاری نسبی نقوش صخره‌ای، مطالعه آنها در بافت تاریخی–فرهنگی‌شان است. در این بخش جهت نیل به این هدف به مطالعه زمین‌سیمای‌باستانی منطقه و بررسی محوطه‌های باستانی موجود تا شعاع سه کیلومتری ازنقوش صخره‌ای نوقادا و قوتانلو پرداخته شد.

سنگ‌نگاره‌های هوراند در یک راستای شرقی–غربی در منطقه‌ای به طول تقریبی ۹ کیلومتر در شمال شهر هوراند قرار گرفته‌اند(نقشه شماره ۳). این منطقه به دلیل وجود رودخانه قره سو و رودخانه‌های فصلی دیگر چون علی‌آباد از هزاره ۴ ق.م. تاکنون زیستگاه اقوام مختلف باستانی بوده است. طبق بررسی‌های صورت گرفته در منطقه مذکور محوطه‌های استقراری قابل توجهی از عصر مس‌سنگی تا دوران اسلامی بخصوص قرون میانی اسلامی(قرون ۸–۵ ه.ق.) وجود دارد، اما آنچه که در این استقرارها با توجه به مضامین و سبک سنگ‌نگاره‌های نوقادا، قوتانلو و لیقلان اهمیت دارد، وجود گورستان‌ها و قلعه شهرهای عصرمفرغ تا عصرآهن در فاصله ۲۰۰–۲۰۰۰ متری نقوش‌صخره‌ای است. یکی از مهمترین قلعه‌شهرهای هزاره‌دوم ق.م. در این منطقه که از سنگ‌نگاره‌های قوتانلو ۲۰۰ متر و از سنگ‌نگاره‌های معدن(بالا داغ) ۳۰۰ متر فاصله‌دارد، محوطه شهری آلاصندل است. بر اساس داده‌های سطحی، این محوطه از هزاره دوم ق.م. تا هزاره اول ق.م.(عصر مفرغ– آهن) مورداستفاده قرارگرفته–است(سلمانپور، ابطحی‌فروشانی، ۱۳۹۲). نظر به وسعت محوطه(حدود ۳۲ هکتار)، آلاصندل یکی از مهمترین قلعه‌شهرهای عصر مفرغ–آهن در این منطقه است که با توجه به نزدیکی این محوطه با نقوش صخره‌ای قوتانلو و معدن احتمال ارتباط این قلعه شهر با سنگ‌نگاره‌های منطقه به عنوان مکانی آیینی قوّت می‌یابد. به طورکلی در محدوده جغرافیایی مورد بحث ۸ محوطه استقراری و گورستان متعلق به عصرمفرغ تا آهن شناسایی گردید. از استقرارهای قابل توجه منطقه سنگ‌نگاره‌ها، تعداد ۱۴ استقرار کوچک و بزرگ دوران‌تاریخی است. طبق بررسی‌های صورت‌گرفته دراین محدوده‌جغرافیایی تا فاصله ۱۲ کیلومتری تنها یک اثر از هزاره چهارم ق.م. مشاهده گردید.

گاهنگاری نسبی سنگ‌نگاره‌ها

یکی از ابهامات اصلی در مطالعه سنگ‌نگاره‌های صخره‌ای، بحث گاهنگاری این آثار ارزشمند تاریخی است. به طور کلی باستان‌شناسان جهت تاریخگذاری نقوش صخره‌ای در سراسر جهان از دو روش سالیابی مطلق و نسبی استفاده می‌کنند. روش‌های علمی تاریخ‌گذاری هنرصخره‌ای؛ شامل شیوه‌های آزمایشگاهی معمول از جمله: رادیو کربن، پتاسیم آرگن، ترمولومینسانس، سری اورانیوم، مطالعه بلورهای سنگ، بررسی رسوبات روی سنگ(مواد معدنی، مواد آلی و لایه‌های آتشفشانی)است. از شیوه‌های تاریخ‌گذاری نسبی نیز می‌توان به مطالعه باستان‌شناسی در پهندشت جغرافیایی آثار، مطالعه مردم‌شناسی و مردم‌نگاری، مطالعه زیست‌بوم و موقعیت محیطی آثار به لحاظ پوشش گیاهی و جانوری، مطالعه و مقایسه نقشمایه‌ها و نگاره‌ها، مطالعه سبک‌ها و شیوه‌های ایجاد نگاره‌ها و وجود خط و نوشته(پهلوی، عربی، فارسی) (با توجه به اینکه خط می‌تواند در دوره های قبل یا بعد به نقش اضافه شده باشد)اشاره کرد(کریمی، ۱۳۸۶). در نوشتار حاضر سعی بر آن شده تا از تمامی روش‌های سالیابی نسبی در کنار هم جهت تاریخ‌گذاری سنگ‌نگاره‌های منطقه هوراند استفاده گردد. نقوش صخره‌ای هوراند از لحاظ سبک، محتوا و موضوع تا حدودی قابل مقایسه با برخی از نقوش صخره‌ای مناطقی چون سنگ نگاره‌های‌سونگون و دایی‌ممیغ‌اهر(رفیع‌فر، ۱۳۸۴)، نقوش دووز داغی اهر(Kazempur, et al, 2011)، نقوش صخره‌ای شهریری(هورشید، ۱۳۸۶) اورامان(قسیمی، ۱۳۸۴)، خره‌هنجیران‌مهاباد (پدرام، ۱۳۴۶)، نقوش دشت توس خراسان(بختیاری شهری، ۱۳۸۸)، نقوش غار کرفتو(قسیمی و دیگران، ۱۳۹۲)، نقوش روستای عقربلو اذربایجان غربی(سلیمی و دیگران، ۱۳۹۹)، نقوش رنگی هومیان لرستان(افشاری و باشتنی، ۱۳۹۹)، نقوش فراهان اراک(پوربخشنده، ۱۳۸۶)، اورامان کردستان(قسیمی، ۱۳۸۶)، جنوب کوهستانی قزوین(ملاصالحی و دیگران، ۱۳۸۶) و ارگس‌سفلی‌همدان(بیک‌محمدی و دیگران، ۱۳۹۱) است(جدول شماره ۱).

در نهایت با توجه به شباهت‌های موجود با نقوش مناطق دیگر و باستانشناسی پهندشت اطراف نقوش، نظر به تعدد استقرارهای دوران مفرغ تا اواخر عصر آهن در حومه نقوش صخره‌ای هوراند، به نظر می‌رسد می‌توان همین بازه زمانی را برای ایجاد و استفاده احتمالا آیینی از این نقوش،

پیشنهاد داد. در نهایت جهت گاهنگاری مطلق این نقوش باید به سوی روش‌های علمی فوق حرکت کنیم. گر چه نقوش صخره‌ای هوراند از لحاظ سبک ایجاد نقوش و برخی موضوعات بخصوص در نشان دادن موضوعات حیوانی قابل مقایسه با نقوش صخره‌ای مناطق اهر، اردبیل، همدان، اورامان و مهاباد است، ولی این شباهت بدون در نظرگیری زیرساخت‌های تاریخی–فرهنگی‌ای که هر کدام از سنگ‌نگاره‌های مذکور در آن خلق شده‌اند از لحاظ علمی کاری بیهوده است. با توجه به آنچه بیان‌شد نقوش صخره‌ای هوراند چه از لحاظ سبکی و موضوعی و چه از لحاظ بافت تاریخی–فرهنگی تا حدودی قابل مقایسه با نقوش صخره‌ای شهریری است. نکته حائز اهمیت در نقوش صخره‌ای هر دو منطقه همجواریشان با محوطه‌های عصرمفرغ تا آهن است(هورشید،۱۳۸۶). چنانچه پیشتر نیز بیان شد در تمامی این سنگ‌نگاره‌ها تصویر بز کوهی محور اصلی اکثر صحنه‌های حیوانی است. به سبب ارتباط تنگانگ زندگی بشر گذشته با این حیوان از دوره نوسنگی تا هزاره اول ق.م. نقش آن بر بیشتر مصنوعات مختلف قابل‌مشاهده‌است، پس از این زمان نیز در دوران تاریخی با وجود کمرنگ‌تر شدن نقش بز در کنار دیگر نقوش حیوانی، همچنان تصویر آن بر روی بسیاری از مصنوعات ساخت دست بشر، چون سفال نقش بسته است(شکل ۱). از این‌جهت در منابع مختلف به نقش اساطیری بز در گذشته به عنوان نمادی از آبادانی، فراوانی، آب، ماه و غیره اشاره‌شده‌است(حاتم، ۱۳۷۴).

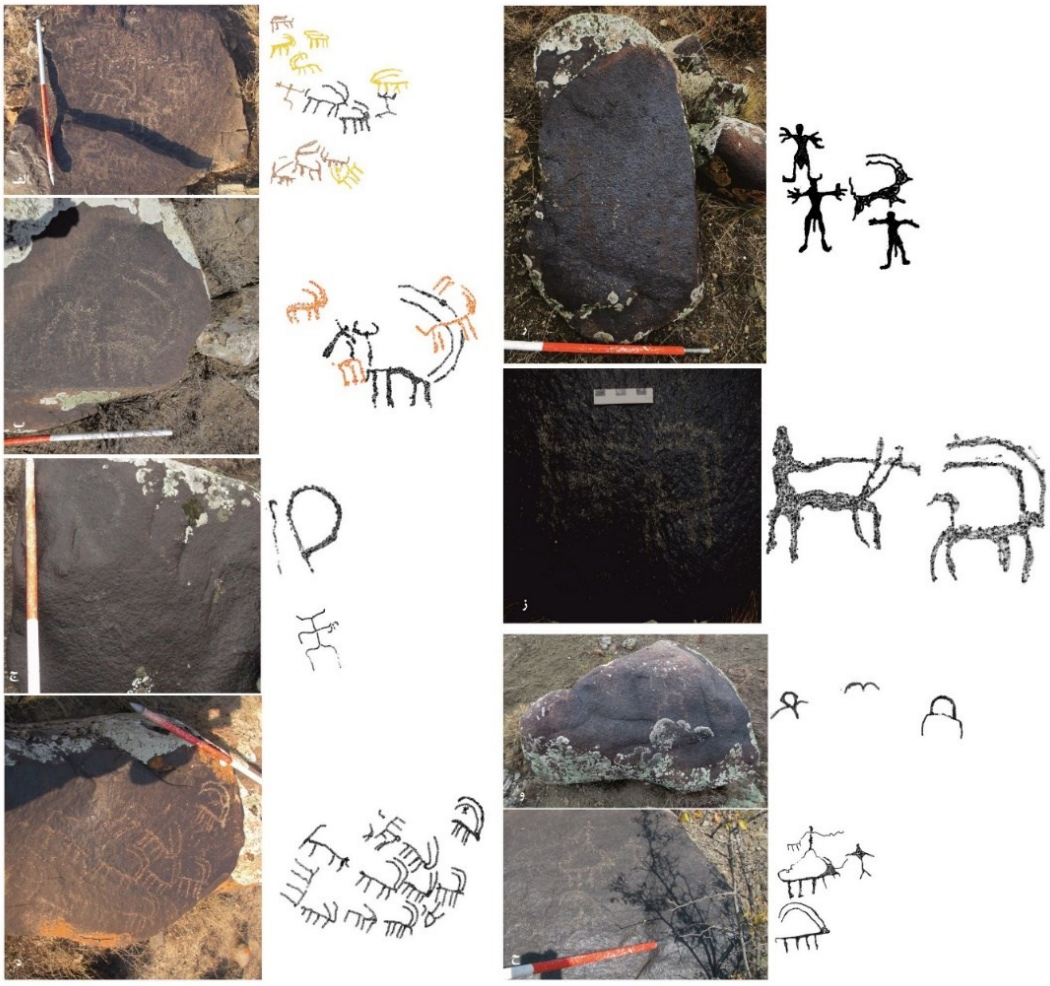
در بحث تاریخگذاری نقوش صخره‌ای یکی دیگر از مسائل قابل توجه تک‌دوره‌ای و یا چند دوره‌ای بودن نقشمایه‌ها است. از اینرو با توجه به مقدار فرسودگی نقشمایه‌ها و تغییر رنگی بوجود آمده به سبب روند فرسایش در طول ادوار مختلف زمانی، احتمالا برخی سنگ‌نگاره‌های منطقه نوقادا، لیقلان و قوتانلو، در چندین دوره زمانی به تصویر کشیده شده‌اند، که این مسئله گاه بر روی سنگ‌های جداگانه و گاه بر روی یک سنگ نشان‌داده‌شده به صورتی که نقوش یک دوره بر روی نقوش دوره پیشین ایجاد شده که این مسئله سبب تخریب هر چه بیشتر نگاره کهن‌تر شده‌است. ایجاد نقوش در چند دوره زمانی بر روی سنگ‌های این محوطه‌ها حاکی از اهمیت فرهنگی و آیینی این مناطق در ادوار مختلف آفرینش آنان است. لازم به ذکر است بین سبک نقوش در دوره های مختلف زمانی تفاوت چندانی وجود ندارد تنها تفاوت کم‌شدن نقوش انسانی نسبت به دوران پیشین است که این خود نشان‌دهنده کم‌شدن اهمیت نقوش انسانی نسبت به قبل‌است. بر اساس مباحث یادشده و با توجه به سبک بسیار ساده و ابتدایی نقوش و محوریت نقش بز بر روی نقوش صخره‌ای هوراند که یکی از مهم‌ترین نقوش حیوانی مصنوعات دوره پیش‌ازتاریخی و دوران‌تاریخی است و نیز با در نظرگرفتن، واقع شدن محدوده نقوش در جوار یا در میان محوطه‌های بزرگ استقراری و تدفینی عصرمفرغ تا عصرآهن و بافت تاریخی–فرهنگی نقوش صخره‌ای هوراند، این آثار در درجه اول متعلق به عصرمفرغ تا عصرآهن و در درجه دوم متعلق به دوران‌تاریخی هستند.

بحث و نتیجه گیری

از میان سنگ‌نگاره‌های نوقادا که در حدود سه کیلومتری جنوب‌شرق روستای نوقادا واقع شده‌اند، ۴۱ عدد سنگ‌نگاره مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. تعداد ۳۰ نقش حیوانی شامل؛ نگاره بز به صورت صحنه‌های دسته‌جمعی در ۱۴ مورد و بزهای کوهی منفرد در ۱۳ مورد و نیز شتر در ۲ مورد به صورت دسته جمعی و منفرد و یک مورد شاید سگ، مشاهده گردید. علاوه بر نقوش حیوانی که بیشترین درصد را به خود اختصاص داده‌اند، چهار مورد نقش انسانی نیز در این محوطه شناسایی‌گردید، که سه عدد از آنها سوار برشتر(۱ مورد) و بز (۲ مورد) نشان داده شده‌اند و یک مورد که شامل صحنه‌ای متشکل از سه انسان برهنه در کنار یک بز است، به تصویر درآمده است. با توجه به کمیت و مضامین نقوش به‌ویژه نقوش حیوانی، در بیشتر موارد نقش بز، کارکرد اساسی این حیوان اسطوره‌ای در باورها و اعتقادات مذهبی ساکنان و با اطمینان بیشتر در اقتصاد معیشتی اهالی منطقه، مشهوداست. در محوطه داشلی‌سرا واقع در ۱/۵ کیلومتری شرق روستای نوقادا(نقدی) تعداد ۳۶ سنگ‌نگاره مورد شناسایی و بررسی قرارگرفت که نقوش حیوانی حدود ۹۰ درصد نقشمایه‌ها را به خود اختصاص داده است و بقیه نقوش شامل نگاره‌های انسانی، علائم نمادین و یا صحنه‌هایی ترکیبی از کل مضامین است. نکته قابل توجه در این منطقه ظهور نقش سگ همراه علامتی نمادین در میان دیگر نگاره‌ها است که در سنگ‌نگاره‌های نوقادا مشاهده نمی‌شود. در محوطه داشلی‌سرا بیشتر از تکنیک خطی جهت ترسیم نگاره‌ها استفاده شده است و تنها در چهار مورد از تکنیک حجمی بهره جسته‌اند. در نقوش صخره‌ای داشلی‌سرا افزایش صحنه‌های گروهی حیوانی نسبت به نگاره‌های منفرد جانوری

دیده‌می‌شود و تنها ۱۰ مورد دارای نقش منفرد بز کوهی است و مابقی شامل صحنه‌های گروهی بزکوهی است. همچنین تنها نقش شکار در سنگ‌نگاره‌های هوراند، در این محوطه قراردارد، که انسانی سوار با نیزه‌ای در دست را در حال شکار بزکوهی نشان می‌دهد.

در میان محوطه‌های بررسی شده، محوطه زردرسی که در ۲۵۰۰ متری شمال‌شرق روستای قوتانلو قرار گرفته است، شامل کمترین نقوش صخره‌ای است و تنها ۱۸ نگارکند قابل بررسی در این محوطه شناسایی شد، که تعداد ۱۶ نگاره متعلق به نقوش حیوانی است و تنها دو نقش انسانی در میان نقشمایه‌های حیوانی قابل مشاهده است. همچنین به‌هیچ عنوان نقوش نمادین و علائم ویژه در نقوش صخره‌ای محوطه مشاهده نگردید. از دیگر نکات قابل توجه در سنگ‌نگاره‌های زردرسی افزایش نقوش منفرد حیوانی(۱۱ عدد) بر خلاف دیگر محوطه‌ها در همین منطقه نسبت به نقوش گروهی(۷ عدد) است. در میان ۲۷ سنگ‌نگاره بررسی شده منطقه قوتانلو به طور کلی ۲۲ نگاره حیوانی مشاهده گردید که تعداد نقشمایه بز کوهی(۱۸ عدد) نسبت به دیگر نقوش حیوانی و انسانی دارای بیشترین میزان است.



شکل۶ : انواع نقوش حیوانی مختلف در هوراند

در قوتانلو تعداد سنگ‌هایی که در چندین دوره منقوش شده‌اند نسبت به دیگر مناطق بیشتر است، که تاحدودی نشان‌دهنده اهمیت محوطه می‌باشد. یکی دیگر از نکات قابل توجه در سنگ‌نگاره‌های منطقه افزایش نقوش گروهی(۱۹ عدد) نسبت به نقوش انفرادی است. بیشتر مضامین شامل گروه‌های دسته‌جمعی و یا دو تایی بز کوهی است که در صحنه‌های مختلف به تصویر درآمده است. آنچه از نقوش صخره‌ای هوراند بر اساس بررسی‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت؛ وجود نوعی هماهنگی موضوعی(مضامین نقوش اعم از حیوانی، انسانی و نمادین) و

سبکی(بیشترخطی، کمتر حجمی) است که در اکثر سنگ‌نگاره‌های منطقه قابل مشاهده است، که این مسئله با توجه به ایجاد نقوش در طی چند دوره زمانی حائز اهمیت است. در نهایت می‌توان چنین نتیجه‌گیری‌کرد که؛ یکی از مهم‌ترین نکات موجود در رابطه با سبک نقوش این سنگ‌نگاره‌ها، ایجاد برخی نقوش به سبک حجمی است. هر چند نقوش حجمی در میان نقوش خطی به‌ندرت مشاهده می‌شود، ولی درنظرگرفتن قدمت بیشتر نقوش حجمی و فرسایش بیشتر آنها، به سبب عوامل مختلف انسانی و محیطی می‌توان چنین استنباط‌کرد، که استفاده از سبک حجمی در دوره‌های جدیدتر، جای خود را به سبک خطی داده است و از هزاره دوم ق.م. به بعد احتمالا با کاسته شدن نقش حیوانات از سطح سفالینه‌ها و با توجه به نیاز اعتقادی جهت استفاده از برخی حیوانات و نمادهای آیینی در رابطه با زندگی روزمره و شاید اقتصادزیستی، استفاده از نقوش حیوانی به‌ویژه تصویر بزکوهی به سبب برخورداری از جایگاهی ویژه در طول هزاره‌های متمادی، در دیگر زمینه‌های هنری از جمله؛ نقوش صخره‌ای، اشیاء فلزی و غیره تداوم می‌یابد.

منابع

افشاری، حسن، باشتنی، مرضیه السادات، "نقوش رنگی تازه کشف شده هومیان و جایگاه در زندگی کوچروهای کوهدشت لرستان"، باستان‌پژوه، سال نوزدهم و بیستم، شمارۀ ۲۴ و ۲۵، ۱۳۹۹.

بختیاری شهری، محمود، "بررسی و مطالعه سنگ نگاره های نویافته دشت توس"، نشریه مطالعات باستان شناسی، بهار و تابستان ۱۳۸۸ ، دوره اول - شماره1 از 21 تا44 .

بیک‌محمدی، خلیل‌الله، محسن جانجان، نسرین بیک‌محمدی " معرفی و تحلیل نقوش سنگ‌نگاره‌های نویافته مجموعه B ارگس سفلی(ملایر–همدان)"، مجله نامه باستانشناسی، دوره دوم، شماره۲، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، بهار و تابستان ۱۳۹۱،ص.۱۴۰–۱۲۱.

پوربخشنده، خسرو، " نگاهی به نقوش صخره‌ای فراهان اراک"، فصلنامه باستان‌پژوهی، سال دوم، شماره۳، تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۶،ص.۴۹–۴۶.

حاتم، غلامعلی، "نقش و نما در سفالینه‌های کهن ایران"، فصلنامه هنر، شماره ۲۸، ۱۳۷۴، ص۳۶۴ –۳۶۸.

خاماچی، بهروز، فرهنگ جغرافیایی آذربایجان شرقی، تهران، ۱۳۷۰.

رفیع‌فر، جلال‌الدین، سنگ‌نگاره‌های ارسباران، چاپ اول، سازمان میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ۱۳۸۴.

سلیمی، اسماعیل، صلحجو، جمیله، رضایی، ایرج،" مطالعه نقوش صخر های عقربلو در شهرستان شاهین‌دژ" باستان‌پژوه، سال نوزدهم و بیستم، شمارۀ ۲۴ و ۲۵، ۱۳۹۹.

عبدی، یوسف،" بررسی پتانسیلهای منابع آب و توسعه آن در ارسباران"، مجموعه مقالات نخستین همایش توسعه ارسباران با محوریت تولید اشتغال، ج.دوم. استانداری آذربایجان شرقی،۱۳۷۹ ، ص.۹۲۹–۹۳۹.

قربانی، حمیدرضا؛ صادقی، سارا. "بررسی تطبیقی نگاره بزکوهی در سنگ‌نگاره‌های شرق و غرب ایران (مطالعه‌ی موردی: سربیشه و اورامان) ." مطالعات فرهنگی اجتماعی خراسان آن.89-55 ,1395 ,

قسیمی، طاهر، " اشاره‌ای به پیشینه پژوهش در نقوش صخرهای ایران"، فصلنامه باستان‌پژوهی، سال دوم، شماره۳، تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۶،ص.۱۹–۱۸.

قسیمی، طاهر، قسیمی، آکام، قسیمی، سوران،" بررسی و مطالعه نقوش صخره‌ای غار کرفتو، شمال کردستان"، سی و دومین گردهمایی و نخستین گنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، وزارت صنعت، معدن و تجارت، صص. ۱۰-۱، ۱۳۹۲.

کریمی، فریبا، " نگرشی نو به کنده‌نگاره‌های صخرهای ایران بر مبنای مطالعات میدانی"، فصلنامه باستان‌پژوهی، سال دوم، شماره۳، تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۶،ص.۳۴–۲۰.

کریمی، کیومرث،" بررسی و معرفی سنگ نگاره های منطقه نواسر هوراند (ارسباران)"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، منتشرنشده، ۱۳۹۲.

گروه مولفین، باستان‌شناسی آذربایجان از دوره اورارتو تا شروع اشکانی، ترجمه محمد فیض‌خواه و صمد علیون، چاپ اول، نشر اختر، تبریز، ۱۳۸۸.

ملاصالحی، حکمت‌الله، سعیدپور، محمد، مومنی، آتوسا، بهرام‌زاده، محمد،" باستانشناسی صخره‌نگاره‌های جنوب کوهستانی استان قزوین(بررسی و مستند نگاری نقوش صخره‌ای محوطه‌های چلمبر، یازلی و قلیچ کندی"، فصلنامه باستان‌پژوهی، سال دوم، شماره۳، تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۶،ص.۴۵-۳۵.

هورشید، شقایق،" معرفی نقوش صخره‌ای شهریری(قلعه ارجق)"، فصلنامه باستان‌پژوهی، سال دوم، شماره۳، تهران، بهار و تابستان، صص.۸۴-۸۱. ۱۳۸۶.

هویدا، رحیم، جغرافیای طبیعی آذربایجان، تبریز، ۱۳۵۲.

References

Kazempur, M., Eskandari, N., & Shafizade, A. (2011). The petroglyphs of Dowzdaghi, northwestern Iran. Documenta Praehistorica, 38, 383-387.

---

[i]سبک خطی: در ایجاد نقوش در این سبک با ایجاد خطوط محیطی نقش ایجاد شده‌است.

سبک حجمی: در ایجاد این نوع از نقوش، کل حجم نقش با ابزار احتمالا سنگی کنده‌کاری شده است.

فصلنامه سرزمین‌های پارس آرین
سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۲ صص. ۸۳-۶۵
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.4

نامور نامه

ریاضیدانی که هیدروژئولوژیست بود!
مروری بر "استخراج آبهای پنهانی" ابوبکر کرجی

منصور قربانی ✉[1]

چکیده

ابوبکر محمدبن‌حسین‌کرجی را شاید بتوان یکی از بزرگترین دانشمندان گمنام ایرانی دانست که درخور شایستگی ها و نبوغ علمی‌اش معرفی نشده است. ریاضیدانی که زمین شناس نیز بود و از او به عنوان یکی از نوابغ مهندسی آب زیرزمینی یاد می کنند. کرجی در سال ۳۳۲ هجری شمسی در شهر کرج متولد شد. این ریاضی‌دان پرآوازه ایرانی هم عصر با ابوریحان بیرونی، زکریای رازی و ابن‌سینا بود. اوج آفرینش علمی او را در حدود سال ۳۹۰ خورشیدی عنوان کرده اند. این دانشمند ایرانی هرچند که ریاضی‌دان بود و در آثار خود توجه ویژه‌ای به علم حساب، جبر و به‌ویژه جذر داشت با نگارش کتاب استخراج آب‌های پنهانی نشان داد که دانشمندی بزرگ در علوم زمانه خود است. کرجی در کتاب استخراج آب‌های پنهانی(۱۰۲۰ سال پیش) شیوه‌های هندسی و فیزیکی برای محاسبه شیب زمین و چگونگی استخراج آب زیرزمینی را به خوبی ارایه می دهد. صحت برخی از نظریه‌های علمی ارائه شده در این کتاب، پس از ۷۰۰ سال یعنی قرن ۱۷ میلادی، در اروپا تأیید شده است. در پنجمین جشنواره مهندسی و مدیریت آب ایران که در اواخر سال ۱۳۹۴ برگزارشد، از مقام این دانشمند تجلیل شد. کتاب استخراج آب‌های پنهانی کرجی، در سال ۱۳۴۵ توسط حسین خدیوجم، از زبان عربی به فارسی برگردانده شد و توسط استاد احمد آرام تصحیح گردید. از ویژگی های علمی و زندگی این دانشمند بزرگ اطلاعات زیادی در دسترس نیست و به نظر می رسد بسیاری از آثار او از بین رفته است. تاریخ درگذشت کرجی را منابع مختلف بین سال‌های ۱۰۱۹ و ۱۰۲۹ میلادی عنوان کرده اند. در این نوشتار با مروری بر فصلهای مختلف این کتاب، نبوغ این محقق بزرگ در علوم زمین و به ویژه در مهندسی آب زیرزمینی بیش از پیش آشکار می گردد. بدون شک اختراعات کرجی در ریاضی به همان اندازه بزرگ و با عظمت است که در بیان مفاهیم آب زیرزمینی در هزارسال پیش نبوغ خود را در کتابی خلاصه به رخ کشیده است.

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۱۷
انتشار برخط: ۱۴۰۲/۸/۲۷

واژگان کلیدی
ابوبکر محمدبن‌حسین‌کرجی،
ریاضیدان، مهندسی آب زیرزمینی،
استخراج آب‌های پنهانی

✉
وابستگی سازمانی نویسنده
[1]دانشگاه شهید بهشتی، تهران
[2]مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین، تهران، بزرگراه حقانی شمال، خروجی میرداماد، خیابان محمدرضا کوشا، پلاک ۶۵، طبقه دوم، واحد سوم غربی.

استناد: قربانی، منصور (۱۴۰۲). ریاضیدانی که هیدروژئولوژیست بود! مروری بر "استخراج آبهای پنهانی" ابوبکر کرجی، *سرزمین های پارس آرین*، سال اول، شماره دوم (۸۳-۶۵)
شناسه دیجیتال: DOI: 10.61186/jpat.2024.2.4
ناشر: مرکز پژوهشی زمین شناسی آرین زمین

© نویسنده.

[1] m_ghorbani@hotmail.com

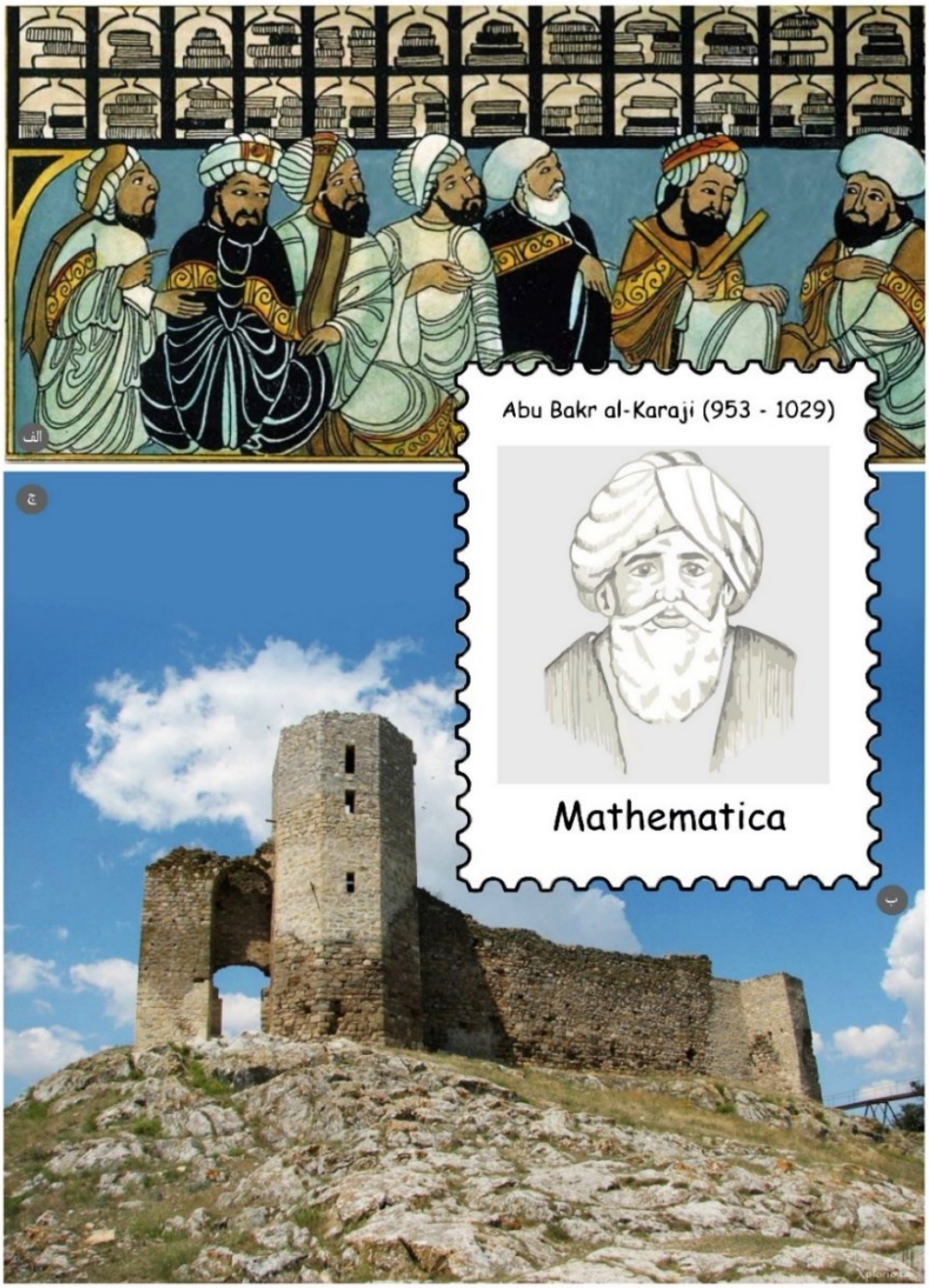
مقدمه

ابوبکر محمدبن‌حسین‌کرجی۲ را شاید بتوان یکی از بزرگترین دانشمندان گمنام ایرانی دانست که درخور شایستگی ها و نبوغ علمی‌اش معرفی نشده است. ریاضیدانی که هیدروژئولوژیست نیز بود و از او به عنوان یکی از نوابغ مهندسی آب زیرزمینی یاد می کنند. کرجی در سال ۳۳۲ هجری خورشیدی (۹۵۳ میلادی) در شهر کرج از توابع استان جبال ایران متولد شد. این ریاضی‌دان پرآوازه ایرانی هم عصر با ابوریحان بیرونی، زکریای رازی و ابن‌سینا بود. کرجی تقریباً بین سالهای (۹۵۳ تا ۱۰۲۹ میلادی) زندگی می کرد. اوج آفرینش علمی او را در حدود سال۳۹۰ خورشیدی (۱۰۱۲میلادی) یعنی حدود ۵۸ سالگی عنوان کرده اند. زکریای رازی تقریباً در روزگار جوانی «منطقه جبال» ایران(ماد باستان) را که اهل آن بود ترک کرد و برای تحصیل به بغداد رفت، جایی که در آن زمان با وجود دارالحکمه کانون دانشمندان بزرگ بود و بی‌تردید کرجی جذب درخشش فرهنگی پایتخت علم آن زمان شده بود (شکل ۱). در بیان این روزگار کرجی می گوید: وقتی به عراق رسیدم، ساکنان آن از پیر و جوان عاشق علم بودند و عظمت آن را تعالی می‌بخشیدند. در این دوره، عمده‌ترین آثار ریاضی کرجی یعنی الفخری، بادف و الکافی (شکل ۲) نگاشته شد (Sesiano,1977). گوبلو می گوید: تنها چیزی که در مورد ریاضیدان بزرگی مانند محمد کرجی می‌دانیم این است که او سال های زیادی از عمر خود را در بغداد گذرانده است. این که آیا او از خود بغداد آمده است (یکی از حومه‌های بغداد کرخ نام دارد) یا کرج یا کرج ابودلف را نمی توان با قطعیت مشخص کرد(Goblot 1979). با این حال در بسیاری از کتابهای مرتبط در ایرانی بودن کرجی و اینکه کرج در بخشی از استان جبال ایران قدیم است تردیدی ندارند. براساس آنچه که ساعدلو (ساعدلو ۱۳۸۸) در تصحیح و دیباچه کتاب "استخراج آبهای پنهانی" آورده است و بر اساس نقشه ای از ایران که در کتاب سرزمینهای خلافت شرقی توسط لسترنج (Le Strange 1905) ارایه شده است کرج ناحیه ای بین همدان و نهاوند امروزی است(شکل۲). ساعدلو در کتاب تحقیق، تحلیل و تفسیر کتاب "استخراج آبهای پنهانی" با استناد به موارد متعدد، اشاره به کرخ در بغداد را ناشی از سو تعبیر و عدم آشنایی با محدوده جغرافیایی ایران در ۱۰۰۰ سال پیش می داند.

کتاب «الفخری فی صناعه الجبر و المقابله» کرجی شهرتی جهانی دارد. دستاوردهای علمی این دانشمند بزرگ ناشناخته بود تا اینکه در سال ۱۸۵۳ میلادی، مستشرق آلمانی، وپکه(Woepcke, 1853)، بخشی از کتاب الفخری وی را به زبان فرانسه و همراه با تحلیل منتشر ساخت. وپکه در این کتاب اثبات کرد که بخش بزرگی از کارهای فیبوناچی اقتباسی از ریاضیدان‌های مسلمان و به ویژه کرجی است. از نظر ریاضی‌دانان بزرگ جهان، در تاریخ ریاضی فعالیت‌های کرجی از آن جهت اهمیت دارد که بر نظریه‌های مربوط به محاسبات جبری تمرکز یافته است(پیرهادی،۱۳۹۲).کرجی یا الکرجی آموختن را با علوم پایه، حساب، جبر و هندسه آغاز نمود در عین حال به بررسی‌های سرزمینی پیرامون علوم تجربی مانند مهندسی آب زیرزمینی نیز پرداخت. کرجی از پیشگامان علوم مهندسی و مباحث مختلف علوم آب و هواشناسی، هیدرولوژی و آب‌های زیرزمینی و مهندسی آب و حفر کاریز و نقشه‌برداری بود. علاوه بر دانش ریاضی حاسب کرجی، باید او را از پیشگامان علوم نجوم و زمین شناسی دانست تا جایی که ۷۰۰ قبل از کوپرنیک و نیوتون به کروی بودن زمین اقرار داشته و از جاذبه آن سخن می‌گوید. این دانشمند ایرانی هرچند که ریاضی‌دان بود و در آثار خود توجه ویژه‌ای به علم حساب، جبر و به‌ویژه جذر داشت با نگارش کتاب انباط المیاء الخفیه (استخراج آب‌های پنهانی) نشان داد که دانشمندی بزرگ در علوم زمانه خود و چه بسا آینده است.

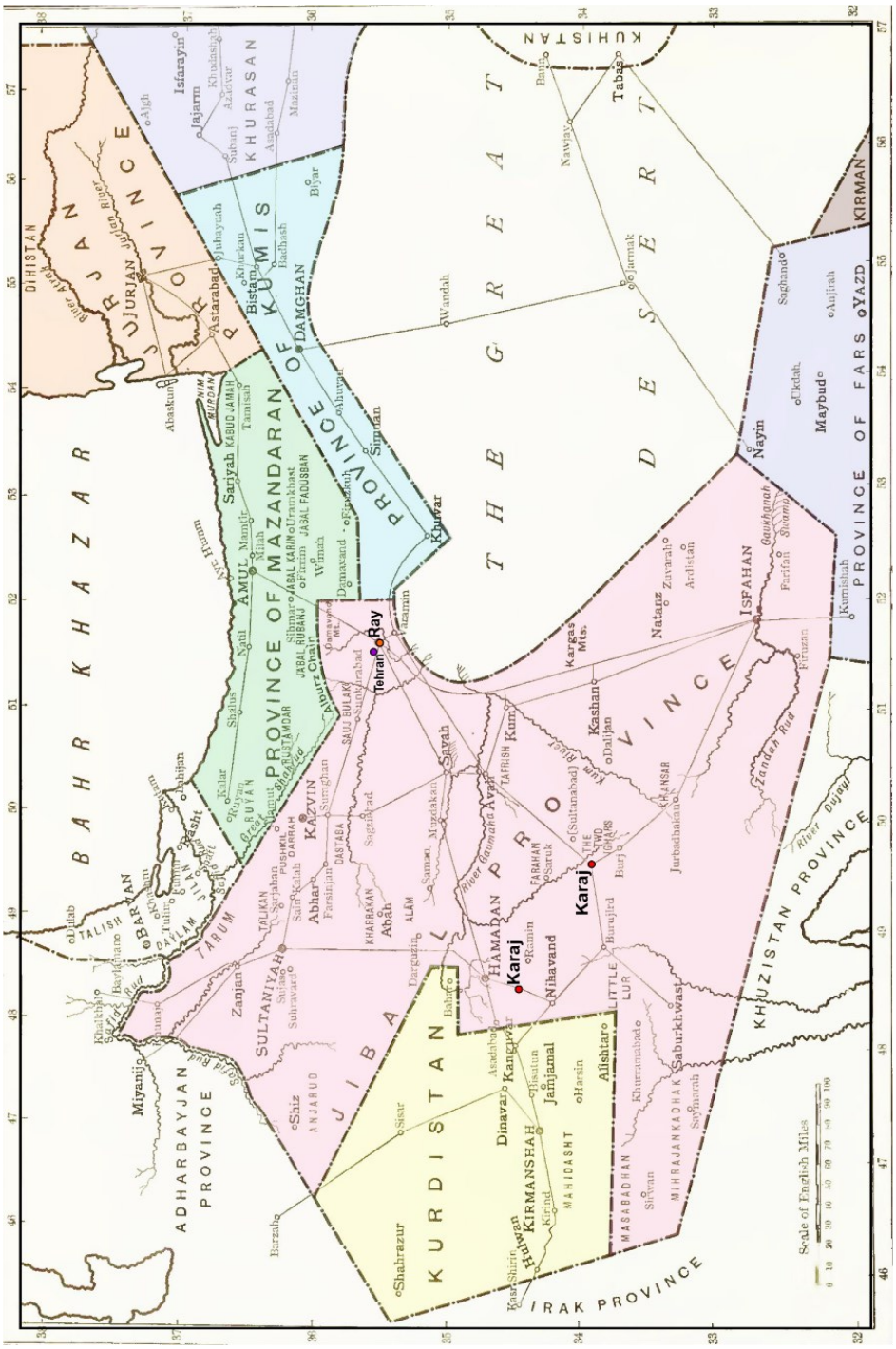
کرجی در کتاب استخراج آب‌های پنهانی(۱۰۲۰ سال پیش) شیوه‌های هندسی و فیزیکی برای محاسبه شیب زمین و چگونگی استخراج آب زیرزمینی را به خوبی ارایه می دهد. صحت برخی از نظریه‌های علمی ارائه شده در این کتاب، پس از ۷۰۰ سال یعنی قرن ۱۷ میلادی، در اروپا تأیید شده است. در پنجمین جشنواره مهندسی و مدیریت آب ایران که در اواخر سال ۱۳۹۴ برگزارشد، از مقام این دانشمند تجلیل شد. کتاب استخراج آب‌های پنهانی کرجی، در سال ۱۳۴۵ به توصیه استاد پرویز ناتل خانلری، توسط حسین خدیوجم، از زبان عربی به فارسی برگردانده شد و توسط استاد احمد آرام تصحیح گردید (شکل ۲). از ویژگی های علمی و زندگی این دانشمند بزرگ اطلاعات زیادی در دسترس نیست و به نظر می رسد بسیاری از آثار او از بین رفته است.

[2]Abu Bakr Muhammad ibn al-Husayn (or: al-Hasan) al-Karajī (or: al-Karhī)



شکل ۱: کرجی در بغداد در کتابخانه های مهمی همچون حلوان Hulwan با دانشمندان بزرگ آن زمان به مطالعه می کرد (الف) تصویری خیالی از کرجی که در بیشتر سایتهای اینترنتی به نقل از Andreas Strick 2014 آمده است(ب) و قلعه انیسالا[3]، ارگ قرون وسطایی در دوبروجیا رومانی مرکزی بازرگانی در شرق اروپا که اروپاییان را با دانش و فنون کرجی آشنا ساخت(به نقل از (Rice 2007

[3] https://www.romaniajournal.ro/travel/enisala-fortress



شکل ۲: محل قرارگیری دو نام‌شهر با عنوان کرج در استان جبال در ایران قدیم (به نقل از لسترنج ۱۹۰۵)

تاریخ درگذشت کرجی را منابع مختلف بین سال‌های ۱۰۱۹ و ۱۰۲۹ میلادی، یا ۴۱۰ و ۴۲۰ هجری قمری عنوان کرده اند. بدون شک، کرجی دانشمندی بزرگ بود که عظمت کارها و اختراعات و بررسی های او را در کتاب استخراج آبهای پنهانی به خوبی می توان درک کرد. در این نوشتار با مروری بر فصلها (بابهای) مختلف کتاب، نبوغ این محقق بزرگ در علوم زمین و به ویژه در مهندسی آب زیرزمینی بیش از پیش آشکار می گردد. بدون شک اختراعات کرجی در ریاضی به همان اندازه بزرگ و با عظمت است که در بیان مفاهیم آب زیرزمینی در هزارسال پیش نبوغ خود

را در کتابی خلاصه به رخ کشیده است. درک مفاهیم ارایه شده در هزار سال قبل در این کتاب به حدی اعجاب انگیز است که گویی آنچه که در قرنها پیش گفته است هنوز تازگی و کاربرد واقعی خود را تا به امروز حفظ کرده است.

کرجی و دانش زمین شناسی

از نبوغ کرجی می توان به کشف نیروی جاذبه، کروی بودن زمین و بیان فنون نقشه‌برداری اشاره کرد. به احتمال قوی کرجی نخستین کسی است که نقشه‌برداری زمینی را مطرح و وسایل اندازه‌گیری دقیقی از جمله ارتفاع‌یاب، زاویه‌یاب و تراز دایره‌ای را اختراع کرد(شکل ۵). او برای هدایت راستا و شیب کف قنات روش‌هایی ارائه کرد که از نظر اصول ریاضی درست منطبق بر آن چیزی است که امروزه در نقشه‌برداری‌های زیرزمینی انجام می‌شود و تفاوت اندک آن‌ها در اجرا، به‌دلیل ابزارهایی مثل تئودولیت است که در آن زمان وجود نداشته است. این نابغه ایرانی کتاب را با تعریف زمین و کیفیت آفرینش آن و چگونگی وضعش در جهان هستی شروع می‌کند. درباره کره زمین می‌گوید: «زمین با تمام کوه‌ها و دشت‌ها و پستی‌ها و بلندی‌هایش کروی شکل است. خدا آن را مرکز عالم۴ قرار داده است، که تا ابد با حرکت دائمی خود بر گرد این مرکز می‌گردد، ولی مرتبتش در جهان هستی بسیار اندک است.

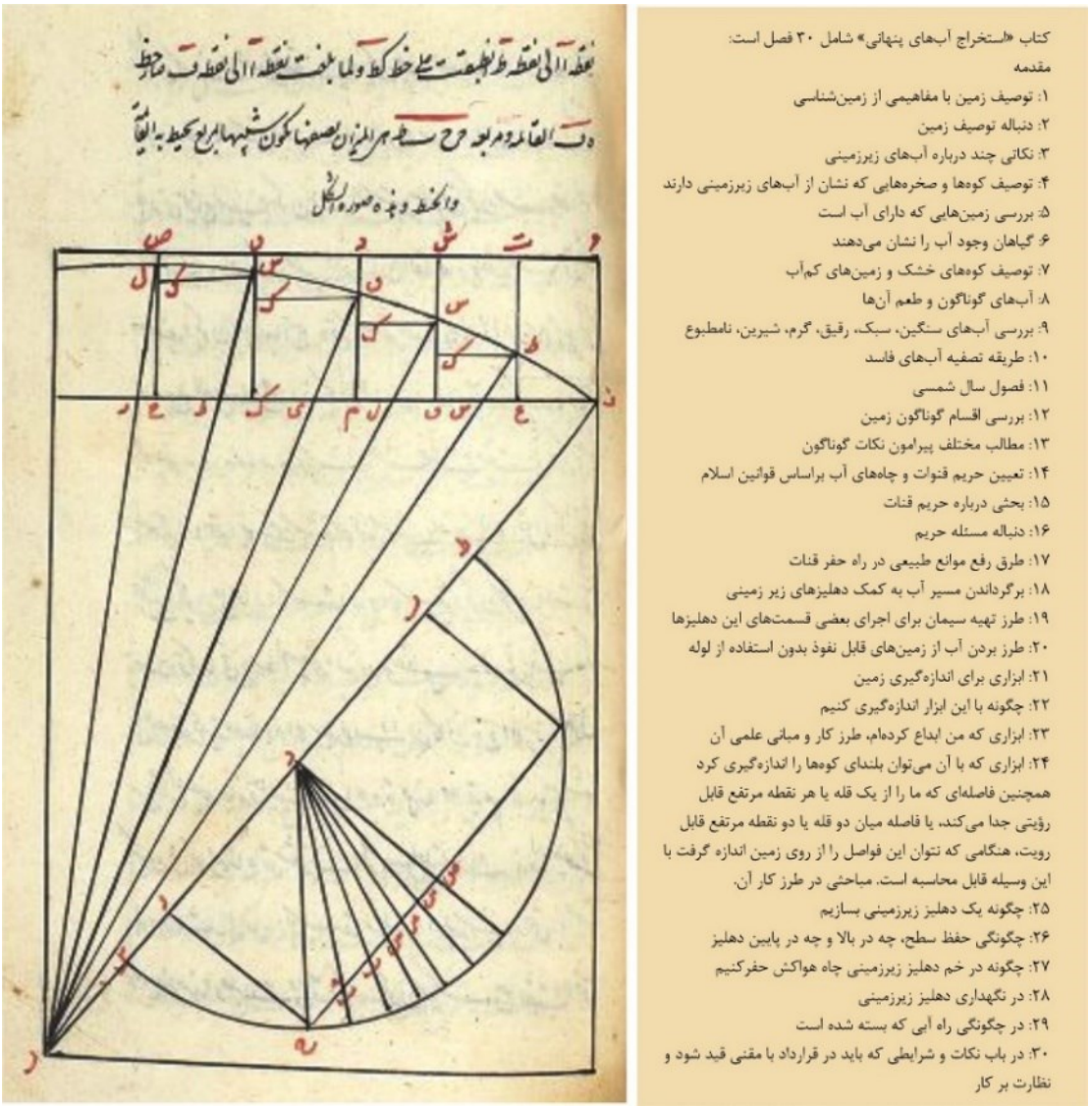
خداوند جهان را میان‌پر آفریده و خلائی در میان آن نیست. برای هریک از افلاک، ستارگان، آتش، هوا، آب و خاک محلی خاص قرار داده است، که چون از آن جدا شود با حرکت دوباره به این محل بازمی‌گردد. به‌همین دلیل اجسام سنگین مانند خاک و آب خواستار رسیدن به این مرکز هستند و هرچه جسم سنگین‌تر باشد این میل به مرکز بیشتر می شود. در استخراج آبهای زیرزمینی نیازی به سخن گفتن درباره اجسام دیگر پس از آب نیست. بنابراین لازم است که خاک در مرکز باشد و آب آن را در میان گرفته باشد. اگر زمین درست کروی شکل و چنان سخت بود که آب در درون آن نفوذ نمی‌کرد و تمام خطوط داخل میان مرکز و سطح آن مساوی بود، در آن صورت احاطه کره آب بر کره خاک به‌صورت احاطه سفیده تخم‌مرغ بر زرده آن می‌شد، خواه این آب اندک باشد یا بسیار، و سطح کره آب با سطح کره خاک موازی و سطح آب با سطح خشکی متوازی می‌شد و ناچار آب نمی‌توانست جریان پیدا کند و زمین دریای یکپارچه ای بدون خشکی می شد. در این حالت جز حیوان آبی موجود دیگری بر سطح زمین زندگی نمی‌کرد و ارتفاع آب در همه جا به یک اندازه می‌شد.

شکل۳ : جلد اول کتاب الکرجی، استخراج آبهای پنهان: رساله فنی–علمی کرجی، ریاضیدان–مهندس ایرانی در سال ۱۰۰۰ میلادی، ترجمه ایتالیایی و نظرات جوزپینا فریلو (تورین: کتابهای کیم ویلیامز، ۲۰۰۷)[5]

[۴] شاید اشاره به تنها سیاره مسکون در کهکشان راه شیری (در مقام عالم) باشد!

[5] Giuseppina Ferriello (Turin: Kim Williams Books, 2007)

کرجی می نویسد: اگر زمین همچنان که تعریف کردیم کاملاً کروی شکل و خطوط بیرون آمده از مرکز به سطحش برابر بود و در درون زمین شکاف‌های یکسان وجود داشت چگونگی آب به این چند حالت بیشتر نمی شد: یا آن که آب روی زمین را می‌پوشاند و در این صورت دریای واحدی تشکیل می شد، یا آن که آب تا سطح زمین می‌رسید و زمین یکپارچه خشکی می‌شد. حالت دیگر این بود که سطح آب در عمق زمین می‌بود و در شکم زمین سرگردان می‌ماند، که در آن حال سطح زمین با سطح آب موازی می‌شد، در هرسه صورت آب جریان نمی یافت، و در حالت فروتر بودن سطح آب از سطح زمین سطح آن در ژرفای یکسان متوقف می‌ماند و استخراج آن جز به‌وسیلـه چرخ چاه (دولاب و دلو) ممکن نمی‌شد. کرجی در توجیه این مقدمه می گوید: این بحث را تنها برای آن نگاشتم تا طبیعت آب تصویر شود و معلوم گردد که جریان آب به‌خاطر آن است که شکل کروی به‌خود بگیرد. وهرگاه آب شکل کروی پیدا کند مسلم است که جریان پیدا نخواهد کرد. و همچنین است حال بناها و مکان‌هایی که از سطح زمین بلندترند، که فروافتادن و ویران‌شدن آن‌ها نتیجه‌ی همان مرکزطلبی آن‌ها و کرویت گونه زمین است.



کتاب «استخراج آب‌های پنهانی» شامل ۳۰ فصل است:

مقدمه

۱: توصیف زمین با مفاهیمی از زمین‌شناسی

۲: دنباله توصیف زمین

۳: نکاتی چند درباره آب‌های زیرزمینی

۴: توصیف کوه‌ها و صخره‌هایی که نشان از آب‌های زیرزمینی دارند

۵: بررسی زمین‌هایی که دارای آب است

۶: گیاهان وجود آب را نشان می‌دهند

۷: توصیف کوه‌های خشک و زمین‌های کم‌آب

۸: آب‌های گوناگون و طعم آن‌ها

۹: بررسی آب‌های سنگین، سبک، رقیق، گرم، شیرین، نامطبوع

۱۰: طریقه تصفیه آب‌های فاسد

۱۱: فصول سال شمسی

۱۲: بررسی اقسام گوناگون زمین

۱۳: مطالب مختلف پیرامون نکات گوناگون

۱۴: تعیین حریم قنوات و چاه‌های آب براساس قوانین اسلام

۱۵: بحثی درباره حریم قنات

۱۶: دنباله مسئله حریم

۱۷: طرق رفع موانع طبیعی در راه حفر قنات

۱۸: برگرداندن مسیر آب به کمک دهلیزهای زیر زمینی

۱۹: طرز تهیه سیمان برای اجرای بعضی قسمت‌های این دهلیزها

۲۰: طرز بردن آب از زمین‌های قابل نفوذ بدون استفاده از لوله

۲۱: ابزاری برای اندازه‌گیری زمین

۲۲: چگونه با این ابزار اندازه‌گیری کنیم

۲۳: ابزاری که من ابداع کرده‌ام، طرز کار و مبانی علمی آن

۲۴: ابزاری که با آن می‌توان بلندای کوه‌ها را اندازه‌گیری کرد

همچنین فاصله‌ای که ما را از یک قله یا هر نقطه مرتفع قابل رؤیتی جدا می‌کند، یا فاصله میان دو قله یا دو نقطه مرتفع قابل رویت، هنگامی که نتوان این فواصل را از روی زمین اندازه گرفت با این وسیله قابل محاسبه است. مباحثی در طرز کار آن.

۲۵: چگونه یک دهلیز زیرزمینی بسازیم

۲۶: چگونگی حفظ سطح، چه در بالا و چه در پایین دهلیز

۲۷: چگونه در خم دهلیز زیرزمینی چاه هواکش حفرکنیم

۲۸: در نگهداری دهلیز زیرزمینی

۲۹: در چگونگی راه آبی که بسته شده است

۳۰: در باب نکات و شرایطی که باید در قرارداد با مقنی قید شود و نظارت بر کار

شکل ۴: نسخه‌ای خطی از کتاب استخراج آب‌های پنهانی مربوط به قرن ۱۷ میلادی (https://fa.wikipedia.org/wiki)

کتاب استخراج آب‌های پنهانی

استخراج آب‌های پنهانی به عربی النباط المیاء الخفیه کتابی است که در حدود سال ۱۰۱۰ میلادی توسط ابوبکرکرجی نوشته شده است. کرجی این کتاب را برای ابی‌غانم معروف بن محمد نوشته و در آن حاصل یافته‌ها و تجربه‌های شخصی خود و آنچه که پیشینیان درباره حفر قنات گفته و نوشته‌اند آورده است. این رساله با وجود اینکه به مسائل علمی پرداخته اما چندان مورد استفاده قرار نگرفته و در زمان خود به دست فراموشی سپرده شده است. در واقع آنان که می‌توانسته‌اند از آن بهره‌مند شوند به دلیل ناآشنایی به زبان عربی از آن بی بهره شدند. این کتاب نخستین بار در سال ۱۹۴۱ و در دانشگاه اسلامی حیدرآباد به زبان عربی چاپ شد. پیش از آن سه نسخه دستنویس(شکل ۳) از آن وجود داشت. حسین خدیو جم در سال ۱۳۴۵ خورشیدی (۱۹۶۶ میلادی) این کتاب را ترجمه و بنیاد فرهنگ ایران آن را منتشر کرد.

منشا آب: شروع بحث آبهای زیرزمینی کرجی

کرجی در مقدمه کتاب می‌نویسد: من حرفه‌ای را پرفایده‌تر از استخراج آب‌های پنهانی نمی‌دانم، زیرا به کمک این کار زمین آبادان می‌گردد، و زندگی مردم سازمان می‌پذیرد، و سود فراوان به‌دست می‌آید. در فصل دوم کتاب به خاستگاه آب‌های جاری و چشمه‌ها و تقسیم آنها می‌پردازد. منشأ چشمه‌ها، رودها، نهرها و منابع آبی که روی زمین قرار دارند از باران و برف است، اگر باران و برف قطع شود آب کاهش می‌یابد و به ویرانی زمین منتهی می‌گردد. بیشتر سرچشمه آب‌هایی که در قسمت آبادان زمین جریان دارد از ناحیه شمالی است، یعنی از نقاطی با عرض جغرافیایی زیاد، که به قطب شمال نزدیک‌ترند و هوای آن‌ها پر رطوبت و سنگین است. هوای این مناطق پیوسته به آب تبدیل می‌شود و ماده رودها و چشمه‌ها و آب‌های عروق و شکاف‌های زمین را فراهم می‌سازد.

قسمتی از آب‌ها که در زمین فرو می‌روند، چون به خاک سخت می‌رسند از فرورفتن بازمی‌مانند و در آنجا متوقف می‌شوند. هر گاه در بالای این موانع مجرایی ایجاد شود، آب به اندازه قدرت و فشارش در آن مجرا وارد می‌شود. این آب را اهل فن ماءالتواب (آب‌درون) می‌نامند. فرورفتن آن‌ها در زمین سبب پیدایش چشمه‌های طبیعی می‌شوند و باعث پیدایش رگه‌های آب در زیرزمین می‌گردند. بنابراین باید منبع و منشأ بیشتر آب‌ها از برف و باران و تبدیل آب و هوا و هوا به آب باشد تا مکان‌های دور از مرکز از آب بیرون بماند و جایگاه حیوانات صحرایی گردد و مکان‌های نزدیک به مرکز به‌صورت دریا درآید و قرارگاه حیوانات دریایی شود. اگر مقدار آب در روی زمین اندک نبود، از جریان می‌ایستاد و هرگاه جریان آب متوقف می‌شد آبادانی کاهش می‌یافت.

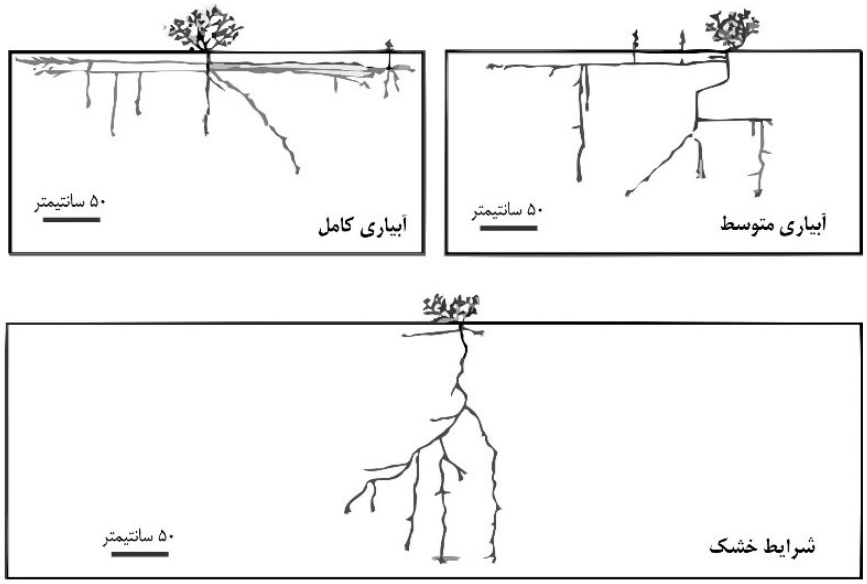
اکتشاف آب زیرزمینی: الفبای هیدروژئولوژی صحرایی

کرجی در توصیف چگونگی شناخت زمین‌های آب‌دار عنوان می کند: مقنی که نشانه‌های آب پنهانی را در سطح زمین را نشناسد در کار خود ضعیف است. به همین دلیل کرجی شواهد سطح زمین را برای شناخت آبهای زیرزمینی ضروری می داند. تمام زمین‌هایی که به ریشه کوه‌ها متصل باشند دارای آب زیرزمینی هستند و اگر صحراهای بسیاری به این رشته کوهها ارتباط داشته باشند صحرایی که به مرکز زمین نزدیک‌تر است آب بیشتری دارد و در ژرفای کمتری قرار گرفته است. به ویژه اگر تخلخل خاک بالایی داشته باشد. اگر خاک این صحراها یکنواخت باشد، آب تمام آن‌ها دارای یک ویژگی خواهد بود و اختلاف کمی با هم دارند. هر قسمت که به مرکز زمین نزدیک‌تر است آب در ژرفای کمتری قرار گرفته و بخشی که از مرکز دورتر است ژرفای بیشتری دارد زیرا آب در تمام قسمت‌های زیرین یکنواخت جریانی یکنواخت دارد. زمین‌هایی که بدون کشت کردن بر سطح آن گیاهان فراوانی وجود دارد، آب دار بوده و آب آن در ژرفای کمی قرار دارد، به ویژه اگر هنگام صبح بر روی گیاه رطوبت و شبنم قرار گرفته باشد. اگر بر سطح زمین اثر مجاری سیل آشکار باشد و این مجاری به دره کوه و برجستگی‌ها منتهی شود و سیلاب‌در این نواحی گریزگاهی نداشته باشد، آن زمین آب دار است. زمینی که بر سنگ‌هایش گیاه رسته باشد دارای آب زیرزمینی است. اگر هنگام صبح، بر سطح زمین بخار فراوان یا مه یا شبنم دیده شود آن زمین نیز آب [کم ژرفایی] دارد. اگر از گودی دره کوه یا بستر رود واقع شده میان دو کوه صدایی مانند زوزه باد

شنیده شود، قسمت زیر آن ناحیه در صورتی دارای آب است که بر روی آن زمین گیاه و شبنم دیده شود و اگر چنین نباشد آن صدا صدای باد است چرا که در خلل و فرج زمین خالی از آب، هوا نفوذ می‌کند و آن را می‌شکافد و چنین صدایی از آن شنیده می‌شود. [این احتمال وجود دارد این بخش بیشتر متوجه آب در محیطهای کارستی و سازندهای با تخلخل غاری و یا درز و شکافی فراوان باشد] پیشینیان گفته‌اند: زمین‌های پست که رنگ خاک آن سیاه۶ باشد دارای آب هستند. بیشتر این گونه زمین‌ها در محل گودال‌ها یا فرورفتگی‌هایی که کف آن خاک نرم باشد دیده می‌شود.

ژئوبوتانی: رابطه گیاه با اکتشاف آبهای زیرزمینی

در فصل چهارم کرجی به رابطه گیاه با اکتشاف آبهای زیرزمینی می پردازد. گیاهانی که بر وجود آب گواهی می‌دهند شامل خُرفه Portulaca و لوخ۷ (گیاهی است که بر کناره آب روید و حصیر از آن می بافند به آن درخت کاغذ نیز می گویند و تاجریزی۸ (تلخ و شیرین یا تاجریزی تلخ، گیاهی از سرده بادنجان و بومی آفریقای شمالی است و در آسیا، اروپا و شمال آمریکا به فراوانی دیده می‌شود. زیستگاه این گیاه در جنگل‌ها، حاشیه کنار دریاچه‌ها و تالاب‌ها است)، پونه آبی، ترشک، کرفس آبی، گیاهی شبیه به بنفشه که خوش بوی و خوش طعم است و گرگ تیغ نازک شاخه و راست بالا و نی نازک میان پر، گاوزبان، کنگر، فاشرا (یا مار دارو با نام علمی بریونیا Bryonia نام یک سرده از تیره کدوییان است)، پرسیاوشان، گزنه، شیرین‌بیان، اکلیل‌الملک و علفق که عبارت است از لیف حلفا، درخت بنه، علف بوریا، پنج انگشت، خارشتر، هویج صحرایی، کلم صحرایی و علف هفت‌بند است. وجود همه گیاهانی که نام برده شد در صورتی که کاشته شده نباشند، بر وجود آب پنهانی گواهی می‌دهد. اما خارشتر ریشه خود را در زمین فرو می‌برد تا به آب برسد (شکل ۴).



شکل ۵: مشخصات مورفولوژیکی ریشه نهال A. sparsifolia در تیمارهای مختلف آبیاری. نهال های خارشتر به صورت دست نخورده حفاری شدند و توزیع ریشه ها ثبت شد. سپس کل بوته ها را روی زمین افقی قرار داده و نمای جانبی سیستم ریشه با دست نوشته روی کاغذ مختصات ترسیم شد. این آزمایش توسط Zeng et al., 2012 یافته های کرجی است. در شن جاینگ چین Xinjiang انجام شده است و موید روش کرجی است.

---

۶ هنوز در بسیاری از مناطق غرب ایران خاک سیاه نشانه ای از وجود آب کم عمق است. این سیاهی و باتلاقی بودن در فصل بارش در نواحی کردنشین به "زق" یا همان"زه" تعبیر می شود.

7 papyrus, loch

8 Solanum dulcamara

کرجی می گوید: من (در بغداد) بوته بزرگ اسپندی دیدم که بر دجله مشرف بود و بر بالای آن خارشتری رسته بود؛ چون آب دجله فزونی گرفت ریشه اسپند کنده شد و قطعه‌ای از آن در دجله افتاد. خوب که دقت کردم، بر سطح اسپند باقیمانده ریشه‌های خارشتر را دیدم که از آن محل تا سطح آب امتداد یافته بود، و طول یک ریشه آن از پانزده ذراع (حدود ۸ متر) بیشتر بود. در این باره از شخص راستگویی شنیدم که گفت: در صحرایی که خارشتر داشت چاهی حفر کردم و در موضع حفر ریشه‌ای از این خار دیدم که امتداد یافته و پس از پیمودن پنجاه ذراع به آب رسیده بود. در بیشتر زمین‌هایی که گیاهانش دیم است اگر هندوانه یا خربزه بکارند، بهترین هندوانه‌ها آن خواهد بود که در داخل ریشه خارشتر کاشته شود. برای این کار ریشه زیرزمینی خارشتر را در زیر خاک می‌شکافند و در میان آن چند دانه تخم هندوانه یا خربزه می‌گذارند و روی آن را با خاک می‌پوشانند؛ نمو این بوته‌ها که در مواضع دیگر قرار دارند بیشتر است. و گیاهان بسیار دیگری را بر همین شیوه می‌توان کاشت.

هیدروژئومورفولوژی

در وصف کوه‌های خشک و زمین‌های کم‌آب کرجی در فصل پنجم می نویسد: کوه‌های سفید فاقد آب هستنـد، همچنین کوه‌های منفرد خشکند، مخصوصاً اگر مقدار سنگشان بیشتر باشد. اگر زمینی از کوه‌های مرطوب به دور باشد، کم‌آب است. در این گونه زمین‌ها آب جز در ژرفای زیاد یافت نمی‌شود. زمین‌های بدون گیاه فاقد آب هستند. زمینی که کلوخ‌های آن مانند سفال باشد بدون آب است. زمینی که طول و عرضش را صخره فراوان نازک پوشانده باشد که گویی آن را سنگفرش کرده‌اند، کم‌آب است. اگر پر شن و ریگ باشد و خاکش درشت باشد نیز کم‌آب است. زمین‌های پستی که تابش خورشید بر آن‌ها شدید باشد کم‌آب هستند. وقتی که می‌گوییم زمینی خشک یا کم آب است، مقصود آن است که آبش در ژرفای دور قرار گرفته است، زیرا هر گاه در زمینی به حفر چاه ادامه دهند سرانجام به آب خواهد رسید، البته به‌شرط آنکه در سرراه حفر مانعی نباشد. آب زمین‌های کم‌آب ناگوارا است. همچنین بیشتر آب‌هایی که در ژرفای زیاد قرار گرفته‌اند گوارا نیستند. زمین پر آب، اگر بر سطحش رودهای پرآب جاری باشد، به‌شرط آنکه شوری و تباهی خاک طعم آب را تغییر ندهد، آبش شیرین است. یک بار من خود در زمین‌های دارای آب فراوان دیده‌ام که حیوانات از آب آنجا نمی‌نوشیدند.

کیفیت آب زیرزمینی

در باب انواع آب و اختلاف طعم آن‌ها کرجی آب‌های زیر زمینی را بر سه نوع می داند: نوع اول آب اصلی درون زمین است که با افزونی و کاهش باران کم و زیاد نمی‌شود، و حالت و وضعش جز به‌مقداری اندک دگرگون نمی‌شود. این آب متناسب با وجود شکاف‌ها و روزنه‌های زیرزمینی، بیشتر جرم زمین را فرا گرفته و گذشت زمان و شدت گرما در آن بی‌اثر است. اگر در زمینی که دارای خاک‌های مختلف است موانع سخت و حفره‌های حاوی آب (آبخوان کانالی!) وجود داشته باشد، آب به طبیعت خود در این قسمت‌ها جاری می‌شود و برحسب وضع محل در ژرفای کم یا ژرفای زیاد قرار می‌گیرد. جریان و حرکت این آب در زیرزمین اندک است و وضعش مانند وضع دریاها در سطح زمین است. کاریزی که در این‌گونه زمین‌ها حفر می‌شود آبش دائماً به یک اندازه جاری است و تغییر نمی‌کند.

نوع دوم آبی است که مایه آن از تبدیل شدن دائمی هوا بـه آب در زیرزمین ایجاد می‌شود؛ جریان این آب نیز تا وقتی که علت از تبدیل شدن هوا به آب برجای باشد دایمی است. نوع سوم آبی است که از برف و باران مایه می‌گیرد. بیشتر آبادانی روی زمین به وجود این آب بستگی دارد، زیرا منبع رودهای بزرگ و چشمه‌ها و کاریزها از این آب است. طعم آب درون زمین مانند طعم آب دریاها و چشمه‌های راکد و مرداب‌ها تغییر نمی‌کند، زیرا شیرینی و رقت آب‌های روی زمین را آفتاب می‌گیرد، که در نتیجه سنگین می‌شوند و طعمشان تغییر می‌کند، ولی آب زیرزمین از این تأثیر و تغییر بر کنار است. آب‌های گرم کاریزها، اگر بر اثر فساد خاک گرم نشده باشند، از کاریزهای پرمایه سرچشمه می‌گیرد. آب‌های سردی که در کاریزها جریان دارند چندان نیرو ندارند، از آن جهت که مایه و منبع آن‌ها از آب‌شدن برف است، مگر آن که منبع آن‌ها از برفی باشد که همیشه باقی هستند. اگر منشأ این آب‌ها از ریزش باران باشد پس از بهار می‌خشکد، زیرا این‌گونه آب‌ها از بستر و کف کاریز نمی‌جوشد بلکه از دو طرف یا از یک طرف آن یا آن که از سقف کاریز می‌تراود.

آب‌های بادوام و اصلی همان آب‌هایی است که از کف و بستر کاریز مایه می‌گیرد و اگر در بستر این کاریزها حفاری شود آب از تمام جوانب می‌تراود و این تراوش افزون می‌شود. هرچاهی که حفر می‌شود، برای منبع آب آن ارتفاعی وجود دارد. گواراترین آب‌ها آب برف و باران است، سپس آب‌هایی است که در خاک شیرین جاری هستند یا از روی ماسه و سنگ‌ریزه عبور می‌کنند و در مجرای آن‌ها گیاهان آبی وجود ندارد. آب‌هایی که دارای خصوصیاتی غیر از این باشند طعمشان به‌وسیله خاک و گیاه مسیرشان تغییر می‌کند و خزه و جلبک نیز در تغییر طعم آن‌ها اثر می‌گذارد. در نتیجه آب‌های شور و تلخ و شیرین و گوگردی و نفتی و جیوه‌ای و زرنیخی و آب‌هایی که طعم قیر و زاج و زاگ و چیزهای دیگر موجود در داخل زمین را دارند به‌وجود می‌آید که قسمتی از آب‌ها نوشنده را دچار اسهال می‌نمایند یا آنکه طبیعت او را قبض (دچار یبوست) می‌کنند.

آبهای زیرزمینی بر اثر نوع خاک مختلف هستند و بدترین آن‌ها آبی است که منبعش در زمین سخت با کم آب باشد زیرا فراوانی آب در کاریز با گذشت سال‌ها برشیرینی آب می‌افزاید. علت آن است که جریان دائمی آب برخاک آن قسمت سبب تصفیه آن می‌شود. تمام آب‌های سنگین بیماریزا هستند و با بدن سازگار نیستند. گاهی بعضی از آب‌ها برای نوشنده ، بجز برای کسانی که در کنار آن زاده شده و به آن عادت کرده‌اند ایجاد مسمومیت می‌کند. بهترین آب‌ها آبی است که بر معده سنگینی نکند و به‌سرعت نفوذ کند و زود سرد و گرم شود. هر آبی که دارای صفاتی ضد این صفات باشد بد و بیماری‌زا است و هر آبی که انسان در نوشیدن یک خوراک از آن به بیشتر از حد معمول یا کمتر از آن محتاج شود نیز زیان‌آور است.

آزمایش کیفی و تصفیه آب

برای شناختن آب‌های سنگین، سبک، رقیق، غلیظ، شیرین و ناگوار کرجی به آزمایش متوسل می شود. هر گاه رنگ آبی تغییر کرد بدان که آن آب سودمند نیست و اگر بوی بدی از آن استشمام شد نشانه فساد آب است. اگر آبی را چشیدی و خوش طعم نبود، آن آب ناسالم است. اگر آب با دیدن و نوشیدن و چشیدن شناخته نشود ولی به‌سرعت گرم و سرد گردد مناسب و نیکو است و هر آبی که مدتی در گودال‌ها و چشمه‌ها راکد بماند فاسد است. اگر بر دو آب شیرین دست یافتی که برتری یکی بر دیگری به‌وسیله حواس ممکن نشد و خواستی سالم‌ترین و بهترین آن‌ها را بشناسی، دو پیمانه مساوی از آن‌ها را وزن کن؛ آن پیمانه که سبک‌تر است آب آن سالم‌تر است. برای آزمایش کیفی دو نمونه آب، دو کوزه آب ندیده که از لحاظ گنجایش و سختی و سستی سفال و رنگ مشابه یکدیگر باشند، از آن دو آب پرکن و کوزه‌ها را روی دو "سه پایه" بگذار (شکل ۵) و همزمان با هم در زیر هر یک ظرفی لعاب‌دار یا شیشه‌ای قرار بده، یک ساعت یا بیشتر آن‌ها را به‌حال خود بگذار، آنگاه آب‌هایی را که از کوزه‌ها تراوش کرده است پیمانه کن. هر کدام از این دو آب حجمش بیشتر باشد آب سبک‌تر و بهتری است.

شکل۶ : دو سفال آویزان از سه پایه، آزمایشی برای یافتن آب خالص تر (طرح از سمسار یزدی و لباف خانیکی ۲۰۱۷).

اگر بخواهی دو مقدار مساوی از این دو آب را در دو ظرف یک جنس و یک شکل بریز، و هر دو را با دو مقدار مساوی خاک ساییده و الک شده در یک لحظه کدر کن و پس از گل‌آلود شدن آب ظرف‌ها را به حال خود بگذار. آب هر ظرفی که زودتر لای آن ته‌نشین شود و صاف گردد، سالم‌تر است. روش دیگر آن است که دو مقدار مساوی از خاک ساییده و الک شده را برمی‌گزینی و دو مقدار مساوی آب انتخاب می‌کنی، هر

قسمت از خاک را به‌وسیله یک قسمت از آب‌ها خیس می‌کنی و آن دو را در سایه یا آفتاب قرار می‌دهی تا خشک شوند. آنگاه خاک‌های خشکیده را وزن می‌کنی آب آن خاک که در توزین سبک‌تر است بهتر و سالم‌تر است، زیرا همچنان که آب طعم و سنگینی خود را از خاک می‌گیرد، خاک نیز طعم و سنگینی آب را در خود نگاه می‌دارد. برای طریقهٔ اصلاح آب‌های فاسد نیز کرجی چنین پیشنهادی دارد: هرگاه در ظرف آب شور یا سنگین خاک ساییده شده خوب و تمیز بریزند و سپس آن را کنار بگذارند تا آب آن آرام و صاف گردد، مقداری از سنگینی و شوری آن برطرف می‌شود. اگر این عمل را تکرار کنند آب صاف شده نوبت دوم بهتر خواهد بود. و اگر این آب را در کوزه نوی بریزند تا از ته آن چکه کند، قسمتی از این شوری و سنگینی برطرف می‌شود.

هیدروکلیماتولوژی

نظرات کرجی درباره فصل‌های سال در کتاب استخراج آبهای پنهانی را می توان جزو مقدمات هیدروکلیماتولوژی برای آب یابی دانست. در این باره کرجی می گوید: خداوند خط سیر خورشید را در دایره‌ای قرارداده که نیمی از آن شمالی و نیم دیگر جنوبی است، بدین سبب سال، در مواضعی که عرض جغرافیایی متنابهی دارند، به فصل‌های چهارگانه تقسیم می‌شود. این فصل‌ها وسیله آبادانی زمین هستند. اگر خورشید بر دایره‌ای حرکت کند که در سطح دایره معدل النهار واقع شده باشد، این امر به کاهش و سستی آبادانی منتهی می‌شود و در تمام روز سال در ماه واحد اختلاف فصل وجود نخواهد داشت. یعنی هوا همیشه در هر ماه یا به لطافت بهار است یا به گرمی تابستان یا به سردی زمستان یا به پریشانی پاییز و این حالت تغییر نمی‌کند. اگر در سال، فصل زمستان که باعث چگالش هوا شده و رطوبت و باران و برف ایجاد می گردد، وجود نداشته باشد، دره‌ها و دامنه کوه‌ها پر از برف نمی‌شود تا چون فصل بهار فرا می‌رسد و تابش آفتاب به خط قائم نزدیک‌تر می‌شود، برف‌ها آب شوند و بر مرغزارها جاری شوند و خوراک حیوانات تأمین گردد و این موجودات پرورش یابند و نیز تابستان ایجاد نمی‌شود تا پرورش آن‌ها تکمیل گردد و نباتات رسیده خشک شوند. سپس پاییز نمی‌آید تا کاهشی ایجاد شود و در پی آن آبادانی بار دیگر تجدید گردد. به هر حال در غیر حالت فعلی، آبادانی روی زمین باقی نخواهد ماند. در فصل بهار آب چشمه‌ها و رودهای شمالی بیشتر می‌شود، چرا که برف کوه‌ها به این مناطق مایه می‌دهند. اگر آب در هوا منجمد نشود و به برف تبدیل نگردد تا در وقت نیاز آب شود، آبادانی کاهش می‌پذیرد. منبع و مایه آب‌های فراوان مناطق بسیار سردی است که عرض جغرافیایی زیاد دارند، زیرا بر آن پیوسته برف دائمی وجود دارد و این چنین نواحی از آبادانی خالی هستند. چون تابش خورشید در تابستان بر بقایای برف‌ها شدت می‌یابد، رطوبت‌های زمین از میان می‌رود، و آب چندان رقیق می‌شود که به هوا تبدیل می‌گردد. خدای تعالی را در این کار حکمتی بزرگ است؛ حکمت او برف را آب می‌کند تا به طرف آبادانی جریان یابد و سپس آب را کاهش می‌دهد و رطوبت‌های زمین را که بر اثر فصل زمستان ایجاد شده می‌خشکاند تا زمین دوباره به باران و برف نیازمند شود، و راه آمدن زمستان گشوده گردد.

اگر رطوبت‌های زمستانی در تمام سال بر یک حالت باقی بماند بر اثر فراوانی آب همه سطح زمین زیر آب غرق خواهد شد. اساس امر چنین است که هر گاه هوا در زمستان سنگین شود به آب تبدیل می‌گردد، و چون همین هوا در تابستان رقیق گردد از آب‌های روی زمین مایه می‌گیرد و بدین‌ترتیب با تبدیل شدن این دو عنصر به یکدیگر آبادانی زمین و زندگی حیوانات بر سطح زمین پایدار می‌ماند (چرخه آب). آنچه گفته شد در آن قسمت‌های شمالی زمین صادق است که عرض‌های جغرافیایی آن‌ها از میل دایرةالبروج بیشتر است. مدت بهار به اندازه مدت زمانی است که خورشید در برج‌های حمل و ثور و جوزا قرار دارد. طول تابستان به اندازه مدت زمانی است که خورشید در برج‌های سرطان و اسد و سنبله باشد. طول پائیز به اندازه مدت زمانی است که خورشید در برج‌های میزان و عقرب و قوس بوده باشد. طول زمستان به اندازه مدت زمانی است که خورشید در برج‌های جدی و دلو و حوت قرار دارد. اما سرزمینهایی که عرض‌های آن‌ها از میل کمتر است، تماماً در ناحیه شمال قرار دارند و تابستان این نواحی به طول می‌انجامد و از سه ماه افزون می‌شود. اما در شهرهایی که زیر خط استوا قرار دارند، هر گاه خورشید در اول حمل (فروردین) یا در اول میزان (مهر) باشد، هوای آنها بسیار گرم است. معتدل‌ترین فصول این شهرها وقتی است که خورشید در اول برج سرطان (تیر) یا در اول برج جدی (دی) باشد. پس در هر سال دو زمستان و دو تابستان و دو بهار و دو پائیز وجود دارد.

حریم قنات

حریم قنات برحسب اختلاف خاک‌ها بسیار گوناگون است و من به اندازه قدرت و اطلاع خود در این زمینه سخن می‌گویم: هرگاه کاریز در زمینی حفر شود که آن زمین دارای خلل و فرج یکسان باشد و در طول و عرض خاکش اختلافی وجود نداشته باشد، و منشا آب از باران و رودهای سطح زمین باشد، برای آن حریم واحدی لازم نیست، مانند سرزمین عراق که آب چاه‌های آن با افزایش و کاهش آب دجله زیاد و کم می‌شود. پس هر زمینی که مانند زمین‌های اطراف دجله باشد، کاریزش دارای حریم نخواهد بود زیرا اگر در این گونه زمین‌ها قناتی احداث کنند، آب از مسافت‌های دور و از چپ و راست به آن سرازیر می‌شود، مخصوصاً اگر پر ژرفا باشد و جوشش آب از دوجانب باشد نه از کف کاریز.

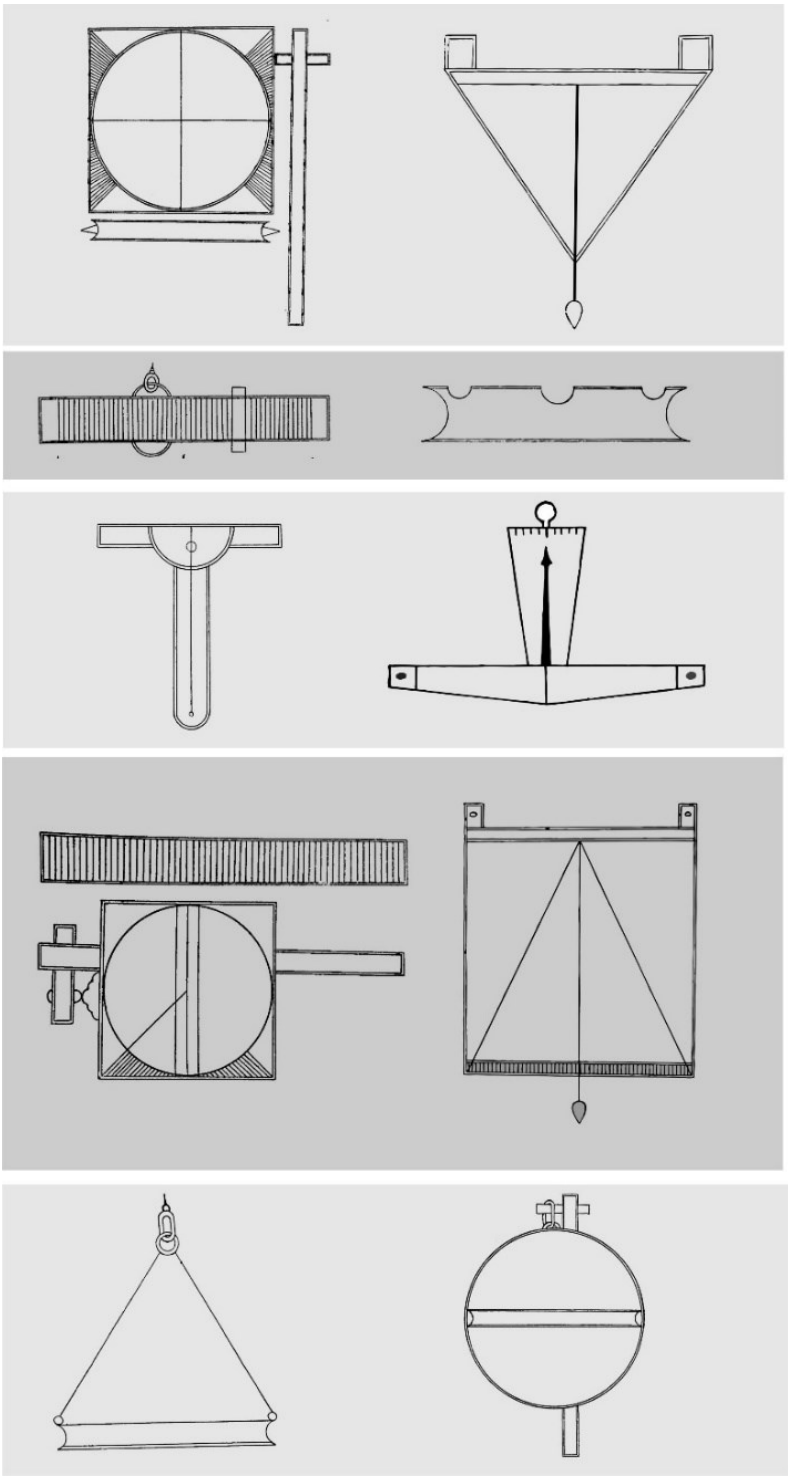
اما کاریزهایی که در زمین‌های پهناوری احداث شده‌اند که کوه‌های پر برف بر آن‌ها محیط شده و مایه و منبع آب از زیر همین کوه‌ها است و دارای آب اصلی نیستند، خاک آنها سست و نرم و دارای خلل و فرج است. اگر در این زمین‌ها کاریز احداث شود و رشته کاریز به دامنه کوه‌های برف‌دار برسد و در طول کاریز منشأ و منبعی وجود نداشته باشد حریم آن از هر طرف تقریباً پانصد ذراع است. اگر کاریز دیگری در این زمین احداث شود که راستای آن با راستای کاریز اول موازی یا نزدیک به موازی باشد، فاصله میان این دو کاریز باید هزار ذراع باشد تا برای هر یک پانصد ذراع حریم وجود داشته باشد. با این همه باید کف هر دو کاریز در ژرفای یکسان قرار گیرد و نباید کف یکی از دیگری بلندتر باشد. اگر کاریز اولی در دامنه کوه نامبرده احداث شده و به موازات طول کوه امتداد یافته باشد، فاصله میان این کاریز و کوه به تمامی، برای این کاریز حریم محسوب می‌شود و اندازه حریم طرف دیگر آن اندک است. اگر کاریز دیگری به موازت این کاریز احداث شود و کف این کاریز با کاریز اولی برابر باشد و ژرفای آن نیز در نزدیکی کاریز اول در سمتی که به جانب دشت قرار گرفته است گودتر نشود حریمش چهل وسمار باشد. در این صورت صاحب کاریز اولی نمی‌تواند مانع حفر کاریز دوم شود، زیرا مایه آب اولی از سمت کوه است نه از سمت دیگر، مگر آن که کف کاریز دوم از کف اولی پایین‌تر باشد که در این صورت صاحب کاریز اول می‌تواند مانع شود. چـرا که آبی که از زیر کوه در رگه‌های زمین جریان دارد و از کاریز اولی بیرون می‌آید هر گاه راه پایین‌تری بجوید، فروکش می‌کند و در کاریز دوم سرازیر می‌شود، و بدون شک آب کاریز اول نقصان می‌پذیرد. کارشناسان این امور باید انواع خاک را بشناسند و در کار خود ورزیده باشند تا در تشخیص دچار لغزش نشوند و در داوری مرتکب اشتباه نگردند. حریم کاریز در خاک سخت از حریم آن در خاک سست کمتر است. هرچه خاک کاریز سخت‌تر باشد حریمش کمتر است تا آن که به چهل ذراع کاهش می‌یابد. البته تشخیص و تحدید این امر موکول به آن است که کارشناس، خاک‌شناس باشد. تمام آنچه را که در تعیین حدود حریم ذکر کردیم از روی گمان و تخمین است، زیرا تحقیق در این مورد به‌واسطه بسیاری اختلاف درون زمین غیرممکن است.

مشکلات حفاری قنات

مشکلاتی که مانع حفر چاه و احداث کاریز می‌شوند عبارت است از: برخورد با سنگ یا بخار، سستی خاک، فراوانی آب منبع، یا بسیاری آب چکه (چکابه). هرگاه حفار هنگام حفر با سنگ برخورد کند، آن سنگ باید به‌وسیله قطاطیس (قلم آهنین یا پتک) و چکش‌های سنگین شکسته شود. در صورتی که خاک نرم باشد یا آن که سنگ در کمر چاه قرار گرفته باشد باید با کلنگ سنگ را بیرون آورند، که این عمل از ویران شدن چاه جلوگیری می‌کند. اما چاه‌هایی که حفر آن‌ها باید از میان سنگ بگذرد کار حفر به‌وسیله کلنگ سنگ‌تراشی آسان می‌گردد. اگر بخواهند از سختی سنگ کاسته شود، باید روی سنگ، با چوب‌هایی که دارای آتش قوی هستند، مانند چوب درخت‌های تاغ و بلوط و مازو، و دیگر درختان کوهی و درختان میوه‌دار آتش بیافروزند، یا آن که روی سنگ نفت بریزند و بالای آن آتشی ملایم روشن کنند. هر سنگی که داخل زمین باشد از سنگ‌هایی که بر سطح زمین در مجاورت نور خورشید قرار گرفته نرم‌تر است.

اگر قطعه‌ای از سنگ‌های سطح زمین را در خاک مدفون سازند از سختی آن کاسته می‌شود، همچنان که اگر سنگ‌های درون زمین را در مجاورت هوا و نور خورشید قرار دهند، بر سختی آن‌ها افزوده می‌شود. اگر خاک کاریز سست و نرم شود، باید در کنار چاه یا نقب‌های زیرزمینی چال‌هایی حفر کنند و برای محکم‌کاری در آنجا پایه‌های سنگی قرار دهند. در آن صورت که سستی خاک مانع حفر می‌شود چند حالت پیش می‌آید: یا آنکه خاک نقب ریگ به هم پیوسته است، که هر مقدار از آن را بردارند ریگ‌های اطراف جایش را پر می‌کنند، یا آنکه محل حفر پر از گل‌های بدون

چسب (شولات) است که معمولاً در نقب‌های فروریخته وجود دارد، یا آنکه خاک آن خشک و نرم است و مختصر پیوستگی دارد و به محض آنکه آب به آن‌ها برسد از هم می‌پاشد و فرو می‌ریزد. یعنی اطراف نقب از دو طرف ریزش می‌کند و دهانه آن فراخ می‌شود و ویران می‌گردد.



شکل ۷: انواع ابزارهای تراز و ارتفاع سنج که در کتاب استخراج آبهای پنهانی کرجی شرح آنها آمده است.

هرگاه محل نقب در میان گِل قرار داشته باشد، سستی و ناپایداری آن بیشتر است اما اگر محل حفر در میان ریگ ناپیوسته باشد، این پیش‌آمد یا در هنگام حفر چاه است، یا در وقت حفر نقب. این نوع زمین‌ها بیشتر در بیابان‌های ریگ‌زار واقع می‌شوند و تا آنجا که من آزموده‌ام ارتفاع این ریگ‌ها زیاد نیست. اگر در هنگام حفر چاه به این مانع برخورد شود، مقنی برای ادامه کار باید از تخته‌های محکم و عریض استفاده کند، و مربع‌هایی به شکل قالب خشت بسازد. دهانه هر یک از این مربع‌ها بایستی به اندازه ته چاه، به اضافه کلفتی دیواره چاه که در داخل آن ساخته می‌شود می تواند باشد.

ایمنی در حفاری قنات

به عقیده من سه عامل در چاه و کاریز و نقب، باعث ایجاد دم و بخار می‌شوند: اول به‌واسطه ژرف بودن چاه است، دوم به‌علت طولانی بودن نقب است، سوم بر اثر فساد خاک است. دلیل دیگر این است که چون دهانه چاه‌های کاریز بسته بوده، دم آن‌ها بیشتر شده است. اما فساد خاک در وقتی است که زمین دارای مواد گوگردی یا نفتی باشد، یا آنکه منابع قیر و امثال آن در آن زمین وجود داشته باشد که ذاتاً ایجاد بخار و دم می‌کنند. هر چاه یا نقبی که چراغ در آن‌ها خاموش شود، دارای دم است. نیرومندترین دم در وسط روز ایجاد می‌شود. قوی‌ترین چراغ‌هایی که می‌تواند در مجاورت دم چاه روشن بماند، آن چراغی است که روغن آن از موم یا پیه خوک یا گاو یا گوسفند باشد. پس از این‌ها روغن زیتون و یا روغن دیگر دانه‌های روغنی مناسب است. اما به‌کار بردن نفت مناسب نیست زیرا خودش دم بسیار ایجاد می‌کند.

در کتب پیشینیان خواندم که بهترین و نیرومندترین روغن برای چراغ در مجاورت بخار، روغن زیتون است و پس از آن موم. هر گاه مقنی دریابد که چاه اندکی دم دارد، اگر این دم موقت باشد، باید درون چاه در کنار او مقداری سرکه و هندوانه (اگر فصل آن باشد) قرار دهند. اگر بدین وسیله دم کاهش نیافت، باید در کنار چاه، چاه دیگر حفر کنند و از چاه جدید نقبی به آن چاه بزنند. یا آنکه لوله‌ای دراز که سوراخ آن به اندازه غلاف نیزه، یا تنگ‌تر باشد، از چرم درست کنند و یک سر آن را در ته چاه سرنگون سازند و سر دیگرش را بر لب چاه قرار دهند. آنگاه سر بالایی را به دم آهنگری قوی متصل سازند، و بدینوسیله تا وقتی که مقنی مشغول حفر است پیوسته در لوله چرمین بدمند. مقنی‌هایی که در چاه‌های دمدار کار می‌کنند باید خوراک رقیق بخورند و از خوردن غذاهای پیازدار یا سیردار و دیگر مواد کندناک خودداری کنند.

تکمیل و تجهیز قنات (لوله گذاری با تنبوشه)

اگر به خمیره آهکی (ملات آهکی یا ساروج) برای اتصال تنبوشه ها (شکل ۷) نیازمند شدی، باید سنگ‌آهکی را که در حد اعتدال پخته شده باشد برگزینی و با افشاندن اندکی آب آن را آهک کشته را با غربال ریز الک کنی. آنگاه با هر بگشایی، و سپس دوازده مَن آهک بیخته، یک من روغن زیتون یا روغنی دیگر البته روغن زیتون بهتر است در آمیزی و اگر آهک را با شیر خمیر کنند بهتر خواهد بود. پس از این باید آهک خمیر شده را در هاون سنگی بزرگ قرار دهند و آن را با دسته چوبی آهسته بکوبند و اندک اندک روغن بر آن بیافزایند، پس از آماده شدن خمیر بلافاصله باید آن را به‌کار برند تا خشک و فاسد نگردد. اگر آهک را با تخم‌مرغ خمیر کنند با دوام‌تر می‌شود و هر چه روغن آهک بیشتر باشد دوام آهک افزون‌تر است. یکی از پیشینیان گفته است: اگر در آبی که می‌خواهند آهک را با آن بکشند، اندکی سرکه بیافزایند بر دوام آهک افزوده می‌شود. دیگری گفته است: زنگ آهن ساییده و بیخته که با سفیده تخم‌مرغ خمیر شده باشد، برای بستن شکاف و سوراخ برکه‌ها و حوض‌ها و آبگیرها بسیار نیکو است. اما اگر آهک را با آب نکشند، بلکه آن را بکوبند و غربال کنند و با روغنی خمیر کنند و بلافاصله به‌کار برند از آن یکی بهتر است، و برای گرفتن درز و شکاف ظرف و جز آن مناسب‌تر خواهد بود.

اگر مجرای آب سست و آبکش باشد، باید کف جوی را با آجر بزرگ و آهک کبود (ساروج) فرش کنند. آهک کبود عبارت است از آهکی که با مقداری کمتر از وزن خود از خاکستر کوره آهک‌پزی درآمیزند. البته، پیش از مخلوط کردن باید خاکستر را با تخماق آهنین (وسیله‌ای از آهن مشابه پتک امروزی)، نرم بکوبند. علاوه بر این آجر فرش شده در کف جوی باید در میان ساروج کاملاً استوار شده باشد، و دو طرف نهر را نیز با آجر و ساروج محکم می‌کنند. طریق دیگر این است که کف جوی را به اندازه یک ذراع یا کمتر به نسبت افزونی یا کمی آب گود کنند، و خاک آن را بیرون آورند و در جایش گل رس بریزند، آنگاه گل‌ها را با تخماق آهنین بکوبند تا آنکه مجرای آب بالا بیاید و به سطح اول برسد. دو طرف نهر را

نیز باید به‌وسیله همین گل به اندازه ارتفاع آب و به صورت مورب (پخدار) بالا بیاورند. اگر در خاکی که برای این منظور به‌کار می‌رود اندکی رطوبت اصلی موجود باشد، بر استواری مجرا افزوده می‌گردد به شرط آنکه آب را از این خاک قطع نکنند تا آنکه رطوبت اصلیش باقی بماند. اگر با خاک رس نامبرده سنگ و ماسه نرم مخلوط کنند و در جوی بریزند و سپس گل‌ها را به‌دقت و محکم بکوبند بر استحکام جوی افزوده می‌شود. پیشینیان گفته‌اند: چارپایان را در کف جوی رها کنید تا آنجا را بسیار لگدکوب کنند. اما اگر خاک رس را در حالی که رطوبت اصلی در آن باقی است برگزینند و با هم وزن آن آهک مرده و به همان اندازه ماسه مخلوط کنند و در کف جوی بریزند و با تخماق آهنی بکوبند و روی آن آب جاری سازند، آن محل با گذشت زمان مانند سنگ محکم می‌شود. گاهی گل و لای کف کاریز به سنگ تبدیل می‌شود و چنان سخت می‌گردد که کندن آن برای مقنیان دشوار است. در بسیاری از موارد زمین‌های سست را با تخته‌های سنگ، فرش می‌کنند و خلل و فرج آن را با خاک رس آمیخته با ماسه و آهک پر می‌سازند.

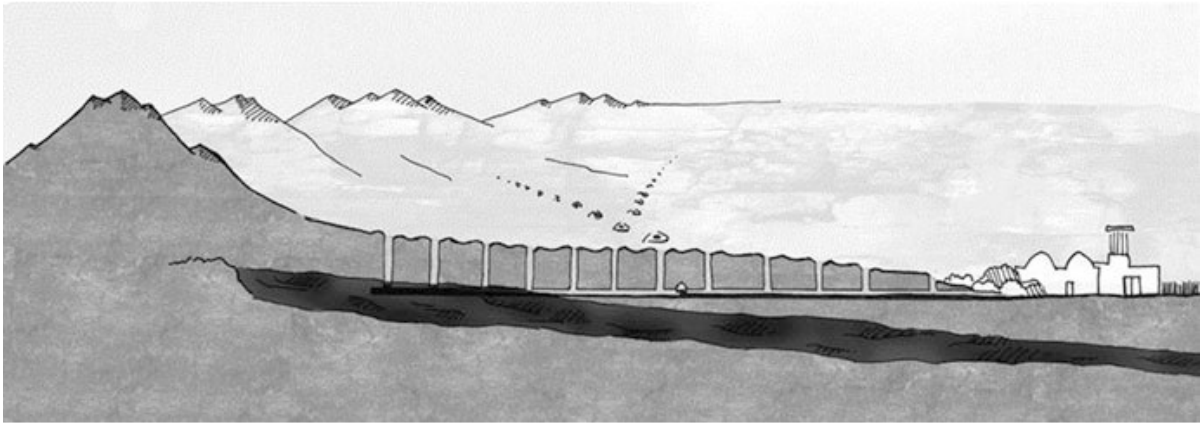
شکل۸ : نمونه ای از استفاده از تنبوشه در سیستم آبرسانی قدیمی شهر بروجرد(عکس از خبرگزاری مهر)

شناسایی مکان مناسب برای احداث قنات

بهترین محل برای حفر کاریز (شکل ۸) جلگه‌های دامنه‌ی کوه‌هایی است که دارای رطوبت و برف دائمی باشند یا زمین‌هایی که میان دره‌های این کوه‌ها واقع شده باشند. پس از این دو محل صحراهایی که به سلسله جبال مرطوب و طولانی مربوط می‌شوند برای احداث کاریز مناسب و مفیدند. اگر چنین مواضعی برای حفر کاریز پیدا کردی از آن چشم مپوش و اگر صحرایی پیدا شد که از کوه‌های نامبرده به‌دور است ولی دارای گیاهان شاداب فراوان است و سبزی‌هایی که بر وجود آب‌های زیرزمینی گواهی می‌دهند در آن زیاد است، به حفر بپرداز. زیرا مقدار آب‌های پنهانی در زیر این زمین‌ها همیشه یکنواخت است و کمی باران و برف در کاهش آن‌ها موثر نیست. با دانستن مطالبی که ذکرش گذشت انتخاب محل مناسب برای ایجاد کاریز آسان می‌نماید.

ممکن است حفر کاریز را در هنگام کم‌آبی آغاز کرد، یعنی در دو ماه شهریور و مهر. اگر خاک زمین قنات سست نباشد، می‌توان نقب‌های آن را از حد معمول طولانی‌تر و فراخ‌تر احداث کرد. اگر خاکش سست و بی‌دوام باشد، باید نقب را تنگ بگیرند و کف آن را به‌صورت مدور و غیرمسطح در آورند. اگر در طول و عرض سطح زمینی زه‌آب و چشمه‌های فراوان وجود داشته باشد، کاریزهای موجود در این نوع زمین پر آب خواهد بود. مخصوصاً اگر خاک زمین مایل به سیاه باشد. هرگاه محل مناسب پیدا کردی، از موضعی که می‌خواهی آنجا را دهانه یا مظهر قنات قرار دهی، از پایین به بالا تراز می‌گیری تا به محلی که می‌خواهی گمانه چاه را در آنجا حفر کنی برسی. سپس گمانه چاه را حفر می‌کنی و چون به آب رسیدی، اگر ارتفاع سطح آب درون گمانه چاه از ارتفاع مظهر یا دهانه قنات بلندتر بود، آن محل را برای احداث قنات اساس و مبدأ قرار می‌دهی. اما اگر

گمانه چاه در ارتفاعی هم‌سطح دهانه کاریز به آب نرسید، برای حفر گمانـه، چاه دیگر را با ترازگیری مجدد انتخاب می‌کنی و تا فاصله دورتری جلو می‌روی تا به نتیجه مطلوبی که وصف کردم برسی.



شکل۹ : پروفیل یک قنات به نقل از سمسار یزدی و لباف خانیکی

هر گاه محل مناسب برای حفر گمانه چاه به شیوه‌ای که گفتم یافتی نقب‌هایی که از محمل گمانه به طرف پایین حفر می‌شود در خشکی خواهد بود و نقب‌هایی که به سمت بالا امتداد می‌یابد در منبع و مخزن واقع می‌شوند. اگر ممکن شود که قنات را در زمین سخت احداث کرد نباید در قسمت‌های سست به حفر پرداخت و اگر در موقع حفر در قسمت خشکی به خاک بدبو برخورد شود، باید مجرا را عوض کنند. پیشینیان گفته‌اند از احداث کاریز در خاک بدبو باید چشم پوشید.

پایداری گالری های قنات

بیشتر مقنیانی که مدعی این صنعت هستند و من دیده‌ام، در حفر مجاری و نقب‌ها در قسمت خشکی منحرف و نامساوی پیش می‌روند، و از کف مجرا بیش از اندازه لازم پایین می‌روند، یا بالا می‌آیند. آنگاه پس از آنکه راه نقب را به چاه‌ها باز کردند و رگه‌های خشک را به‌وجود آوردند کجی‌های نقب را با فراخ کردن اطراف آن برطرف می‌سازند. این کار برای قنات زیان بسیاری دارد، مخصوصاً اگر خاک قنات سست باشد. اگر بخواهی همواری و راستای نقب (بانجه) در قسمت‌های خشک قنات محفوظ بماند وضع از دو حالت بیرون نیست: یا آنکه نقب در امتداد چاهی معلوم حفر می‌شود، یا آنکه چنین نیست. در آن حالت که نقب به طرف چاه معلومی حفر نمی‌شود، باید آن را چنان حفر کنند که راستای آن محفوظ بماند و کف نقب بالا و پایین نرود. برای حفظ این یکنواختی چوبی که طولش سه ذراع و مقطعش مربعی به عرض چهار انگشت باشد برمی‌گزینی. بر سر این چوب، چوب دیگری را به‌صورت عمود بر آن نصب می‌کنند که ارتفاعش در حدود یک ذراع است. از بالای عمود شاقولی با نخ نازک می‌آویزند. در قسمت زیرین عمود که روی چوب نامبرده قرار گرفته، سوراخی به شکل نیم‌دایره ایجاد می‌کنند تا هر گاه شاقولی از عمود نامبرده آویخته شد در جوف آن قرار گیرد. و بر روی عمود خطی قائم در راستای طول چوب از محل سوراخ شاقول رسم می‌کنند(شکل ۶). این چوب را مقنی همراه خود برمی‌دارد و حفر اولین نقب یا کوره را در ته چاه آغاز می‌کند. پس از آنکه یک ذراع حفر این چوب را در کف چاه و کف نقب حفر شده می‌گذارد، اگر اندکی از آن زیادی بود، در نقب یا کوره دیگر داخل می‌شود و از آنجا به نخ شاقول می‌نگرد. اگر نخ شاقول روی خط ترسیم شده گرفت عمل انجام شده صحیح است. ولی اگر نخ به سمتی مایل شده بود، آن طرف از سمت دیگر پایین‌تر است. پس آن محل را به اندازه‌ای که با کف چاه، تراز و برابر گردد بالا می‌آورند، یا به مقداری که باعث اشتباه شده پایین می‌برند، و یک ذراع دیگر حفر می‌کنند. و آن را نیز با این چوب می‌آزمایند، تا آنکه سه ذراع راست و درست حفر گردد.

نگهداری قنات به این است که لای‌روبی شود و پاک بماند، مخصوصاً توجه به مظهر قنات لازم‌تر است، چه در آن گل بیشتر جمع می‌شود و بر بستر آن خزه بیشتر می‌روید. کار دیگری که برای حفظ قنات لازم است این است که در فصل زمستان دهانه چاه‌ها را با آجر و تخته‌سنگ مسدود

کنند. اگر این وسایل به‌دست نیامد، باید بر دهانه چاه با خشت طاق ضربی بزنند. دیگر آنکه در هنگام حفر باید دهانه چاه‌ها را با سنگ یا آجر یا گل رس بالا آورند و گل‌های بیرون آمده از نقب و چاه را در پشت دیواره‌ای که بر گرد دهانه چاه بنا شده بریزند تا از ورود آب در چاه جلوگیری شود. دیواره اطراف دهانه چاه باید مرتفع باشد و کاملاً روی دهانه چاه قرار گرفته باشد. این شیوه برای مصون ماندن قنات از ویرانی بهترین وسیله است و مالکان را از مسدود کردن دهانه چاه‌ها بی‌نیاز می‌کند و آبادی قنات را پایدار می‌سازد. زیرا بیشتر فساد قنات براثر خرابی دهانه چاه‌ها ایجاد می‌شود. از دیگر ضروریات حفظ قنات این است که نگهبانی تعیین شود تا در هر ماه یک مرتبه به درون آن رود و اطراف و جوانبش را به‌دقت بررسی کند. تا اگر در محلی مقداری گل ریزش کرده، بلافاصله برداشته شود. دیگر اینکه در آغاز هر سال قنات را از رسوبات لای‌روبی کنند. اگر بعضی از چاه‌های قنات در مجرای سیل واقع شده، باید دهانه آن‌ها را با سنگ و آجر بالا آورد و در اطرافش مقداری خاک و گل، بیش از آن چه از چاه و نقب خارج می‌شود، ریخت، تا آن محل به صورت تپه‌ای در آید. این گل باید رس و مانع نفوذ آب باشد. اگر اطراف این تپه را با سنگ بالا آورند بهتر خواهد بود.

شایسته نیست که قنات در مجرای سیل یا میان دره احداث گردد مگر وقتی که خاک این گونه زمین‌ها چسبنده و سخت باشد. احداث قنات در خاک سست، پول تلف کردن است، مگر آنکه خاک کمی چسبندگی داشته باشد و بر نقب‌ها طاق آجری بزنند. اگر قنات در وسط دره یا مسیل واقع شده و آب در فصل‌های پرآبی از روی دهانه چاه‌های آن بگذرد و ممکن نباشد که دهانه چاه‌های آن را به شیوه‌ای که گفته شد بالا آورند، باید دهانه چاه‌های واقع شده در محل سیل را تا نیمه با گل رس پر کنند و محکم ببندند. راه پر کردن این چاه‌ها چنین است: در دو طرف دیواره آن را حفر می‌کنند و با سنگ و آجر این قسمت حفر شده را چنان می‌چینند که چون قسمت چیده شده به اندازه پنج وجب بالا آمد، به اندازه دو سه انگشت در چاه پیش‌آمدگی و لبه پیدا کند. سپس روی این لبه قطعات کالا (تخته‌سنگ) قرار می‌دهند و روی آن را گل می‌ریزند تا به دهانه چاه برسد. ممکن است به جای تخته‌سنگ طاق بزنند. گل ملاطی که در این دیواره به‌کار می‌رود باید از خاک چسبنده‌ای که دارای رطوبت اصلی باشد تهیه گردد. اگر آب منبع از تمام جهات نقب زیاد باشد و خاکش چسبندگی نداشته باشد، چاره آن است که در آن تنبوشه سفالین نصب کنند. فراخی دهانه تنبوشه‌ها باید به اندازه‌ای باشد که مردی بتواند در آن‌ها وارد شود. در اطراف تنبوشه باید سوراخ‌های ریزی ایجاد کنند تا محل تراوش آب مسدود نگردد.

احیای قنات

در باب شیوه گشودن مجاری مسدود شده قنات کرجی بیان می کند: گاهی، براثر ریزش گِل از آسمانه نقب یا از دهانه چاه‌ها، آب کاریز بند می‌آید. در صورتی‌که در خاک قسمت‌های ریزش کرده سنگ وجود داشته باشد، جریان تمام یا قسمتی از آب متوقف می‌شود. ممکن است اندازه آب بند آمده یا ارتفاع گل‌های ریزش کرده بسیار اندک باشد. اگر مانع اندک باشد گشودن راه آب آسان است. در مواردی که از محل خرابی مقداری آب جریان داشته باشد، احتمال می‌رود که راه آب بدون اقدام و اصلاح خود به‌خود باز شود، مخصوصاً اگر بیشتر فروریختگی خاکی باشد. اگر تا نزدیکی محل خرابی لای‌روبی و تنقیه شود و چند روزی آن را به حال خود بگذارند، آب راه خود را باز می‌کند. و همچنین است اگر در کف نقب، نزدیک محل ریزش کرده، حوضچه‌ای حفر کنند.

اگر به این دو شیوه راه آب باز نشد، و ارتفاع آب در چاه‌ها زیاد بود می‌توان به‌وسیله تحویل، راه آب را باز کرد. شیوه کار چنین است: نقبی حفر می‌کنی که بین آن و آب بند آمده در حدود سه ذراع یا کمتر فاصله باشد. سپس چوبی که طولش بیشتر از سه ذراع باشد می‌گیری و بر این چوب سر نیزه‌ای سنگین نصب می‌کنی تا ریشه کن ساختن اشیأ به‌وسیله آن ممکن باشد. با کمک این ابزار سوراخی به اندازه چهار انگشت ایجاد می‌کنی تا آنکه سر نیزه در سمت دیگر به آب برسد. آنگاه از نقب بیرون می‌آیی. به ناچار راه آب باز می‌شود و نقب فراخ می‌گردد. اما اگر ارتفاع آب اندک باشد، می‌توان راه آب را از چاهی که ریزش کرده باز نمود. شیوه این کار چنین است: مقنی به درون چاه می‌رود و خاک‌ها را بالا می‌دهد تا آنکه به خاک گل شده برسد. آنگاه بر دیواره آن چاه پله‌هایی از چوب که در چند محل داخل چاه نصب می‌شود ایجاد می‌کند تا بتواند به راحتی از چاه بالا بیاید. آنگاه مقنی بر روی پله‌ای قرار می‌گیرد و با کج بیل دسته فلزی خرده‌خرده گل‌ها را از چاه بالا می‌کشد، تا آنکه اندک‌اندک راه آب باز

شود. پس از آنکه راه آب اندکی باز شد آن را به حال خود گذارند تا خود به خود تمامش گشوده شود. اما اگر آب در وسط نقب بند آمده باشد، باید از سطح زمین چاهی تا محل ریزش حفر کنند تا به محل مسدود شده برسند، و چون به آن رسیدند، شیوه عمل همان است که قبلا گفته‌ام.

خاتمه پیمان و تحویل کار از مقنیان

در باب چگونگی تحویل‌گرفتن کار از مقنیان کرجی شیوه درست نظارت را اینگونه بیان می کند: اما قنات تازه احداث شده باید مستقیم حفر شده و بستر آن یکنواخت و ارتفاع آب در همه جای آن به یک اندازه باشد، زیرا افزونی آب در یک نقطه از کاریز نشانه وجود نابسامانی و کجی در آن است. هرگاه قناتی نادرست حفر شده باشد، آب در یک نقطه راکد مانده و در نقطه دیگر به‌سرعت جریان می یابد. مخصوصاً اگر خاک آن سست باشد سرانجام ریزش کرده و قنات ویران می‌شود. در صورتی‌که امکان حفر نقب‌ها (گالری های) قنات بر خط مستقیم و راستای معلوم نباشد، باید سعی شود که بستر نقب‌ها بر یک تراز حفر شود و آسمانه نقب تقریباً با سطح افق موازی و ارتفاع آب در سرتاسر قنات به‌یک اندازه باشد.

لایروبی و پاکسازی در حکم زندگی قنات محسوب می‌گردد. کارشناسی که می‌خواهد مزد لایروبی قنات را تخمین بزند، باید پیش از شروع کار، باید وارد قنات شده و از محل دیدن کند. در مورد اجرت لایروبی هر نقب از قنات بر حسب آن که گل سخت یا نرم باشد با مقنی شرط کند(طی کند). باید اجرت هر «شاه و سمار»[احتمالاً واحد طول باشد] آن را با دقت کامل و با حساب ذراع (حدود ۵۴ تا ۷۳ سانتیمتر است) تعیین کند. پس از آنکه مقنی لایروبی را تمام کرد، کارشناس پایین می‌رود و کار او را از اول تا آخر بررسی و تقویم می‌کند. اگر کار، مطابق شرط، درست و صحیح انجام شده بود، مزدش را می‌پردازند، و گرنه به اندازه سهل‌انگاری و تقصیر مقنی از اجرتش کم می‌کنند. این روش نظارت بر کار لایروبی توسط کرجی روشی صحیح دانسته شده است. در نوع دوم که ناظر از قنات پایین نمی رود و خاکهای لایروبی شده و بالا فرستاده شده را پیمانه (کیل) می کند می گوید: آن کسی که خاک‌های خارج شده از قنات را کیل کند و مزد می‌دهد، بسیار زیان می‌برد. زیرا مقنی مقداری گل جمع می‌کند و یک یا دو دلو (از گل چاه) روی آن می‌ریزد، و آن را برای تخمین زدن صاحب کار یا مباشر آماده می‌سازد. در این صورت مقنی قسمت‌های دوردست قنات را لای‌روبی نمی‌کند، بلکه گل‌های کف چاه را که در فاصله‌های نزدیک قرار گرفته بالا می‌دهد و از لایروبی قسمت‌ها دیگر خودداری می‌کند و هر مقنی که از قبول تشخیص کارشناس خبره طفره برود ادامه کار او بی‌فایده است و کارش دقیق نخواهد بود. کسی که گل‌های بیرون آمده از چاه را نیز پیمانه می‌کند و می‌گوید: این یک سوم آن است و اجرتش اینقدر است و این یک چهارم آن است و مزدش اینقدر می‌شود کار او نیز خالی از دقت است. کارفرمایی که از چاه پایین نمی‌رود تا کار مقنی را از نزدیک بررسی کند، فردی فریب خورده و سهل‌انگار محسوب می‌شود.

منابع

پیرهادی تواندشتی، محمود (۱۳۹۲). خورشید پنهان علم و دانش. انتشارات شهرآرا. تهران.

گوبلو، هانری (۱۳۷۱). قنات: فنی برای دستیابی به آب. ترجمه ابوالحسن سروقدمقدم و محمدحسین پاپلی‌یزدی. مشهد: معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی قدس رضوی. صص. ۳۷۶.

ساعدلو، هوشنگ(۱۳۸۸) تحقیق، تحلیل و تفسیر استخراج آبهای پنهانی، موسسه انتشاراتی قدس رضوی، ۴۶۰ صص.

References

Abattouy, M., & Al-Karaji, M. (2019). A.: A Mathematician Engineer from the Early 11th Century, Muslim Heritage.

Goblot H (1979) Les Qanats, une technique d’acquisition de l’eau/English: Qanat a technique for obtaining water. Paris-La Haye, Mouton/Ecole des hautes en sciences sociales, p 236. Translated from French to Persian by Sarvqad Moqadam A, Papoli Yazdi MH (1992)

Le Strange, G. (1905). The lands of the Eastern caliphate: Mesopotamia, Persia, and central Asia, from the Muslim conquest to the time of Timur (Vol. 4). CUP Archive.

Sesiano, J. (1977). Le Traitement des Equations Indéterminées dans le Badīʿ fī'l-Ḥisāb d'Abū Bakr Al-Karajī. Archive for History of Exact Sciences, 297-379.

Woepcke, F. (Ed.). (1853). Extrait du Fakhrî: traité d'algèbre. Imprimerie impériale.

Yazdi, A. A. S., & Khaneiki, M. L. (2017(.Qanat Knowledge, Construction and Maintenance. Springer.

Zeng, F. J., Lu, Y., Guo, H. F., Liu, B., Zeng, J., and Zhang, L. G. (2012). Ecological characteristics of Alhagi sparsifolia Shap. seedling roots under different irrigation treatments. Russian Journal of Ecology 43, 196–203. doi:10.1134/S1067413612030083

منابعی برای مطالعه بیشتر

آرام، احمد (۱۳۵۹) متفکران اسلام. دفتر انتشارات فرهنگ اسلامی، تهران. چاپ اول.

سارتون، جورج (۱۳۵۳). مقدمه بر تاریخ علم. ج. اول. ترجمه غلامحسین صدری افشار. تهران: دفتر ترویج علوم وزارت علوم و آموزش عالی. صص. ۹۳۵.

قربانی، ابوالقاسم (۱۳۵۷) زندگینامه ریاضیدانان دورهٔ اسلامی از سدهٔ سوم تا یازدهم هجری.

فرشاد، مهدی (۱۳۶۶) تاریخ علم در ایران. انتشارات امیرکبیر. تهران.

عرفان محمود (۱۳۳۷) جغرافیای تاریخی سرزمین‌های خلافت شرقی، بین‌النهرین، ایران و آسیای مرکزی از زمان فتوحات مسلمین تا ایام تیمور، گای لو استرنج ترجمه: ، ناشر فارسی: بنگاه ترجمه و نشر کتاب

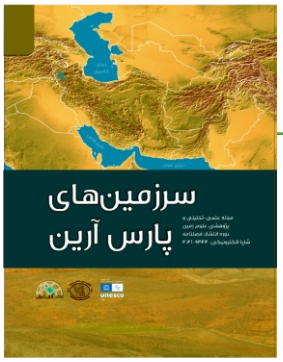
مصاحب، غلامحسین (۱۳۵۵). تئوری مقدماتی اعداد. ج. اول قسمت ۱. تهران: کتابفروشی دهخدا. صص. ۷۸۴.

فصلنامه سرزمین‌های پارس آرین
سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۲ ص. ۸۵
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.2

مقاله پژوهشی

گوهرها و زیورآلات در فرهنگ هخامنشیان با نگاهی به گنجینه آمودریا

نیلوفر موسوی پاک[1]✉، نسیم موسوی پاک



چکیده

در این نوشتار به اهمیت سنگ‌های قیمتی در دوران هخامنشی (قرن ۶ تا ۴ قبل از میلاد) با تمرکز بر گنجینه آمودریا، کشف شده در در تاجیکستان، پرداخته شده است. فراتر از جذابیت زیبایی‌شناختی، سنگ‌های قیمتی در جواهرات هخامنشی به‌طور پیچیده با ابعاد فرهنگی، مذهبی و اجتماعی در هم تنیده شده اند . گنجینه آمودریا، مجموعه‌ای است از دست سازه هایی که بیشتراز طلا و نقره ساخته شده‌اند و گواهی بر شکوه و صنعت امپراتوری هخامنشی است. از دستبندهای با نقوش گریفین(موجودی افسانه‌ای با تن شیر و سر عقاب و گوش اسب)گرفته تا انگشترها و گردن آویزها با نقش های اهورا مزدا، هر مصنوع نه تنها درخشش هنری را به نمایش می گذارد، بلکه ارزش ها و باورهای پیچیده ای را که جامعه ایران باستان را شکل داده است، در بر می گیرد. این تحقیق، تأثیرات جهان وطنی را که در جواهرات هخامنشی نفوذ کرده است، و تاثیر سبک هایی از مصر، بین النهرین، یونان، هند و لیدیا (بخش هایی از ترکیه کنونی) را در هنر آریایی نمایان می سازد. امپراتوری هخامنشی که در قلمروهای وسیعی پراکنده شده بود، به عنوان یک چهارراه فرهنگی عمل میکرد که در آن تمدن های گوناگون به هم نزدیک شدند. ادغام سبک های هنری از این مناطق در جواهرات هخامنشی منعکس کننده اخلاق جهان وطنی است و نقش امپراتوری را به عنوان یک پیوند فرهنگی برجسته می کند. و در این مقاله به طورخلاصه به گوهرهای به کاررفته در دوران هخامنشی ،نمادهای استفاده شده ، مفاهیم آنها و همچنین روش های ساخت جواهرات در آن زمان میپردازد.

استناد: موسوی پاک، نیلوفر ، موسوی پاک، نسیم (۱۴۰۲). گوهرها و زیورآلات در فرهنگ هخامنشیان با نگاهی به گنجینه آمودریا، *سرزمین های پارس آرین*، سال اول، شماره دوم (۸۵)
شناسه دیجیتال: DOI:10.61186/jpat.2024.2.2
ناشر: مرکز پژوهشی زمین شناسی آرین زمین © نویسنده.

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱۷
انتشار برخط: ۱۴۰۲/۷/۷

واژگان کلیدی
جواهرات،
گوهر،
گنجینه آمودریا، جواهرات هخامنشی

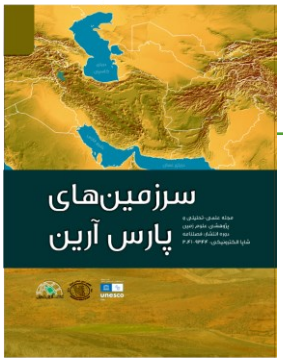
وابستگی نویسنده
۱ دکترا گوهرشناسی از دانشگاه کلودبرنارد فرانسه
[۲] فوق لیسانس میراث فرهنگی، معماری وجهانی سازی از دانشگاه لومیر فرانسه

[1] mousavipak.niloofar@gmail.com

فصلنامه سرزمین‌های پارس آرین
سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۲ ص. ۸۶
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.3

جستار فنی

اثرات سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست: با نگاهی به خاورمیانه و ایران



اسکندر پورعسگری ✉[1]، **نسیم قربانی**[2]، **روشنک ارغایی**[3]

چکیده

ترکیب هیدروسفر و اتمسفر زمین در ابتدای شکل گیری زمین و آرکئن با وضعیت فعلی آن بسیار متفاوت بود. در آرکئن، ترکیب جو عمدتاً CO_2 ، با مقادیر کمی گازهای متان و نیتروژن و تقریباً بدون اکسیژن بود. علاوه بر این، آب اقیانوس دارای pH اسیدی بود. پس از چند صد میلیون سال فعالیت های زمین شناسی و زیستی، تقریباً از اواخر پروتروزوئیک و فانروزوئیک، ترکیب جو و هیدروسفر شکل کنونی را به خود گرفته است. از آغاز پالئوزوئیک تا میوسن، برای بیش از چهارصد میلیون سال، در نتیجه فعالیتهای زیستی و پدیده های زمین شناسی، بخشی از گاز دی اکسید کربن جو در سوخت های فسیلی (نفت، گاز، زغالسنگ) تجمع یافت. پس از انقلاب صنعتی تمدن بشری بر استفاده از سوخت های فسیلی افزود. با اوج استفاده از این منابع در سال ۱۹۵۰ تاکنون و ادامه این روند تا سال ۲۰۵۰ یعنی در حدود ۱۰۰ سال، تقریباً ۸۰ درصد از ذخایر انباشته جهان را مصرف خواهد کرد. سوخت های فسیلی. افزایش ناگهانی CO_2 در چنین زمان کوتاهی به معنای وارد کردن یک شوک ناگهانی به ترکیب جو و در نتیجه افزایش گرمای زمین است و انتظار می‌رود این روند شدیدتر شود. این مشکل باعث تغییراتی در آب و هوای کره زمین شده و نتیجه آن تغییرات شدید بارندگی، خشکسالی در برخی مناطق از جمله ایران، خاورمیانه و شمال آفریقا، تغییر الگوی بارندگی و نوع آن در آینده نزدیک خواهد بود. سیاره زمین، خشک شدن بسیاری از دریاچه ها و رودخانه ها در مناطقی با عرضهای جغرافیایی ۲۰ تا ۳۵ درجه و همچنین تغییر در سطح آب اقیانوس ها و حتی تغییرات pH آنها جامعه بشری و برخی از گونه های زیستی را تهدید می کند..

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱۷
انتشار برخط: ۱۴۰۲/۷/۷

واژگان کلیدی
سوختهای فسیلی،
بارش، تغییر اقلیم،
اقلیم ایران و خاورمیانه

✉
وابستگی نویسنده
دانشگاه ساسکاچوان، گروه زمین شناسی، مهندسی عمران و محیط زیست، ساسکاتون، کانادا

استناد: پورعسگری، اسکندر ، قربانی، نسیم ، ارغایی، روشنک (۱۴۰۲). اثرات سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست: با نگاهی به خاورمیانه و ایران، *سرزمین های پارس آرین*، سال اول، شماره دوم (۸۶)
شناسه دیجیتال: DOI:10.61186/jpat.2024.2.3
ناشر: مرکز پژوهشی زمین شناسی آرین زمین © نویسنده.

[1] Eskandar.poorasgari@gmail.com

Part II: English Section

Journal of Pars Arian Territories

JPAT ISSN: 3041-9344
2024, Vol.1 NO. 2 EN: 1-34; FR:1-86 pp.

UNESCO Chair on Coastal Geo-Hazard Analysis

unesco Chair

انجمن زمین شناسی ایران

GEOLOGICAL SOCIETY OF IRAN

PARS Geological Research Center - ARIANZAMIN

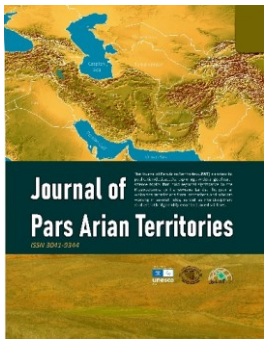
مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین

JPAT ISSN: 3041-9344
Journal of Pars Arian Territories (2024) 1:2, 65-84
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.4

Research Paper

Abu Bakr Karaji: A Mathematician Who Was Also, a Hydrogeologist! A Review of the "Hidden Waters Extraction"

Mansour Ghorbani [1]✉



Abstract

Abu Bakr Mohammad bin Hossein Karji is a renowned Iranian scientist, whose significant contributions to various fields have often gone unrecognized. Al-Karaji was born in 342 AH in Karaj, he was a contemporary of other prominent scholars such as Al-Biruni, Razi, and Avesina. His peak scientific accomplishments were around the year 1012. Karji was a mathematician focusing on arithmetic, algebra, and roots. However, his expertise extended to geology and underground water engineering, for which he is considered a genius. His most notable work, "Extraction of Hidden Waters," published 1020 years ago, introduced geometric and physical methods to calculate the earth's slope and extract underground water. Some of the theories presented in this book were validated in Europe in the 17th century, 700 years after its publication. In recognition of his achievements, Karji was honored at the 5th Iran Water Engineering and Management Festival in late 2014. The Persian translation of "Extraction of Hidden Waters" was completed in 1966 by HoseYn Xadiv Jam and corrected by Ahmad Aram. Unfortunately, much of his work and personal life remains undocumented, with many of his writings possibly lost. The approximate time of his death ranges between 1019 and 1029 AD. This article highlights Karji's genius in earth sciences and underground water engineering, emphasizing the significance of his contributions to mathematics and water resource management a thousand years ago.

Cite this article:

Abtahi Foroushani Z., Salmanpour R. (2024) Abu Bakr Karaji: A Mathematician Who Was Also, a Hydrogeologist! A Review of the "Hidden Waters Extraction". *Journal of Pars Arian Territories* 2: 65-84

DOI: 10.61186/jpat.2024.2.4

Publisher: Pars Arian Insistue © The Author(s).

ARTICLE HISTORY
Received: 27 July 2023
Revised: 9 October 2023
Accepted: 15 October 2023
Published: 18 November 2023

KEYWORDS
Abu Bakr Muhammad ibn al-Husayn (or: al-Hasan) al-Karajī, Mathematician, hidden groundwater extraction

✉ **CORRESPONDING AUTHOR AFFILIATION**
Pars Arian Institute, Tehran, Iran

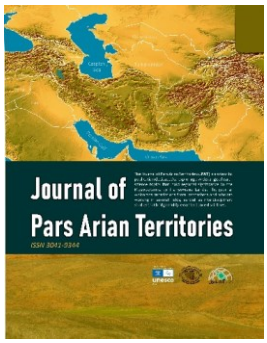
[1] M.ghorbani@hotmail.com

JPAT ISSN: 3041-9344
Journal of Pars Arian Territories (2024) 1:2, 51-64
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.5

Research Paper

Content and statistical evaluation of forms, styles and relative chronology of Horand Rock Arts, East Azerbaijan, Iran

Zahra Abtahi Foroushani [1]✉, Reza Salmanpour



Abstract

The first glimpses of the study of rock arts in Iran date back to 1969 around the Lorestan Plateau. Due to the importance of studying rock carvings in Iran, significant studies have been carried out by archaeologists and anthropologists regarding the introduction and recognition of rock art in different parts of Iran. Their dating has been discussed less. One of the interesting points to note in all the rock motifs in all cases, in addition to the thematic integrity and execution style, is the similarity in the location and geographical location of these works, so that it can be said that most of the rock motifs are next to water sources and in the climate. There are special semi-arid areas that are covered with stones and rocks.In the archaeological survey of the Horand region, which was conducted at the request of the cultural heritage organization of East Azarbaijan Province in 1392 under the supervision of the authors, 310 sites were identified. Among them, five sites with rock art were found in Qutanlu and Noghada regions. Due to the significance of these rock art sites, a detailed study of the rock motifs at these locations was undertaken with a focus on understanding their historical and cultural context and their relationship to other archaeological sites in the area. In this research, in addition to field studies of the motifs, content and statistical analysis of the motifs, and comparison with other archaeological finds near the motifs were conducted. To determine the age of the motifs, a comparative study with other rock art sites in different parts of Iran and a general relative chronological framework were utilized. The research findings indicate that the motifs date back to the 3rd to 1st millennium BCE (Bronze Age to Iron Age), show a gradual decrease in human motifs over time, a preference for goat motifs, and an increase in the use of linear style compared to volumetric style in more recent times. flow.

Cite this article:

Abtahi Foroushani Z., Salmanpour R. (2024) Content and statistical evaluation of forms, styles and relative chronology of Horand Rock Arts, East Azerbaijan, Iran. *Journal of Pars Arian Territories* 2: 51-64

DOI: 10.61186/jpat.2024.2.5

Publisher: Pars Arian Insistue © The Author(s).

ARTICLE HISTORY
Received: 6 August 2023
Revised: 22 December 2023
Accepted: 25 December 2023
Published: 30 December 2023

KEYWORDS
rock art, Petroglyph, Landscape Archeology, Hourand, Azarbaijan

CORRESPONDING AUTHOR AFFILIATION
University of Tehran
Tehran, Iran

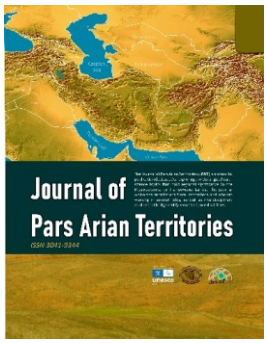
[1] z.abtahifrooshani@yahoo.com

JPAT ISSN: 3041-9344
Journal of Pars Arian Territories (2024) 1:2, 35-50
DOI:10.61186/jpat.2024.2.1

Research Paper

Magnetite flow and its Relation with the magmatic rocks, Shahrak Region, NW of Kurdistan, Iran

Niloofar Nayebi [1]✉, Erfan Rahimi



Abstract

Shahrak iron deposit is located in the northwest of Iran, northeast of Kurdistan Province, 60 km north of the city of Bijar, and 20 km west of Hassan Abad Yasoukand District. Shahrak iron deposit is part of the Cenozoic magmatism of Urumieh- Dokhtar complex and escaped in Takab deposit. The Oligo-Miocene rock units are the host rock for iron mineralization. The most important and comprehensive event in the formation of Iranian crust was the Cenozoic magmatic events that occurred in the Alpine orogeny phase, and during which the Alpine-Himalaya mountain range was affected in the Shahrak area, magmatic activities from Eocene to Miocene can be traced.The magmatic rocks consist of acidic and andesitic volcanic rocks and subvolcanic rocks. In terms of magmatic series and tectonic setting, the magmatic rocks of the area are calc-alkaline in subduction zones. The tectonic environment of these magmatic rocks is similar to the orogenic associated with subduction zones. The main ore minerals of this deposit is magnetite, although along with the main mineralization of magnetite, secondary minerals such as pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite and secondary minerals of iron oxides such as goethite and hematite are also seen. Hematite and goethite are not primary and their amount in the ore is very small. The mineral deposit is found in the form of scattered lenses, mainly on the limestone and rhyolite rocks of the Aquitanian- Burdigalian ages and/or among the andesite rocks. The mineralogical, field observation, and chemical evidence and the surrounding rocks imply a volcanogenic origin for this deposit, and part of the mineralization can be considered to have occurred as magnetite flow. Magnetite lava, which has erupted in a small volume compared to the volume of rhyolitic magma in the form of magnetite flow, has acted like a lava, which has been named magnetite flow.

Cite this article:

Nayebi N., Rahimi E. (2024) Magnetite flow and its Relation with the magmatic rocks, Shahrak Region, NW of Kurdistan, Iran. *Journal of Pars Arian Territories* 2: 35-50

DOI: 10.61186/jpat.2024.2.1

Publisher: Pars Arian Insistue © The Author(s).

ARTICLE HISTORY
Received: 6 August 2023
Revised: 22 December 2023
Accepted: 25 December 2023
Published: 30 December 2023

KEYWORDS
Iron deposit, Shahrak, Oligo-Miocene, calc-alkaline series, subduction zone, Bijar, Magnetite flow

✉**CORRESPONDING AUTHOR AFFILIATION**
University of Tehran
Tehran, Iran

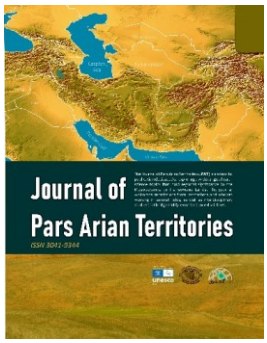
[1] Niloofar.nayebi@ut.ac.ir

JPAT ISSN: 3041-9344
Journal of Pars Arian Territories (2024) 1:2, 1-34
DOI:10.61186/jpat.2024.2.6

Research Paper

Defining Core and Buffer Zones in Northwestern Estuaries of the Persian Gulf: A Historical Review of Human-Sea Interaction Over the Last Millennium

Sara Ebadi[1]✉, Gholam Abbas Oveisei, Hamid Reza Valiopour,
Masoud Sadeghi Rad, Siamak Sharafi, Zahra Javadi Nia, Sayed Moeid Rostam Zadeh



Abstract

The estuaries of Bandar-e Mahshahr are a crucial and influential natural phenomenon in the environmental geography of southern Khuzestan province and the northwest of the Persian Gulf. Over thousands of years, these estuaries have shaped the settlement patterns in this region. In Khuzestan province, 85 small and large estuaries have been identified, with Khor Musa being the main mouth of the region and the connection between the Persian Gulf's waters and the coastal areas. In recent years, there has been an increased emphasis on protecting cultural heritage areas in Iran, particularly through the cultural inventory registration of ancient sites. To determine the core zone, researchers typically use criteria such as the highest winter waves, highest astronomical tide limit, and highest water mark. Based on field findings and satellite images, it is clear that the structural and maritime conditions of the estuaries were the primary factor in the region's prosperity. As such, it is essential to adopt necessary criteria to protect this valuable geological-archaeological and cultural heritage. This study aims to determine the core and buffer zones of the Bandar-e Mahshahr estuaries. To achieve this goal, archaeological investigations were conducted using a survey method, which identified 42 sites. The comparative assessment of cultural findings from these sites dates them to the Paleolithic to the Pahlavi periods. The results show that the residents of Bandar-e Mahshahr have been able to adapt to this area by recognizing and utilizing environmental capacities and local technologies, overcoming limitations and natural obstacles. While this does not imply a complete subordination of culture to the environment, it has undoubtedly acted as a stimulus that has improved the living and welfare status of the region's residents.

Cite this article:

Ebadi, S, Oveisei G. A, Valiopour H. R, Sadeghi Rad M., Sharafi S., Javadi Nia Z., Rostam Zadeh, S. M. (2024) Defining Core and Buffer Zones in Northwestern Estuaries of the Persian Gulf: A Historical Review of Human-Sea Interaction Over the Last Millennium. *Journal of Pars Arian Territories* 2: 1-34
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.6

Publisher: Pars Arian Insistue © The Author(s).

ARTICLE HISTORY
Received: 6 August 2023
Revised: 22 December 2023
Accepted: 25 December 2023
Published: 30 December 2023

KEYWORDS
Estuaries of the Persian Gulf,
Bandar-e Mahshahr,
Archaeology,
Core and Buffer Zones

✉ **CORRESPONDING AUTHOR AFFILIATION**
Director of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Department of Bandar-e Mahshahr, Khuzestan, Iran

[1] ebadi.sara161@yahoo.com

Conclusion

According to what is stated in the text of the article, the earth's atmosphere as a whole, due to the combined shock caused by the increase in carbon dioxide as a result of the fossil fuels that have entered it for about 100 years, will undergo a shock of changes in the heating of the earth's surface. It will have a great impact on the climate and waters, especially the water of the lakes and the discharge of the rivers, which we are witnessing even now. This issue is more acute in our country and Middle Eastern countries. The changes resulting from this climate and following the changes in the waters of lakes, seas and even oceans will be a threat to human life and many plants and animals. Therefore, to compensate for it, a global wisdom and global decision-making is needed to manage the rate of consumption of fossil fuels and man-made structures related to the surface changes of dam construction, changes in cultivated land and forests, and changes in watersheds and water transfer, and provide expert opinion. And in this regard, it is necessary to form a global organization and this organization should have many branches in different regions of the world. This organization can determine laws with incentives for developing countries and fines for violating countries, and put them on the agenda, and opine with the contribution of the representatives of different countries.

REFERENCES

Curtis, John. 2008. "The Oxus Treasure." In Ancient Persia. London: British Museum Press.

Aagh Ghalaa is not a city that has not been built in recent years. Several factors are noticeable in the destruction and loss resulted by this precipitation (in March 2019), which are as follows:

A. Constructing buildings without finding appropriate locating, construction projects with contemplating all aspects especially natural and geological aspects, incorrect implementation of the projects, and creating homes with paying attention to natural geographic location, environmental regulations, climate and geotechnical issues.
B. B- Shift in the agricultural patterns, in which numerous mistakes can be seen, including those mentioned below:
C. - Change in plowing method: when agricultural work was conducted with traditional method in Iran, plowing (using cow) was done in a way that it was perpendicular to topographic slope and the direction of water flow, and in fact pouches would be created which would result in further percolation of water. This situation was, however, disturbed when mechanised plowing (i.e., tractor) replaced the tradition method, and most of the lands with dry farming were plowed in the same direction as topography. This was indeed inevitable in some cases as the lands were divided in ways that it was not possible for the tractor to turn around in rectangular smallholdings. The government has of course taken actions towards integrating agricultural lands, which have to be seriously followed up on. Also, farmers should be informed about the plowing procedure (Fig. 6), meaning that, plowing and terracing should not be in the same direction as topographic [slope] (Fig. 7).

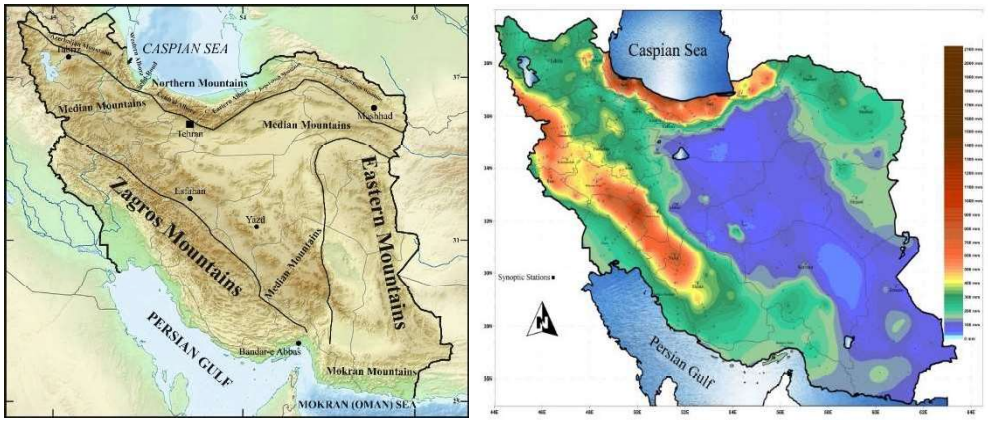


Figure 4. The mountain ranges of Iran (Ghorbani et al, 2018).Figure 5. The map showing the precipitation rate of Iran in average (Ghorbani et al, 2023).

Change in the cultivation method of the region without paying attention to the condition of the ecosystem in that region: if we analyze the Wet Azarbaijan and areas surrounding Urmai lak as well as the orchards in the region, we will find out that most of the plantations were previously vineyards that have been replaced with apple orchards. The amount of water required for apple orchards is incomparable with vineyards. Also, the cultivation methods of these two crops are different. For example, the apple tree needs 10 irrigations per year but the grapevine needs 3 irrigations per year; therefore, grapevine is better.

If we look at the aerial pictures in 1:50000 scale obtained from across Iran in 1956 and the those taken in 1997-1999, receding forests and reduction in the vegetation cover of the forest will become evident. We can now figure out to what extent the forest vegetation cover has reduced in the past years. What has been said is part of the occurred issues, which have been intensified with climate change. Therefore, the issues should be looked at comprehensively to prevent these problems in the future, and a specific committee should be set up to complete the approach.

Climate change with increased use of fossil fuels, global warming, changes in precipitations, use of clean energies with global population increase and demanding for more welfare, and the growth and the development of countries will be confronted with geographical shifts and increased metropolitan cities. It is anticipated that with population growth, increasing life expectancy, increase in the number of large cities, and ever-increasing fossil energies (especially gas consumption for supplying electricity and water in future) will be inevitable in Iran.

In summary, the six mentioned components will be more impactful in Iran because of being located within middle latitudes (20 ° - 40 °), abundance of energy (third component), and water scarcity (second component). These conditions sometimes make the governments implement projects without fundamental studies and sufficient and region-specific knowledge, whose consequences can be very dire for the environment. For instance, the state has committed itself to supplying all homes and residential buildings of Tehran with gas, which has contributed to the pollution of the city. While a major part of the country's electricity is produced from fossil fuels, the state could build gas-fueled power plants in southern Tehran and supply the household with heat from the electricity production. There is need for a strategic organization to study the effects of climate, water, energy, population, and geographical location, so that it would coordinate all construction projects and the reduction of the impacts with other organizations and ministries, the president and parliament.

Another example is a current project being carried out by the water and wastewater organization of Tehran province. It is building wastewater systems to transfer the sewage to the southern parts of the city. Implementation of this project may lead to drying of the underground in the northern part, which if happens, will be followed by many problems including land subsidence. To prevent such a thing from occurring, an increase in the green areas and parks of northern Tehran is suggested. Middle eastern countries, especially Iran, have specific characteristics, which is due to its geographic location and topography and mountain ranges (Figure 4). Some those characteristics are as follows:

Low annual precipitation, whose spatiotemporal patterns are very different (Figure 5). Natural features such as plains, vegetation cover and their distribution, as well as alluvia and seasonal and permanent reivers indicate that the country has experienced both droughts (like the one in Summer 2018) and torrential precipitations (like the one in March 2019). The average annual rate of the precipitation is not high and the temporal and spatial distribution of precipitation is varied (Figure 5). Precipitation of the wet year 2018-2019 should not be considered as the beginning of wet years because we have no long-term statistics to support such a consideration, and many experts believe so. The country's precipitation data from the wet years 2017-2018 and 2018-2019 must be observed and be a base for planning. Also, we should also look at the precipitation data of the year 2020-2021. sedimentological studies is carried out in Iranian plains (e.g., Tehran, Abadeh, Fars, Bandar-e-Abbas, Kermanshaah, Sar-Pol-e-Zahaab, Elaam which includes Mehran, Dehloran, Elam-Dgavaar, Saraabeleh route), which are primarily located on Zagros and Alborz mountain ranges, it will be revealed that intense precipitations have occurred in the country in recent millennia and/or centuries. However, none of them caused the destruction and loss that the one in March-April [Nowruz] 2019 did.

Environmental changes

If an accurate investigation is conducted, it will be revealed that intervention in the environment has caused the losses due to this precipitation (in March) to be far more destructive than what they would be under normal conditions. It can be easily understood as to why previous torrential rains have not been as such. Why the historic bridges Kashkaan and Gaav Mishaan with an gae of more than 100 years have been damaged and destroyed, while previous torrential rains - more intense based on sedimentological evidences – were not able to destroy them, they had remained sound (Kaskaan bridge, Fig. 6). The city of

of large rivers. This can lead to dryness and disappearance of vegetation cover. On the other hand, it can result in typhoon and swarm of fine particles in the eastern region of Iran. In our country, the problem is much more severe as the observed trend has started since a for a few decades, many internal lakes have dried such as Hamoon lake in Sistan and Baluchistan, Qom Lake, …, and where is the water-abundant Urmia Lake), and this trend is going on.

Figure 3. The recent floods in Iran and their damages (March, 2019); A. The city of Agh Ghala, Golestan Province; B. The remained mud after the flood in houses, Pol Dokhtar, Lorestan Province; C. Flood-water running in the vicinity of the Pol Dokhtar city. (Photos by Mehr, Fars and ISNA news agencies, respectively).Figure 6. The Kashkan Bridges; A. Before the flood; B. After the flood. Note that the historic bridge that shows minor changes compared to the new one (Photos by Pars Geological Research Center and ISNA news agency, respectively). Figure 7. The remnants showing the method of plowing in old times perpendicular to the topographical dip, Astamal, East Azerbaijan Province, Iran (Photo by the Pars Geological Research Center).

Ground water level has gone down to 200 m in some regions of the country. The problem of water scarcity in the country cannot be solved with a project, water transfer, constructing a few dams, using deep waters and/or desalination. Indeed, all these options need to be studied and be on the agenda to be effective. In near future, the world has to cut on fossil energy consumption. Of course, this willingness exists but it is not achievable in the short term. The reason is the global transport and growth of developing countries, whose needs for these fuels are increasing by day, have been shaped by low price of fossil fuels, which have low price, ease of access and transport on the one hand, and are needed by universal industries such as big factories. It will take years until clean energies become comprehensive alternatives for fossil fuels. Although strict frameworks for the consumption of fossil fuels in the future, and carbon tax will be increased, some states might not be committed to those actions due to nationalist and populist views. On the other hand, the world does not have the capacity for the rapid replacement of the current energy sources, and further consumption of these fuels will result in further warming of the earth. Therefore, climate change, water scarcity in middle latitudes, and the disturbance of precipitation equilibrium and life will continue seriously.

terrestrial ecosystems, and variations in the global ecosystems in turn will cause mass extinction of a group of living creatures. These aspects indicate how the six components of nature (i.e., climate, water, energy, population, geographical location, natural features like minerals and forests) will act together and react to each other, and how their complex relationship and mutual effects will reveal and become more intense in near future between 2030 and 2070 (Figure 2). In the not so-far-future, between 2030 and 2070 (around 2050), the world undoubtedly will be another world, very different from now. The mentioned components have mutual effects on each other (Figure 2), whose intensification will be noticeable from 2030 onwards and will adapt to the future events and reach a relatively stable equilibrium in 2070. After this time, once the world has passed the profound episodes, it reaches a new quiescence. Although in the four decades starting from 2030 the world will see many events, changes and shocks, in my opinion, these episodes will stabilize completely until 2070, and after that a quiescent and stable world will come into existence.

Hydro-atmosphere changes

The globe will continue to change through six components. We have to know these components and their mutual effects, which we have to mitigate as much as possible because it is us humans that caused problems and unbalances by employing an ever-increasing amount of fossil fuels within the last 100 years. Overcoming the mentioned problems is very difficult without having sufficient knowledge about the components. These mutual effects are more pronounced in middle eastern countries because they have the most fossil fuel resources, highest per capita energy consumption and least vegetation cover, and are located within latitudes sensitive to climate change (25 ° - 35 °). Due to the increase in greenhouse effect, which is primarily the result of fossil fuels, it has been a few decades since the warming of the earth's climate has begun, and its intensity will go up given the global appetite to consume fossil fuels. It is anticipated that the earth's temperature will increase by 5 degrees until 2050. Such an increase means melting of all snows in the northern latitudes, and a lot of changes in the amount, time and location of precipitations (e.g., precipitation will increase within the latitudes 0 °-30 ° and 60 °- 90 °, and it will decrease within middle latitudes, whereby arid areas will expend). These disturbances will intensify and the overall precipitation on earth will increase, and soil erosion will increase subsequently. Unfortunately, Iran is located within the middle latitudes, as are other middle eastern countries.

The changes can be depicted as a reduction in snowfall and increase in rainfall. Also, the timing of the precipitation changes (e.g., we possibly see winter precipitation reduce and summer precipitation increase). In addition, precipitation shifts from mild to heavy and torrential. Economically, it should be noted that most impacts of the environmental phenomena in Iran are incurred by flood rather than earthquake. For instance, the precipitation that occurred in the end of March 2019 has been unprecedented within the last 100 years and caused losses of life and properties to the Iranians (Figure 3). Climate change will cause changes in vegetation cover. Overall, the northern latitudes will become greener and lower latitudes, especially middle latitudes, will become drier. As Iran is located within the middle latitudes, we need to be concerned about the disappearance of forests, and indeed we need to increase forests and grasslands. At this stage, the global community should act, and engage in research and educational projects. Based on the knowledge of the first author of this article about the climate and morphology of Irana and other middle eastern countries, it is feasible to allocate areas of higher altitude than 2500 m to the cultivation of trees compatible with the climate of Iran, especially Ooras cedar [Juniperus]. Besides preventing the reduction in the greeneries of the country, this action may be of help to counter the problems that will occur.

Undoubtedly, countries located within middle latitudes will face intense water scarcity by 2050, and this water issue that has been raised in the regional conflicts and disputes will be inevitable in the near future. With war and terrorism, this issue will be more acute in middle eastern countries because some countries are causing aridity in other countries such as Iraq and Syria by constructing dam on the upstream tributaries

precipitation will go up at higher latitudes and will go down at lower latitudes. This will be explained more in the following.

On the other hand, the thermal equilibrium of the earth will be upset. This means that, especially in the middle east, precipitation will possibly reduce during winter and increase in summer and early autumn. Also, the type and intensity of precipitation will completely change; meaning snowfall will lessen and rainfall will increase, the number of mild rains will decrease and that of torrential rains will increase. As such, the overall precipitation of Iran in the first three months of 2019 has been unprecedented in recent 100 years (Figure 1). Human life, and agricultural and industrial activities, have been adjusted and stabilized with the current trend of precipitations. It is obvious that what a disaster will happen with a change in this equilibrium.

In this article, we have tried to first examine the process of creation and evolution of the composition of the two spheres (atmosphere and hydrosphere) from the past to the present, and then point out their evolution in the future regarding the consumption of fossil fuels. However, climate change is caused by the increase in carbon dioxide and its greenhouse effect. it will also affect the hydrosphere. according to the recent thirty-year changes obtained from meteorological statistics, as well as the author's observations of the surface changes of the earth, such as land, lakes and rivers in Iran and some countries in the Middle East, which the author observed, and also by analyzing the book of the world in the year 2050, of which the author was the editor of its translation and addressed climate changes in the Middle East and especially Iran; It matches.

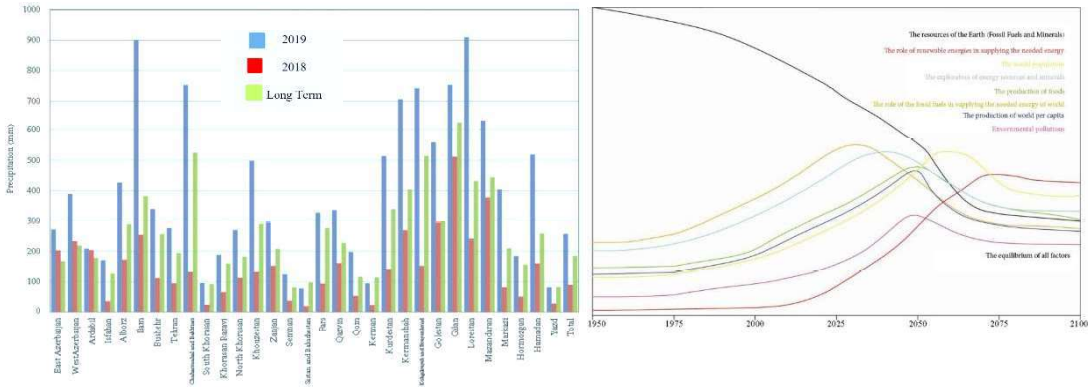


Figure 1. The precipitation rates of different provinces of Iran in September 2018-March 2019 and the long-term precipitation (data from the National Drought Warning and Monitoring Center). Figure 2. This diagram shows the trends of the main factors affecting the world from 1950 up to now and predicts future changes.

CO_2 and Hydrosphere

The increase of carbon dioxide, sulfur and industrial acidic gases in atmosphere will make the pH of precipitations deviate from neutrality, turn them acidic gradually, and these acidic waters will enter the seas. As already mentioned, the current pH of sweater is about 8.2; close to neutral. We know that near-neutral pH is very sensitive, and it changes a lot with the concentration of H+ or OH- ions. Entrance of acidic water in the sea and melting of polar ice with pH about 7 may reduce ocean water pH to 7. This might not have such an impact on oceans that contain large volumes of earth's water but can affect closed and semi-closed seas, such as Caspian Sea and black Sea, and lakes. The pH 8.2 has remained constant for a billion years. Changes in pH are a shock to the hydrosphere and these conditions are a catastrophe for most living sea creatures because they have acclimatized with pH 8.2. Even small pH changes that causes the death of many creatures and leads to the disturbance of marine ecosystems. This will cause changes in

INTRODUCTION

When the earth was created from the chondritic solid meteorites, there was no atmosphere and hydrosphere. Once geological activities such as volcanism began, the volcanic gases led to the formation of atmosphere and hydrosphere. Although their composition was very diverse, H2O and CO2 were the major components. Water vapor made hydrosphere and CO2 along with some other gases such as N2 and NH3 formed the atmosphere. The primary atmosphere was mainly composed of CO2 (more than 90%) lacking oxygen. The pH of the primary hydrosphere was highly acidic due to being in equilibrium and relation to a CO2 rich atmosphere and because of ample sulfur gases the Archean volcanism, which were higher than the current volcanisms. The subsequent geological and biological events changed the primary atmosphere and hydrosphere by adding cations released from wash-off and decomposition of the volcanic rocks, which were formed in the beginning of the earth's creation. Such an event shifted the pH from acidic to the neutral and current basic levels (i.e., 8.2). These conditions led to the gradual release of CO2 in the cycle of sedimentary rocks and the caused formation of carbonate rocks, and oxygen initially produced by photosynthesis led to the Fe2+ from ocean waters forming the Banded Iron Formations (BIFs). The volcanism is still active. Finally, the geological and biological activities made atmosphere and hydrosphere have their current shape and composition.

These The biological and geological activities, especially the sedimentary ones, caused the major parts of CO2 of atmosphere during the Phanerozoic time to accumulate in coal, oil, gas, oil shales and Tar Sands. Although the geological activities were not continuous, it can be generally said that the formation of fossil fuels on earth took almost 400 million years. These fossil fuels are forming huge deposits and reservoirs including, of which more than 1 billion tons of coal, around 2000 billion barrels of conventional oil, more than 2000 billion barrels of the unconventional oil (Tar Sands and oil shales) and around 200 trillion m3 of natural gas have so far been known. Despite the relatively long use of fossil fuels in human life, the application of fossil fuel energy in large amounts dates to the beginning of the industrial revolution in Europe. Use of fossil fuel intensified especially from the second half of the last century (1950), which is anticipated to continue until the second half of the current century (2050). This means humans will consume approximately 50% of the world's coal and more than 80 % of world's oil and gas in about 100 years. This denotes that in about 100 years humans will release in the atmosphere a large part of what nature has accumulated in the fossil fuels from atmospheric CO2 in fossil fuels over 400 million years. It means that the whole CO2 content which had been saved in the nature as the fossil fuels during almost 400 million years will be added to the atmosphere during only 100 years. This swift increase of CO2 and some other gases such as SO2 and N2O2 will make a sudden shock firstly to the atmosphere and then to the hydrosphere. The result can be shown described by this famous Persian proverb: There would be no sign of both; the grapevine and the planter. No sign will be left from the grapevine, nor will be from the vine planter.

There have been a lot of discussions about increase in carbon dioxide gas over a short time (about 100 years), and its consequences have been emphasized. International conferences are currently being held (agreed treaties like the Paris accord), and the issue will likely reach the security council. Nevertheless, it has not been taken seriously and attention has not been paid to all its impacts. Beside warming of the earth, increase in CO2 leads to the melting of polar ice, rising of sea levels and other problems, and it can submerge some countries. It would not be the biggest threat, and although it can onerously be dealt with by human beings, the subsequent problems will not be solvable by humans or any other creature. Some of those problems are as follows:

Severe climate change: the current increase in earth temperature increases the total evaporation from oceans. Such evaporation increases the overall precipitation on earth. At first glance, the increase in precipitation seems felicitous. However, it disturbs the current trend of precipitation, so that the

Geospatial Abstract

Declaration of Readiness for Cooperation Yes No

Prepare to share experiences Yes No

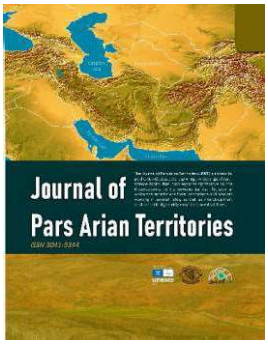
Eskandar Poorasgari

JPAT ISSN: ISSN 3041-9344
Journal of Pars Arian Territories (2024) 1:2, 21-29
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.3

Concise Discussion

Fossil Fuel Impacts on the Environment: A Perspective on the Middle East and Iran

Eskandar Poorasgari[1]✉, Nasim Ghorbani, Rowshanak Arghaee



Abstract

The composition of the Earth's hydrosphere and atmosphere at the beginning of the Earth's formation and the Archaean was very different from its current state. In the Archaean, the atmosphere's composition was predominantly CO2, with small amounts of methane and nitrogen gases, and almost devoid of oxygen. Additionally, ocean water had an acidic pH. After several hundred million years of geological and biological activities, almost from the late Proterozoic and Phanerozoic, the composition of the atmosphere and hydrosphere has taken its current form. From the beginning of the Paleozoic to the Miocene, for more than four hundred million years, as a result of biological activities and geological phenomena, a part of carbon dioxide gas of the atmosphere has accumulated in fossil fuels (oil, gas, coal). Human civilization, after the industrial revolution, with the use of fossil fuels and the peak of their use in 1950 until now, and the continuation of this trend until 2050, in about 100 years, will consume almost 80% of the world's accumulated reserves of fossil fuels. A sudden increase in CO2 in such a short time means introducing a sudden shock to the composition of the atmosphere, resulting in an increase in the Earth's heat, and this process is expected to become more intense. This problem has caused changes in the climate of the planet, and the result will be extreme changes in rainfall, drought in some areas, including Iran, the Middle East, and North Africa, changes in the rainfall pattern and its type in the year on the planet, drying up of many lakes and rivers in regions with the latitudes 20-35 degrees, as well as changes in the water level of the oceans and even their pH changes, which will threaten human society and some biological species.

Cite this article:

Poorasgari Eskandar, Ghorbani Nasim, Arghaee Rowshanak (2024) Fossil Fuel Impacts on the Environment: A Perspective on the Middle East and Iran. *Journal of Pars Arian Territories* 2: 21-29

DOI: 10.61186/jpat.2024.2.3

Publisher: Pars Arian Insistue © The Author(s).

ARTICLE HISTORY
Received:
6 August 2023
Revised:
8 September 2023
Accepted:
9 October 2023
Published:
15 October 2023
KEYWORDS
Fossil Fuels, Precipitation, Climate Change, Climate of Iran and Middle East

CORRESPONDING AUTHOR AFFILIATION

Saskatchewan University, Department of Geological, Civil and Environmental Engineering, Saskatoon, Canada

[1] Eskandarpoorasgari@gmail.com

and the rich cultural fabric of the Achaemenid Empire. The vibrant hues and unique properties of gemstones weren't just ornamental; they actively contributed to a visual vocabulary that communicated the empire's cultural, religious, and royal significance. In essence, Achaemenid jewelry becomes a testament to the intricate interplay of gemstones, symbols, and craftsmanship, echoing the stories, beliefs, and artistry of a remarkable civilization across time and space.

REFERENCES

Curtis, John. 2008. "The Oxus Treasure." In Ancient Persia. London: British Museum Press.

Herrmann, G. 2004. The Iranian Revival in the Parthian and Sassanian Periods. In: S. Curtis & J. Reade (eds.) Art and Empire: Treasures from Assyria to the British Museum, 89–101. British Museum Press, London.

Liu, X. 2010. Ritual Becomes Art: The Oxus treasure of the Achaemenid Persians. Asian Art. Vol. 1, no. 1.

Moorey, P. R. S. 1999. Ancient Mesopotamian Materials and Industries: The Archaeological Evidence. Eisenbrauns.

Potts, T. 1999. The Archaeology of Elam: Formation and Transformation of an Ancient Iranian State. Cambridge: Cambridge University Press

Radner, K. 2005. Provinzverwaltung und Zentralgewalt: Die Stele des turtānu Adad-šuma-uṣur. In: U. Finkbeiner, R. Dittmann and H. Hauptmann (eds.) Beiträge zur Kulturgeschichte Vorderasiens: Festschrift für Rainer Michael Boehmer, 575-586. Ugarit-Verlag, Münster.

Sarianidi, V. 1999. City of Gold. Faber & Faber, London.

Stronach, D. 1978. Pasargadae: A report on the excavations conducted by the British Institute of Persian Studies from 1961 to 1963. Oxford: Clarendon Press.

Vogelsang, W. 1992. The Rise and Organisation of the Achaemenid Empire: The Eastern Iranian Evidence. Iranica Antiqua 27: 83-127.

https://www.britishmuseum.org/

https://www.worldhistory.org/

https://www.miho.jp/

Filigree: Whispers of Wire: Achaemenid jewelers pushed the boundaries of metalworking with the art of filigree. Thin gold wires, almost impossibly fine, were twisted, braided, and soldered into intricate patterns using specialized tools. Leaves, flowers, and mythical creatures came to life through this painstaking technique, adding an ethereal touch to jewelry. Imagine delicate tendrils forming intricate patterns, tiny buds emerging, and mythical creatures taking shape, all crafted from these almost weightless threads of gold (figure 11). These are just a glimpse into the extensive toolkit and techniques employed by Achaemenid jewelers. Each tool, each technique, tells a story of skill, dedication, and artistic vision. Together, they paint a picture of a bygone era where craftsmanship and artistry intertwined to create timeless masterpieces.

Conclusion

Gemstones, Symbols, and Craftsmanship in Achaemenid Jewelry

In Achaemenid culture, gemstones played multifaceted roles beyond mere decoration. They were carefully chosen for their symbolic meanings, embodying profound significance in religious, mythological, and cosmological contexts. The vibrant hues of turquoise, carnelian, and lapis lazuli weren't just aesthetically pleasing; they held spiritual meanings, contributing to the wearer's spiritual well-being and protection.

These precious stones served as representations of spiritual beliefs, with specific stones tied to important religious, mythological, or cosmological concepts. For instance, turquoise symbolized protection, carnelian represented vitality, and lapis lazuli embodied divine favor. The stones weren't just passive adornments; they actively contributed to a visual vocabulary, conveying cultural, religious, and royal significance within the Achaemenid Empire.

Expressions of cultural values were embedded in gemstones, with motifs like lotus blossoms and vines depicted using these precious materials. Lotus blossoms represented creation and rebirth, aligning with beliefs in the afterlife, while vines symbolized abundance and interconnectedness, reflecting the cultural values of community and prosperity.

Beyond their decorative role, gemstones served as tools for storytelling within Achaemenid jewelry. The choice and placement of gemstones within the jewelry often formed intricate narratives, depicting mythology, religious beliefs, or personal achievements. Gemstones became integral elements that added layers of meaning and stories to the crafted pieces.

Expressions of artistic creativity were heightened through the use of gemstones. These stones, selected for their unique colors and textures, weren't just inert materials; they allowed skilled artisans to enhance the overall design and artistry of their creations. The vibrant and visually stunning gemstones became essential components in the intricate process of crafting beautiful and meaningful jewelry.

In summary, the world of Achaemenid jewelry, as epitomized by the treasures within the Oxus Treasure, unveils a captivating narrative of gemstones, symbols, and craftsmanship. The meticulous integration of precious gems like turquoise, carnelian, and lapis lazuli into intricate metal frameworks reflects not only aesthetic brilliance but also the profound symbolic depth embedded in each piece. From celestial symbols to representations of flora and fauna, the jewelry acts as a visual lexicon, conveying cultural, religious, and royal significance.

These gemstones in Achaemenid culture transcend mere visual appeal, playing pivotal roles as carriers of symbolic depth, expressions of cultural values, tools for storytelling, and enhancers of artistic creativity. These multifaceted roles showcase the profound connections between gemstones, wearers,

Granulation Tools: Tiny gold balls, meticulously crafted using specialized tools, were meticulously applied to adorn surfaces with shimmering texture, resembling stardust.

Gemstone Setting Delicacy: Precious stones, chosen for their vibrant hues and symbolic significance, became integral parts of Achaemenid jewelry. Skilled artisans employed several techniques to secure these treasures:

Bezel Setting: A metal rim encircled the stone, holding it securely while showcasing its beauty. Imagine gemstones like lapis lazuli or turquoise gleaming within these protective bezels.(figure 12)

Prong Setting: Delicate metal claws gently grasped the gem, offering a more open display. This technique allowed light to play on the stone's facets, highlighting its brilliance.

Cloisonné: Thin gold wires outlined the stone's shape, creating intricate compartments filled with colored glass or enamel. Fired to create a dazzling mosaic effect, this technique transformed raw materials into miniature-stained glass windows.

Figure 12- Gold armlet: penannular, the hoop almost solid at the back and tubular towards the ends which are in the form of winged monsters with griffin heads, their hind quarters and legs being in low relief; the horns are chiselled into a series of deep square settings close together, and the ends are cup-shaped; the neck and breast, the outer side of the wings, and the back are ornamented with fine applied cells or cloisons which in the first two instances imitate feathers, and on the back are in the form of broad circumflex accents placed one above the other across a rectangular sunken panel; the face, body and limbs are deeply chased with hollows following the lines of the bodies of the monsters and which, like all the applied cells and chiselled settings, were originally inlaid with colored stones, including lazulite (Bezel Setting), although no trace of these survive; the heads, ears, horns and wings are separately made.

Chisels and Engravers: Sharp chisels meticulously carved intricate details, bringing life to forms and inscriptions. Fine needles inscribed delicate patterns and symbols onto the metal surface, etching tiny stories onto the jewelry.

Figure 11- Model of gold chariot drawn by four horses abreast: the chariot box or cab is open at the back. It has an irregular square front, wider at the top than the bottom, ornamented with two incised bands in saltire, probably representing diagonal bracing struts. These bands are decorated with triangles and have a Bes head at the intersection. The floor is covered with cross-hatching, most probably representing a flooring of interlaced leather thongs. The two large wheels each have nine spokes, and the running surfaces are studded with small pellets to represent the bulbous heads of large stud-like nails which in the full-size original would have secured a tyre and felloe-sheathing of bronze. The axle is soldered at either end but the wheels originally rotated freely. A seat, in the form of a narrow strip of gold, runs from the front to back of the interior. On this is seated the principal figure. He wears a long robe reaching to the ankles, the sleeves of which appear to be empty like those of the 'kandys'. On his head is a hood or cap, around the front of which is a flat strip of gold, resembling a fillet, with the ends projecting above the forehead, and around his neck is a gold wire torc. The driver wears a similar cap without a fillet, a short girded tunic and a wire torc; his legs are also formed of wires. The two human figures are fixed to the chariot by wires.The chariot is pulled via a pair of draught-poles fixed to four horses under a single four-bay yoke. On the yoke, above each horse, is a large loop, representing the terrets, through which the wire reins pass; alternating with these loops were originally four crescentic fan-shaped yoke ornaments. The bits have large rings at the sides as rein attachments, and each animal has duplicate representations of the neck-strap and backing-element, the former with a pendant tassel, punched into the metal.The horses are small, pony-sized animals, but otherwise have the appearance of ram-headed Nesaeans. Their tails are tied up in mud-knots and the hair of the forelock is pulled back Only nine legs of the horses survive and the spokes of one wheel are imperfect. The two human figures are fixed to the chariot by wires passing through holes in the bottom and doubled over beneath. In the case of the charioteer these wires are attached to a small plate connecting his feet; in the case of the other figure they are longer, and also pass through the seat. Series: Oxus Treasure(The British Museum. Photo by Osama Shukir Muhammed Amin)

Soldering Iron: This molten "glue" seamlessly joined separate pieces into complex forms, allowing for intricate designs and delicate structures.

Methods of Jewelry Crafting in Achaemenid Period

The Achaemenid Iranians distinguished themselves through their renowned expertise and ingenuity in crafting jewelry, utilizing precious metals and stones with finesse. Employing an array of sophisticated techniques and tools, they meticulously fashioned intricate and fragile pieces that transcended mere embellishment, acting as nuanced reflections of their cultural identity, religious beliefs, and authoritative prowess. Each artifact, more than a mere adornment, encapsulates tales of unparalleled craftsmanship, cultural opulence, and a profound cosmic connection. The Oxus Treasure stands as an enduring testament to this legacy, inviting contemplation and awe for the artistry of a bygone epoch. A repository of invaluable insights, Achaemenid jewelry serves as a window into the art, culture, and religious tapestry of the expansive Persian Empire, stretching from India to Egypt during its zenith. These artifacts not only showcase the adeptness and diversity of Achaemenid jewelers but also unveil intricate threads connecting them with various regions and traditions.

Description of techniques and tools used in crafting Achaemenid jewelry

crafting of Achaemenid jewelry involved a meticulous blend of skill and innovation, employing various techniques and tools to achieve exquisite results. Metalsmithing, a prominent method, entailed the manipulation of precious metals such as gold, silver, and bronze. Artisans employed casting, forging, and hammering to shape the metals into intricate forms, ensuring both durability and aesthetic appeal.

Gem setting, another integral aspect, involved the careful placement of precious stones within the metal framework. Gemstones like turquoise, carnelian, and lapis lazuli were meticulously cut and polished, with settings ranging from bezel to claw, enhancing both the visual allure and symbolic significance of the jewelry. Filigree work showcased the artisans' dexterity, as they delicately formed intricate patterns and designs using fine metal threads. This technique allowed for the creation of latticework and detailed motifs, contributing to the overall elegance of Achaemenid jewelry. Tools employed in this craftsmanship included various types of hammers, anvils, molds, and chisels, each serving a specific purpose in the creation process. Precise detailing was achieved through the use of engraving tools, enabling the addition of intricate patterns and inscriptions. One of the main techniques used by the Achaemenid jewelers was metalworking, which involved the smithing, hammering, casting, and soldering of gold and silver. They also used alloys, such as electrum (a mixture of gold and silver), to create different colors and effects. The metalworkers employed various tools, such as anvils, hammers, tongs, molds, files, and punches, to shape and decorate the metal. They also used engraving, chasing, repoussé, and inlaying to create pat

Tools and Techniques of Achaemenid Jewelry Masters: Shaping Metal and Gemstone Magic

The dazzling opulence of Achaemenid jewelry wasn't simply a matter of gold and gems. Behind each shimmering piece lay the remarkable skill and ingenuity of the artisans who brought them to life. Their intricate creations, unearthed from the Oxus Treasure and beyond, whisper tales of the tools and techniques used to transform raw materials into breathtaking works of art. Metalworking Marvels: Hammer and Anvil: The foundation of the craft, rounded anvils and stone hammers shaped sheets and wires of gold, silver, and even the naturally occurring electrum alloy. Imagine the rhythmic clanging echoing through workshops as skilled hands wielded these tools.

Ivy: Representing steadfastness, ivy's clinging capacity when forming earrings and plaques evoked devotion to higher truths and moral codes over time.

Palmette: Characterized by fan-shaped fronds, the palmette symbolized life, vitality, and fertility, adorning artifacts such as necklaces and diadems.

Poppy: Holding symbolic meaning with its four petals, poppy motifs on beads or pendants may have been worn as fertility or healing amulets.

Grapevines: Significant symbols of fruitfulness, abundance, and ritual significance, grapevines' intricate forms adorned silver vessels and drinking goblets.

Leaves: Shaped like ivy, lotus, or acanthus, leaves with inscriptions indicated their use in royal naming or titling systems, denoting concepts of power, lineage, and succession.

Knot and Spiral Motifs: Representing the infinite and cyclic nature of existence, these motifs appeared intertwined with floral forms, reinforcing the blending of spiritual and natural concepts.

Through botanic forms infused with deep symbolism, Achaemenid art revealed nature as a theater for understanding cosmic workings and the nobility's role in preserving bounties granted by celestial providence. The Oxus floral lexicon indexed a rich appreciation for nature's lessons.In conclusion, plant symbols in Achaemenid jewelry reflect the cultural, religious, and royal aspects of Achaemenid civilization, showcasing the rich cultural heritage of the Achaemenid Empire. Each plant motif contributes to an eloquent narrative, weaving together a profound connection to the natural world and the enduring legacy of the Achaemenid people.

Figure 10- Rectangular gold sheet cut-out plaque: shows a figure walking to the left, wearing a crenellated crown or dentate tiara, a long garment with long sleeves decorated with a row of circles, and shoes or boots; the figure has long hair curled over at the back of the neck, and wears a circular earring in the left ear; collar or torc around the neck; right hand held before the face, left hand holding a lotus-flower; five loops for attachment on reverse. Oxus Treasure (The British Museum).

Fish: Fish were a symbol of life and fertility, and may also refer to the primordial waters of creation. The Oxus Treasure contains a gold fish vessel, which has a spout in the shape of a ram's head. The ram was associated with the spring equinox and the zodiac sign of Aries, as well as the god Verethragna, who was invoked for victory and prosperity. The vessel may have been used for ritual libations or offerings.

Figure 9- Gold finger-ring with transversely ribbed slender hoop and flat, almost circular, bezel engraved in intaglio with a griffin facing right; back of the bezel is chamfered around the edge. Oxus Treasure (The British Museum).

Plant Symbolism

In the captivating world of Achaemenid Jewelry, plants played a significant role in symbolizing various aspects of nature, religion, and society. The Oxus Treasure, a collection of ancient Persian jewelry, showcases the rich cultural heritage of the Achaemenid Empire through its intricate plant motifs. Each botanical motif, meticulously crafted, unveils a narrative of cultural, religious, and royal expressions dating back to the 5th and 4th centuries BCE. The plant symbolism in Achaemenid jewelry can be seen in various forms, such as:

Lotus: The lotus flower, associated with the goddess Aurora, symbolized creation, rebirth, and resurrection. It also served as a representation of fertility and prosperity.

Rosette: Rosette motifs often featured six petals, symbolizing the six directions and reinforcing concepts of order and balance in the natural and celestial realms.

Vines: Winding around jewelry, vines conveyed perseverance, life-force, and connection to the sustaining earth. Their tendrils knotted into intricate patterns on rings, symbolizing organic networks of power, loyalty, and distribution of blessings.

Pomegranate: A symbol of fertility, abundance, and ritual significance, pomegranates featured prominently on silver vessels and drinking goblets.

Bulls: Bulls were a symbol of fertility, bounty, and lunar cycles, and were associated with the crescent-shaped horns. The Oxus Treasure contains several pieces that feature bulls, such as beads and bracelets with bull horns. These pieces would have invoked the lunar deities and their influence on the natural world.

Figure 8.Hammered gold bowl with low umbo; shallow form; umbo (omphalos) hammered from the outside; embossed from the inside with decoration in two concentric zones, the outer one of which consists of pairs of lions erect upon their hind legs with their forearms outstretched diagonally, and each pair alternating with almond-shaped pushed-out lobes with the points downwards; the small inner zone surrounds the circular depression forming the reverse of the umbo, and is decorated with 6 smaller almond-shaped bosses arranged at regular intervals, again with the points downwards; center point on the underside. Series: Oxus Treasure (The British Museum. Photo by Osama Shukir Muhammed Amin).

Griffins: Griffins were mythical creatures with the body of a lion and the head and wings of an eagle. They were believed to guard the celestial realm and act as messengers and agents of the divine power. They also symbolized the qualities of courage, strength, and nobility. The Oxus Treasure contains several figurines of griffins, some of which have movable heads or wings. These pieces would have symbolized the protection and guidance of the celestial forces. (Figure.7)

Horses: Horses were highly valued by the Achaemenids, who used them for warfare, transportation, and sport. Horses symbolized speed, strength, and nobility. They were also linked to the sun god Mithra, who was often depicted riding a chariot pulled by four horses. The Oxus Treasure contains two gold model chariots with horses and figures, which may represent Mithra or Ahura Mazda. The chariots have four-spoked wheels, which could symbolize the four cardinal directions or the four seasons.

Deer and Ibex: Deer and ibex were symbols of agility and adaptability, and were native to the mountainous regions of the Achaemenid Empire. They reflected the close observation of nature and the livelihoods sustained by terraced farming. The Oxus Treasure contains several rings that feature deer and ibex, which would have been worn by ordinary people or farmers.

Figure 7- Gold disc clothing appliqué with faravahar; the faravahar was a winged disk with a human figure in the center. Series: Oxus Treasure (The British Museum)

Animal symbolism

One of the striking features of the Oxus Treasure is the use of animal symbolism in the jewelry, which reflects the cultural, religious, and royal aspects of Achaemenid civilization. The Achaemenids were followers of Zoroastrianism, a monotheistic faith that revered Ahura Mazda as the supreme creator and lord of the universe. They also believed in the existence of other divine beings and forces, such as Anahita, the goddess of fertility and wisdom, and Mithra, the god of the sun and justice. They also had a keen interest in astrology, and the influence of the stars and planets on human affairs.

The animal symbolism in Achaemenid jewelry can be seen in various forms, such as:

Lions: Lions were a symbol of power, majesty, and royal authority, and were often depicted as the prey of kings or heroes. The lion was also linked to the sun and the zodiac sign of Leo. The Oxus Treasure contains several pieces that feature lions, such as a gold scabbard with a lion-hunting scene, and a gold pendant with a lion's head surrounded by stars. These pieces would have been worn by high-ranking officials or nobles, and would have conveyed their prowess and divine favor.

Winged Lions: Winged lions were a variation of the lion motif, with added celestial significance. With wings denoting a connection to the heavens, these creatures symbolized not only earthly power but also a celestial realm. The Oxus Treasure features examples of winged lions on earrings and other regal accessories, underlining the celestial authority of the Achaemenid rulers.

create an opulent tableau that transcends mere adornment, offering profound insights into the complex and refined world of the Achaemenid civilization.

Celestial Symbolism

One of the striking features of Achaemenid jewelry is the use of celestial symbolism, which reflects the empire's religious, cosmic, and royal worldview. The Achaemenids were followers of Zoroastrianism, a monotheistic faith that revered Ahura Mazda as the supreme creator and lord of the universe. They also believed in the existence of other divine beings and forces, such as Anahita, the goddess of fertility and wisdom, and Mithra, the god of the sun and justice. They also had a keen interest in astrology, and the influence of the stars and planets on human affairs.

The celestial symbolism in Achaemenid jewelry can be seen in various motifs, such as:

Sun, Moon, and Stars: These celestial bodies represented the eternal and cyclical nature of the cosmos, and the divine authority of the Achaemenid kings. The sun, often depicted as a disc with rays, symbolized Ahura Mazda, the source of life and light. The moon, usually shown as a crescent, symbolized Anahita, the patroness of women and fertility. The stars, often made from tiny gemstones, symbolized the blessings of the divine order and the influence of the zodiac on human destiny. These motifs often adorned crowns, diadems, earrings, pendants, and bracelets, serving as protective amulets and regal accessories.

Solar Disks and Rosettes: A variation of the sun motif, the solar disk was a circular emblem with a central dot and radiating petals. It was often accompanied by rosettes, intricate floral patterns that could have multiple meanings, such as cosmic order, fertility, or the seasons. The combination of solar disks and rosettes expressed the Achaemenid reverence for the natural world and its harmony with the celestial realm.

Faravahar: One of the most iconic celestial symbols in Achaemenid jewelry, the faravahar was a winged disk with a human figure in the center, usually holding a ring. The faravahar symbolized the sun as the source of royal authority, and the human figure represented the soul or the spirit of the king. The wings symbolized the protection and guidance of the divine forces, and the ring symbolized loyalty and faithfulness. The faravahar was a common motif in gold rings and pendants, emphasizing the connection between the king and Ahura Mazda. (figure7)

Celestial Creatures: The Achaemenids also used mythical animals and hybrid beings as celestial symbols, such as griffins, winged lions, and winged bulls. These creatures were believed to guard the celestial realm and act as messengers and agents of the divine power. They also symbolized the qualities of courage, strength, and nobility. The incorporation of celestial creatures in jewelry served to invoke the divine protection and favor for the wearer.

Zodiacal Imagery: The Achaemenids were fascinated by astrology, and the signs of the zodiac frequently appeared in their jewelry. The zodiacal symbols, such as the bull, the lion, and the ram, were intricately engraved or molded into the designs. They not only represented the alignment of the celestial bodies and their influence on human fate, but also the connection between the Achaemenid rulers and the cosmic forces.

Moon Goddess Representation: The moon was also associated with the feminine aspect of divinity, and some pieces from the Oxus Treasure depict a female figure, possibly a moon goddess, holding celestial symbols. This suggests the interconnectedness of the celestial and divine realms, and the role of the goddess in bestowing fertility and wisdom.

while Raman spectroscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy aided in the identification and characterization of garnets. The scientific scrutiny of carnelian, agate, and turquoise involved techniques such as X-ray fluorescence and infrared spectroscopy, shedding light on their geological sources and trade networks.

Figure 6- aigrette, gold plaque ornament: representing on the front a recumbent lion-griffin with bent legs, curled tail with a leaf end, wings, straight horns and long pointed ears, embossed and chased with the head completed in the round. There are cavities for inlay on the flank and shoulder. At the back of the plaque are two long prongs for attachment. Series: Oxus Treasure (The British Museum)

In summation, the Oxus Treasure stands as an eloquent testimony to the nuanced interplay between gemstones and Achaemenid jewelry. The curated selection of gemstones, laden with symbolic significance, seamlessly integrated into sophisticated metalwork, unveils the profound artistry and cultural depth embodied in Achaemenid gem-set jewelry. Scientific analysis enhances our understanding of the geological origins, properties, and trade routes associated with these gemstones, contributing to the broader historical narrative of the Achaemenid Empire.

Symbolism in Achaemenid Jewelry: Oxus Treasure Examples

The intricate symbols adorning Achaemenid jewelry, as showcased by the exquisite pieces within the Oxus Treasure, unfold a captivating narrative steeped in cultural, religious, and regal profundity. These symbolic motifs, meticulously categorized into celestial, zoological, botanical, and gemological realms,

Turquoise: Turquoise, revered for its distinctive blue-green allure and perceived protective attributes, emerged as a favored gemstone in Achaemenid jewelry. Instances within the Oxus Treasure suggest its dual role as both ornamentation and symbol, possibly weaving ornamental and symbolic narratives.

Figure 5-Torque (Pectoral) with a Pendant Depicting a Battle (MIHO museum)

Integration into Filigree and Granulation

Achaemenid artisans seamlessly wove gemstones into the intricate filigree and granulation work of their jewelry. The bracelets, rings, and necklaces within the Oxus Treasure stand as exquisite examples, showcasing meticulous craftsmanship that married metalwork with gemstone inlays, creating depth and detail.

Cultural Influences on Gemstone Use

The sprawling territorial reach and cultural diversity of the Achaemenid Empire intricately influenced gemstone choices and styles. The Oxus Treasure, bearing influences from regions like Egypt, Greece, and Lydia, echoes a cosmopolitan approach to gemstone incorporation in jewelry.

Method of Identification

Scientific analysis played a pivotal role in unraveling the gemological mysteries of the Oxus Treasure. Techniques such as X-ray diffraction, electron microscopy, Raman spectroscopy, energy-dispersive X-ray spectroscopy, and infrared spectroscopy were employed to identify and characterize gemstones. For instance, lapis lazuli's composition was confirmed through X-ray diffraction and electron microscopy,

The deliberate choice of specific gemstones within jewelry communicated nuanced messages of status, religious devotion, or invoked protective qualities.

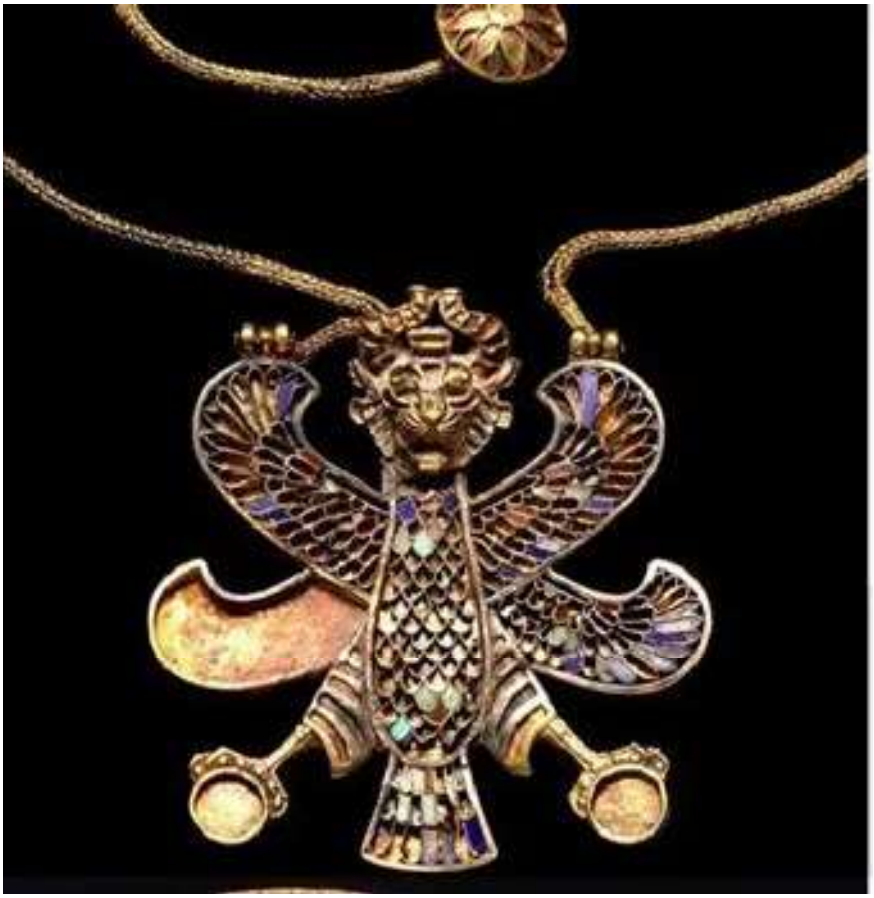


Figure 3-Pendant in the Form of a Winged Spirit, Achaemenid Persia, 4th century BC. Gold, lapis lazuli, turquoise, carnelian. (MIHO museum)

Variety of Gemstones

The Oxus Treasure unfolds a tapestry of gemstones, encompassing lapis lazuli, carnelian, garnet, agate, and turquoise. Each gemstone, with its distinctive color and properties, contributed to the creation of a vibrant and visually captivating array of jewelry.

Lapis Lazuli: Renowned for its intense blue color, lapis lazuli held a position of high esteem. Featured prominently in the Oxus Treasure, this gemstone, often set in gold, not only introduced a visually striking element but also harmonized with the cultural and symbolic underpinnings of the Achaemenid period.

Carnelian and Agate: Carnelian and agate, boasting warm and varied hues, were prevalent in Achaemenid jewelry. Manifesting in rings, beads, and amulets within the Oxus Treasure, these gemstones not only provided a compelling contrast against gold and silver settings but also attested to the consummate craftsmanship of Achaemenid artisans.

Gemstones Used in Achaemenid Jewelry

Oxus Treasure as an Exemplar

Gemstones played a pivotal role in Achaemenid jewelry, contributing not only to the visual allure of artifacts but also encapsulating profound symbolic meanings. The Oxus Treasure, an eminent collection from the Achaemenid period, serves as an illustrative testament, offering insights into the varied deployment of gemstones during this era.

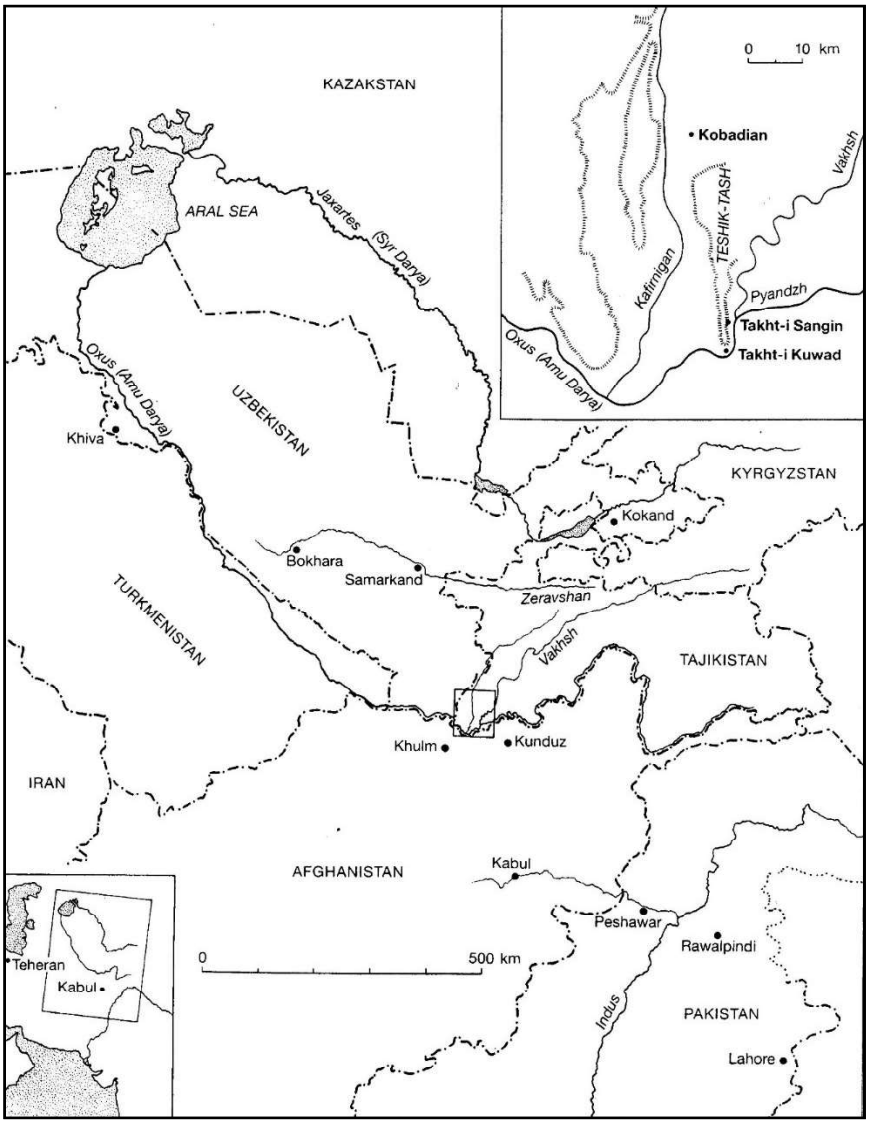


Figure 2 Map of Central Asia showing the region where the Oxus Treasure is thought to have been discovered. Drawing by Ann Searight (Curtis John 2004)

Symbolism and Cultural Significance

Gemstones transcended their ornamental role, embodying rich symbolic meanings in Achaemenid culture. Notably, lapis lazuli, with its profound blue hue, assumed associations with royalty and divinity.

offerings found their way into temples and shrines. The design philosophy of Achaemenid jewelry was a dynamic amalgamation of influences derived from the diverse regions the Persians encountered, including Egypt, Mesopotamia, Greece, India, and Lydia. Distinct motifs such as animals, plants, geometric patterns, and human figures were prevalent, symbolizing power, protection, and fertility. Iconic symbols like the griffin, lion, and lotus became synonymous with Achaemenid jewelry, portraying a rich narrative of cultural synthesis.

The construction techniques employed in Achaemenid jewelry showcased a sophisticated repertoire of skills, encompassing casting, hammering, soldering, engraving, chasing, repoussé, granulation, filigree, and gilding. Mainly utilizing gold, silver, and electrum, craftsmen occasionally applied color and gilding to enhance both appearance and intrinsic value. Semi-precious stones, including carnelian, lapis lazuli, turquoise, agate, and amethyst, alongside colored frit, were integral components, contributing variety and contrast to the metalwork.

The Oxus Treasure, an archaeological marvel comprising around 180 gold and silver artifacts accompanied by nearly 200 coins, offers a comprehensive glimpse into the diversity and complexity of Achaemenid jewelry. Unearthed near the Oxus River in Tajikistan during the late 19th century, the treasure encompasses various jewelry types like bracelets, armlets, rings, earrings, necklaces, pendants, plaques, and pins. The collection is a testament to the influence of external art and traditions from regions such as Egypt, Greece, and Lydia, intricately woven with distinctive Persian features.

Beyond being an assemblage of personal adornments, the Oxus Treasure unveils the intricate layers of Achaemenid societal dynamics, revealing potential distinctions between personal jewelry and items intended for votive or ceremonial purposes. It stands as a significant repository of not just artistic brilliance but also cultural, religious, and social dimensions within one of the ancient world's most influential empires. The Oxus Treasure, through its meticulous preservation and diverse artifacts, continues to be a valuable source for scholarly exploration, providing unprecedented insights into the multifaceted aspects of Achaemenid jewelry.

Figure 1. Bracelet (one of a pair) with heads of lions.Susa, Acropolis, Achaemenid pd., ca. 350 BCE. Gold, lapis-lazuli, turquoise, mother-of-pearl.Inv. nos.: Sb 2761, Sb 2762 (Département des Antiquités orientales, Muse du Louvre).

The treasure is believed to have been buried during the 4th century BCE, a period synonymous with the zenith of the Persian Achaemenid Empire. Its potential association with a temple suggests a repository for votive offerings amassed over an extended period, further deepening its historical and cultural significance.

Among its notable artifacts are griffin-headed bracelets, exemplifying Achaemenid court style, and finger rings adorned with engraved flat bezels, reflecting the exquisite craftsmanship of the era. Sculptural elements, including small figurines and model chariots, add to the collection's diversity, while votive plaques bearing motifs such as lion-griffins and sphinxes provide valuable insights into Achaemenid religious practices.

The Oxus Treasure remains a subject of scholarly intrigue and debate, with its association with coins and the exact origins of certain artifacts continuing to fuel academic discourse. Housed primarily in the British Museum, alongside artifacts in other collections, the treasure offers a comprehensive display of Achaemenid artistry, providing profound insights into the artistic, cultural, and religious dimensions of the ancient empire.

Figure 1: Achaemenid bracelet with ducks,Made of gold, inlaid with lapis lazuli, turquoise, onyx, crystal quartz.Mid-6th – 4th century BCE, Persia, Iran.(MIHO museum)

Significance of the Oxus Treasure as a representative collection of Achaemenid jewelry

Achaemenid period jewelry, as a manifestation of artistic expression, serves as a tangible reflection of the intricate cultural mosaic within the ancient Persian empire. This form of adornment was pervasive, worn by individuals of both genders, with the exception of the priestly class, mandated against donning gold ornaments. Beyond mere ornamentation, jewelry assumed a role in religious practices, where votive

INTRODUCTION

Immersed within the vast expanse of historical epochs, the Achaemenid period unfurls as a luminous chapter of regal magnificence and cultural opulence. Spanning from the 6th to the 4th centuries BCE, the Achaemenid Empire, guided by visionary leaders like Cyrus the Great and Darius the Great, stood as a paramount force across a sprawling dominion extending from the Aegean Sea to the Indus River. At the heart of this resplendent cultural panorama lies the enchanting allure of gemstones – radiant and sublime jewels intricately woven into the fabric of societal customs and expressions. Beyond their superficial charm, these gemstones played integral roles in shaping the cultural identity of the Achaemenid people. Their significance surpassed mere embellishment, seamlessly intertwining with religious beliefs, social structures, and the very essence of daily life.

Embarking on this scholarly expedition, the endeavor is to unravel the multifaceted importance of gemstones during the Achaemenid era (figure.1). Delving beyond surface aesthetics, the aim is to comprehend how these precious stones transcended their roles as mere adornments, evolving into symbolic conduits of profound meaning. In doing so, the aspiration is to unveil the intricate values and beliefs that permeated the rich tapestry of Achaemenid culture. Joining this academic journey allows for the peeling back of the layers of significance woven into each gemstone, casting a luminous light on the cultural treasures concealed within the folds of time.

The grandeur of Achaemenid gemstones finds expression in myriad forms, each imbued with profound cultural significance. Among these luminous treasures, lapis lazuli reigns supreme, its deep azure hue evoking celestial realms. This prized gemstone adorned regal seals, jewelry, and architectural marvels, notably gracing the Apadana Hall in Persepolis, where it served as a bridge between the earthly and the divine. Carnelian, ablaze with vibrant orange-red hues, embodied vitality and courage. Its presence in jewelry and seals symbolized strength, both physical and spiritual, epitomized in artifacts such as signet rings exuding authority and power.Turquoise, prized for its serene blue-green tones, held dual roles as a protective charm and a conduit to heavenly realms. Its incorporation into royal regalia and ceremonial objects attested to the Achaemenid belief in the spiritual potency of gemstones. Such examples underscore the profound cultural significance of gemstones in Achaemenid society, serving as more than mere ornaments but as vessels of meaning, intricately woven into the fabric of an epoch steeped in grandeur. As the journey delves deeper, the Oxus Treasure emerges as a testament to the opulence and cultural richness encapsulated in Achaemenid gemstones.

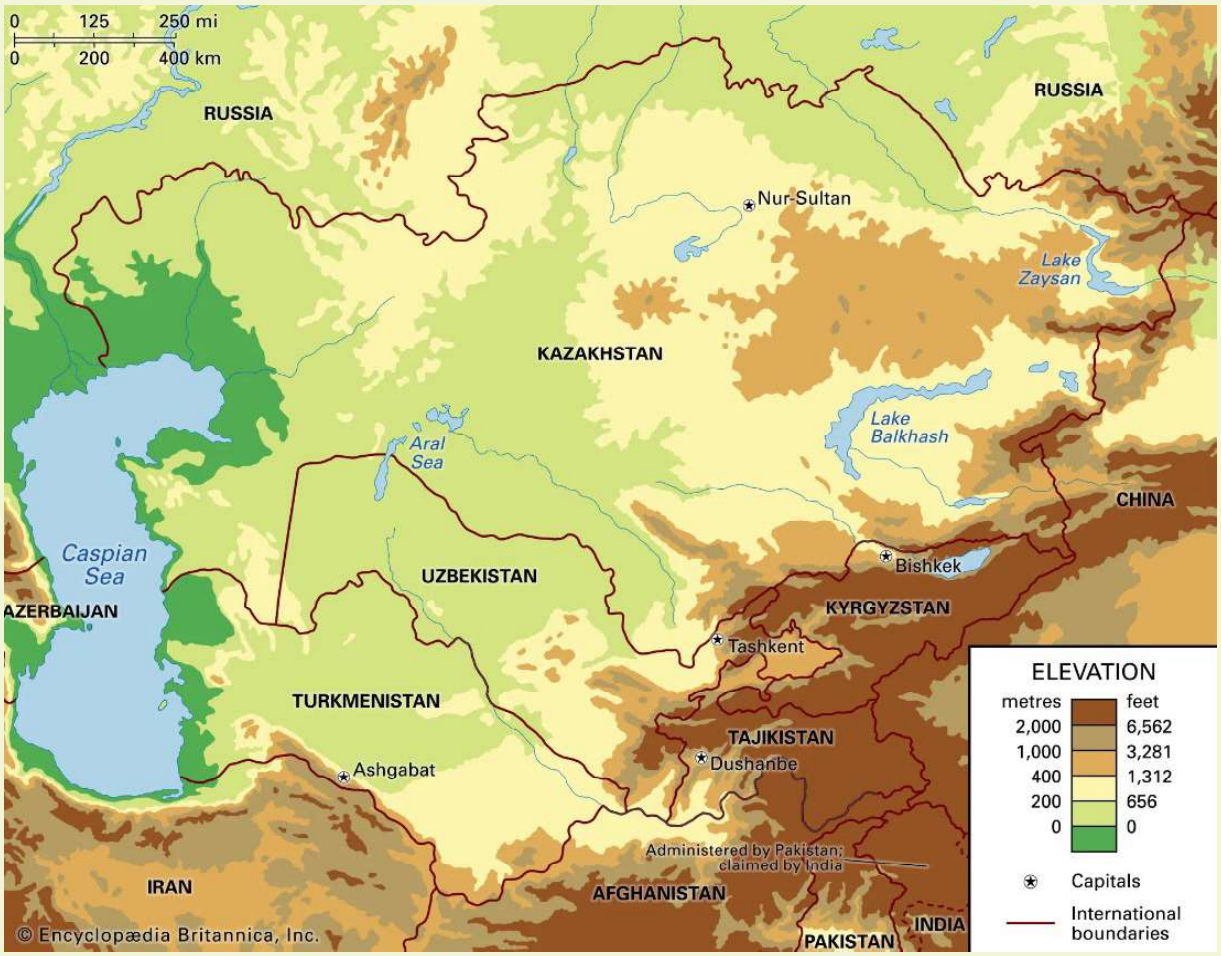
MATERIALS AND METHODS

Oxus Treasure: A Glimpse into Achaemenid Jewelry

The Oxus Treasure stands as a captivating testament to the opulence and artistry of the Achaemenid Empire, offering a remarkable glimpse into ancient Persian jewelry. Discovered between 1877 and 1880 near the Oxus River in Tajikistan, the treasure's exact circumstances of discovery remain shrouded in mystery. It is believed to have been unearthed by local villagers, who, recognizing its value, eventually sold it to a Russian officer. Subsequently, the collection found its way into the hands of British archaeologist Aurel Stein, who played a pivotal role in its documentation and preservation.

This collection of approximately 180 well-preserved artifacts crafted from precious metals, dating back to the Achaemenid Empire (c. 550-330 BCE), holds immense significance as a representative ensemble of Achaemenid jewelry. Its diverse range of items, meticulously crafted and adorned with intricate designs, offers valuable insights into the aesthetic and cultural milieu of ancient Persia.

Geospatial Abstract



Declaration of Readiness for Cooperation Yes No

Prepare to share experiences Yes No

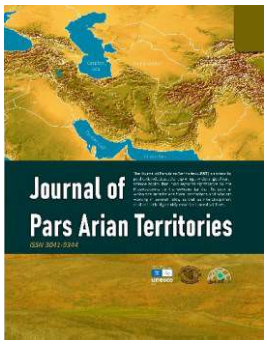
Niloofar Mousavipak

JPAT ISSN: ISSN 3041-9344
Journal of Pars Arian Territories (2024) 1:2, 1-19
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.2

Research Paper

Gemstones in Achaemenid Culture: A brief Exploration through the Oxus Treasure

Niloofar Mousavipak [1]✉, Nasim Mousavipak



Abstract

This scholarly investigation delves into the multifaceted significance of gemstones during the Achaemenid epoch (6th to 4th centuries BCE), with a particular focus on the illustrious Oxus Treasure discovered near the Oxus River in Tajikistan. Beyond their aesthetic allure, gemstones within Achaemenid jewelry emerge as conduits of profound symbolism, intricately interwoven with cultural, religious, and societal dimensions. The Oxus Treasure, a collection of meticulously preserved artifacts primarily composed of gold and silver, stands as an archaeological testament to the magnificence and craftsmanship of the Achaemenid Empire. From griffin-headed bracelets to intricately detailed finger rings, each artifact not only showcases artistic brilliance but also encapsulates the intricate values and beliefs that shaped ancient Persian society. This inquiry unravels the cosmopolitan influences that permeated Achaemenid jewelry, blending styles from Egypt, Mesopotamia, Greece, India, and Lydia. The Achaemenid Empire, sprawling across vast territories, served as a cultural crossroads where diverse civilizations converged. The assimilation of artistic styles from these regions into Achaemenid jewelry reflects a cosmopolitan ethos, highlighting the empire's role as a cultural nexus. Egyptian motifs, Mesopotamian craftsmanship techniques, Greek mythological symbols, Indian artistic intricacies, and Lydian design aesthetics collectively contributed to the rich visual tapestry of Achaemenid jewelry. This amalgamation of influences not only attests to the empire's expansive reach but also underscores its capacity to synthesize and adapt external elements, creating a unique and cosmopolitan artistic identity.

Cite this article:

Mousavipak N, Mousavipak, N (2024) Gemstones in Achaemenid Culture: A brief Exploration through the Oxus. *Journal of Pars Arian Territories* 2: 1-19
DOI: 10.61186/jpat.2024.2.2
Publisher: Pars Arian Insistue © The Author(s).

ARTICLE HISTORY
Received:
6 August 2023
Revised:
8 September 2023
Accepted: 9 October 2023

KEYWORDS
Achaemenid,
Oxus Treasure,
Gemstones,
Jewelry

✉ CORRESPONDING AUTHOR AFFILIATION
Ph.D. of gemology, DG, DUGem, AJP

[1] mousavipak.niloofar@gmail.com

Preface

We are pleased to present the second issue of Pars Arian Territories (JPAT), a journal that has been carefully crafted to provide a unique reading experience. In today's era, where the abundance of scientific and news journals has made it increasingly difficult for readers to choose a publication that meets their needs, we have made every effort to stand out. Our editorial board has worked tirelessly to select articles that are not only scientifically rigorous but also visually appealing and easy to access.

The second issue of JPAT features six articles, divided into two parts. The first part includes four Persian articles, which are followed by two English articles with abstracts of the Persian articles. The articles in this issue showcase a range of topics, from the geological and archaeological aspects of estuaries and petroglyphs to the economic geology of iron deposits and the history of hydrogeology.

In addition to the research articles, we have included a special section titled " memorial of Earth Scientists" which introduces readers to the life and work of great Iranian geoscience scientists. This section aims to provide a unique perspective on the history of earth sciences in Iran and is intended to be a regular feature in future issues. It is our hope that JPAT will become a valuable resource for earth science researchers and scientists, providing a platform for sharing knowledge and ideas that can contribute to sustainable development in the region. We believe that by highlighting the achievements and contributions of Iranian geoscience scientists, we can promote a greater understanding of the cultural field of Iran and its significance in the global context.

Mansour Ghorbani
Director-in-Charge
Tehran-1ran

Journal of Pars Arian Territories

M. Ghorbani
E-mail: m_ghorbani@hotmail.com
Tehran, Iran

K. Taheri
Kermanshah, Iran
E-mail: taheri.kamal@gmail.com

Scope of the journal
The Journal of Pars Arian Territories (**JPAT**) is a scientific publication dedicated to exploring a wide range of earth science topics that hold regional significance to the Mesopotamia to Transoxiana Lands. The journal welcomes submissions from researchers and scholars working in several fields, as well as interdisciplinary studies that bridge multiple earth science disciplines.

Publication information
Pars Arian Territories Journal (ISSN) is a publication that allows submissions in both Farsi and English languages. It operates on a no-cost, open-access policy, ensuring free access to published articles for readers worldwide. Upon receiving submissions, the editorial team initially assesses them based on formatting and general structure adherence to scientific writing standards. Compliant articles proceed to the review process. To connect with the journal's editorial board, kindly use the provided email or reach out to the editors directly.

Orders, claims, product enquiries
Please contact us for any requests for subscriptions, criticisms, or ordering volumes of the journal (hard copy).with address:
3rd Western unit, 2nd floor, No. 65, Mohammad Reza Kosha St., Exit of Mirdamad, North Haqqani Highway, Tehran, Iran. Postal Code: 1547717411, Write or call the following number:
Phone: +98 212 292-5263

OPEN ACCESS

Director in charge
Dr. Mansour Ghorbani

Editor-in-chief
Kamal Taheri

Editorial board
Dr. Azin Ahifar
Dr. Peyman Afzal
Dr. Sonia Shidrang
Dr. Jafar Omrani
Dr. Razye Lak
Dr. Abbas Maghsoudi
Dr. Niloofar Mousavipak
Dr. Morteza Momenzadeh
Dr. Hamidreza Nassery
Dr. Nima Nezafati
Dr. Hamid Nazari

International editorial board
Dr. Nasriddinov Zamoniddin Zayniddinovich
Dr. Sci. Khachatur Meliksetian
Dr. Issa El-Hussain

Executive Staff
Eng. Erfan Rahimi
Eng. Mohsen Ghorbani
Dr. Reyhaneh Lotfi
Eng. Nasim Ghorbani
Eng. Shohreh Salkhordeh

Technical support
Eng. Erfan Rahimi

Publication Period: Quarterly
Electronic ISSN: 3041-9344

Contact:
3rd Western unit, 2nd floor, No. 65, Mohammad Reza Kosha St., Exit of Mirdamad, North Haqqani Highway, Tehran, Iran.
Postal Code: 1547717411
Tel: +98 212 292-5263
Fax: +98 212 292-5271

Vol: 1
No. 2
2024

2

(1-34)

Journal of Pars Arian Territories

The Journal of Pars Arian Territories (**JPAT**) is a scientific publication dedicated to exploring a wide range of earth science topics that hold regional significance to the Mesopotamia to Transoxiana Lands. The journal welcomes submissions from researchers and scholars working in several fields, as well as interdisciplinary studies that bridge multiple earth science disciplines.

ISSN 3041-9344