



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان



نشریه فنی

**تحلیل عملکرد سازه‌های بومی استحصال آب
در مدیریت پایدار منابع آب مناطق خشک
(مطالعه موردی: استان کرمان)**

نویسندگان:
نجمه حاج‌سیدعلی‌خانی، مریم رضائی، شاهین آقامیرزاده

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان

نشریه فنی:

تحلیل عملکرد سازه‌های بومی استحصال آب در مدیریت پایدار منابع آب مناطق خشک
(مطالعه موردی: استان کرمان)

نویسندگان:

نجمه حاج‌سیدعلی‌خانی، مریم رضائی، شاهین آقامیرزاده

شماره ثبت: ۶۹۹۹۸

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان

عنوان: تحلیل عملکرد سازه‌های بومی استحصال آب در مدیریت پایدار منابع آب مناطق خشک (مطالعه موردی: استان کرمان)

نویسندگان: نجمه حاج‌سیدعلی‌خانی، مریم رضائی، شاهین آقامیرزاده

ویراستار: سعید نبی‌پی لشکریان

طراحی جلد و صفحه‌آرایی: عباس صدیق

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰ نسخه

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۵

این اثر در مورخه ۱۴۰۵/۰۶/۲۲ با شماره ۶۹۹۹۸ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطالب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

چکیده	۱
۱- مقدمه و کلیات	۲
۲- اهمیت روش‌های سنتی حفاظت آب در استان کرمان	۳
۳- منطقه مورد مطالعه	۵
۳-۱- شناسایی و بررسی اجمالی برخی روش‌های سنتی حفاظت آب در سطح استان کرمان	۷
۳-۱-۱- دربند، سازه‌ای برای کشت دیمی نخل در مناطق مارز و قلعه‌گنج	۷
۳-۱-۲- گش‌بند	۱۳
۳-۱-۳- نُخ	۱۵
۳-۱-۴- برآورد هزینه و سود عملکرد سازه برای نخلستان	۱۶
۳-۱-۵- برآورد هزینه	۱۶
۳-۱-۶- برآورد درآمد	۱۷
۳-۱-۷- کانال و خندق‌های نگهداری آب در تپه صوغان	۱۸
۳-۱-۸- تَنبوشه	۲۰
۳-۱-۹- نقاط قوت سازه تپه صوغان	۲۱
۳-۱-۱۰- قنات راهی برای تأمین آب در استان کرمان	۲۱
۳-۱-۱۱- نمونه‌های قنات‌های استان	۲۲
۳-۱-۱۲- قنات گوهرریز جوپار	۲۲
۳-۱-۱۳- مدیریت توزیع و تقسیم آب قنات	۲۷
۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها	۲۸
ملاحظات اخلاقی	۳۰
منابع	۳۱
ABSTRACT	۳۵

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱- نمونه‌ای از کپرهای اهالی روستای مارز ۷
- شکل ۲- شماتیک سامانه دربند و قسمت‌های مختلف آن ۱۱
- شکل ۳- نخلستان‌های دیمی در پشت سازه دربند ۱۲
- شکل ۴- تصویری از سازه دربند و نخلستان‌های احداث‌شده ۱۳
- شکل ۵- نمای کلی از سازه دربند در مسیر رودخانه ۱۳
- شکل ۶- تصویری از کش‌بند در منطقه مارز ۱۵
- شکل ۷- نمای کلی از نخلستان‌های دایر شده ۱۶
- شکل ۸- نمای کلی از مخازن ذخیره آب در تپه صوغان ۱۹
- شکل ۹- خندق‌های ذخیره آب در تپه صوغان ۲۰
- شکل ۱۰- ورودی قنات گوهرریز جوپار و یادبود احیاء و مرمت قنات در سال ۱۳۸۴ ۲۳
- شکل ۱۱- نهر انتقال آب از قنات گوهرریز معروف به شش‌مقسم ۲۵
- شکل ۱۲- نقشه قنات گوهرریز جوپار (ویسی، ۱۳۹۹) ۲۵
- شکل ۱۳- مسقف‌کردن نهر انتقال آب به اراضی شش‌مقسم ۲۶
- شکل ۱۴- حصارکشی اطراف نهر انتقال آب قنات گوهرریز ۲۶
- شکل ۱۵- اراضی زراعی یونجه آبیاری‌شده با آب قنات گوهرریز ۲۸

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱- ابعاد اجزا سازه دربند ۱۱

چکیده

در استان کرمان، که با اقلیمی خشک و نیمه‌خشک شناخته می‌شود، محدودیت منابع آبی، خشکسالی‌های پی‌درپی و اثرات تغییر اقلیم، ضرورت به‌کارگیری روش‌های پایدار مدیریت منابع آب را بیش از پیش نمایان ساخته است. سازه‌های سنتی استحصال آب، نقش کلیدی در کنترل رواناب‌ها، تغذیه آبخوان‌ها، کاهش فرسایش خاک و تأمین نیازهای کشاورزی ایفا می‌کنند. پیشینیان ما در استان کرمان، علی‌رغم کمبود شدید منابع آبی و شرایط اقلیمی چالش‌برانگیز، با ابداعات و نوآوری‌های فراوان، راه‌هایی برای تأمین و نگهداری آب برای کشاورزی یافته‌اند. وجود آثاری چون قنات‌ها، آب‌انبارها، بندهای ذخیره آب و روش‌های آبیاری باستانی در مارز قلعه‌گنج، گواه تمدن آبی کهن و غنی در این استان است. مردمان این دیار با اتکا به تجربه و به‌کارگیری فنونی به ظاهر ساده و با استفاده از مصالح طبیعی چون سنگ و خاک، نه تنها توانسته‌اند محصولات کشاورزی را تولید کنند، بلکه موفق به حفظ آب و خاک شده و از فرسایش ناشی از باد و سیل و همچنین اثرات مخرب خشکسالی کاسته‌اند. نشریه فنی حاضر از میان روش‌های متعدد حفاظت آب و خاک در استان کرمان به ارزیابی کارایی سازه‌های سنتی مانند دربند، کش‌بند، نخ، نخلستان‌ها و قنات‌ها (با مطالعه موردی قنات گوهرریز) در مدیریت منابع آب در استان کرمان پرداخته شده است. یافته‌ها حاکی از آن است که این سازه‌ها با کاهش سرعت جریان سیلاب و افزایش نفوذ آب به خاک، به‌طور مؤثری خسارات ناشی از سیل را کاهش داده و بهره‌وری منابع آبی را در مناطق خشک بهبود بخشیده‌اند. در این میان، قنات گوهرریز به عنوان نمونه‌ای برجسته از سامانه‌های انتقال آب سنتی، نقشی حیاتی در تأمین پایدار آب کشاورزی و حفظ سکونتگاه‌های انسانی ایفا کرده است. دانش بومی، به‌دلیل انطباق بالا با شرایط محلی و شناخت عمیق مردمان از محیط پیرامون، می‌تواند ابزاری بسیار کارآمد باشد. براین‌اساس، هدف اصلی این نشریه، شناسایی و معرفی روش‌های سنتی و بومی حفاظت آب در استان کرمان، ارزیابی نقاط قوت و ضعف این روش‌ها و در نهایت، ارائه راهکارهای اصلاحی برای بهبود آن‌هاست. نتایج حاصل از اجرای سازه‌های دربند و کش‌بند در منطقه خشک مارز و قلعه‌گنج، که منجر به احیای کشت دیم نخل شده است، بیانگر بازده اقتصادی چشمگیر است؛ به‌طوری که درآمد تخمینی حاصل از احداث این سازه‌ها و بهره‌برداری از نخلستان‌های منطقه، مبلغی حدود ۲۰۵۳۷/۵ میلیون ریال برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی: دانش بومی، سازه‌های سنتی استحصال آب، قنات، مدیریت پایدار منابع آب.

۱- مقدمه و کلیات

خشک‌سالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب به‌ویژه بخش کشاورزی، مشکل خشک‌سالی در سال‌های آینده حادتر خواهد شد (مالکی و همکاران، ۱۴۰۰). استان کرمان در مجاورت خشک‌ترین کویرهای جهان از جمله کویر لوت و کفه نمک سیرجان قرار دارد و از نظر اقلیمی در شرایط بسیار نامناسبی قرار گرفته است. به‌طوری که می‌توان گفت در بیشتر نقاط استان، اقلیم خشک حاکم است (سلیمانی دامنه و همکاران، ۱۴۰۳)، برهمن اساس مردم این منطقه از دیرباز آموخته اند به بهترین شکل از منابع آبی حفاظت کنند. مردم با تکیه بر تجربه و با بکارگیری فنونی به ظاهر ساده با استفاده از مصالح سنگ و خاک علاوه بر تولید محصولات کشاورزی توانسته اند آب و خاک را حفظ کنند و از فرسایش آبی و بادی و خطرات سیل و خشکسالی بکاهند. فناوری‌های بومی حفاظت از آب و خاک، شامل مجموعه روش‌ها و مهارت‌هایی است که جوامع انسانی متناسب با شرایط طبیعی و اجتماعی محیط خود، برای مدیریت منابع آب و خاک به‌کار می‌گیرند. به بیان دیگر، این فناوری‌ها بخشی از سرمایه ملی هر جامعه محسوب می‌شوند که حاصل هزاران سال تجربه، آزمون و خطا در تعامل با طبیعت پیرامونشان هستند (مهدوی‌وفا، ۱۳۹۱). در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند استان کرمان، سازه‌های سنتی حفاظت آب نظیر قنات، دربند، کش‌بند و نخ یک ضرورت حیاتی برای پایداری سکونت‌گاه‌ها محسوب می‌شوند. قنات یا کاریز یکی از جالب‌ترین ابتکارات بشر برای دستیابی به یکی از مهم‌ترین نیازهای انسان یعنی آب است. قنات سازه آبی است که سازنده و تکمیل‌کننده آن ایرانیان هستند و پس از ایجاد به علت کارایی مطلوب و مناسب به دیگر مناطق کره زمین گسترش یافته و آب زیرزمینی را در دسترس استفاده‌کنندگان قرار داده است. قنات تکنیکی است که آب را به سطح زمین می‌آورد و آن را قابل استفاده می‌سازد. این سازه از یک کانال زیرزمینی تشکیل شده است که آب زیرزمینی به درون آن نفوذ می‌کند و در نهایت در مظهر قنات، بر سطح زمین جاری می‌شود. قنات‌ها که خاستگاهشان به ایران در حدود ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد بازمی‌گردد، امروزه در بسیاری از کشورهای دیگر نیز دیده می‌شوند؛ از جمله در سوریه و مراکش که به آن ختاره گفته می‌شود، در اسپانیا گالریا نام دارد و در عمان که با نام‌های فلج یا افلاج شناخته می‌شود (Wessels و همکاران،

۲۰۰۸؛ Beckers و همکاران، ۲۰۱۳). در فرهنگ ایرانی، برای قنات‌ها ویژگی‌های روحانی قائل بودند و آیین‌هایی برای بزرگداشت آن‌ها برگزار می‌شد که نشان‌دهنده پیوند عمیق این سازه‌ها با هویت فرهنگی منطقه است (Pouraghniaei و همکاران، ۲۰۰۰). استان کرمان مهد فناوری قنات در جهان محسوب می‌شود. از جمله برجسته‌ترین و شاخص‌ترین رشته قنات‌های شهر کرمان می‌توان به قنات‌های مزرعه زریسف، مؤیدی، رق‌آباد، اکبرآباد، بیگلریگی، مستوره، حسن‌آباد، طهماسب‌آباد، اختیارآباد و سعیدی اشاره کرد. فارغ از قنات، سازه‌هایی مانند «دربند» و «کش‌بند» برای مهار سیلاب‌های فصلی و هدایت رواناب به سمت زمین‌های کشاورزی احداث شده‌اند. در سال‌های اخیر، توجه بیشتری به احیاء روش‌های سنتی پایدار معطوف شده است؛ روش‌هایی که بر دانش بومی و مشارکت مردمی استوار هستند. در این زمینه، پژوهش‌های متعددی پیرامون روش‌های سنتی صورت گرفته است.

مطالعه‌ای توسط راهی و همکاران (۱۳۸۷) انجام شد که در آن، سازه‌های سنتی آب‌خیزداری نظیر قنات، تراس‌بندی، بندسار، گوراب، استخر و آب‌انبار در استان بوشهر از منظر اجتماعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. چوپانی و همکاران (۱۳۹۷)، در پژوهشی از دانش بومی دربند و کش‌بند، به‌عنوان واحد اقتصادی خانوار در بشاگرد هرمزگان نام بردند و بیان کردند که تعدیل سرعت سیلاب، کاهش فرسایش خاک، مهار رسوب، تولید زمین زراعی، تغذیه چشمه‌های پایین‌دست از اندوخته آب در رسوبات پشت بند و تأمین رطوبت موردنیاز کشت از اهداف و اثرات احداث سازه‌های بومی دربند و کش‌بند در هرمزگان به‌شمار می‌رود. استخرهای باستانی و متروکه که توسط تمدن مایا در آمریکای مرکزی ایجاد شده‌اند، با حجم ظرفیتی بین ۲۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مکعب، هم برای مصارف خانگی و هم کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گرفتند (Ferrand و Cecunjanin، ۲۰۱۴).

۲- اهمیت روش‌های سنتی حفاظت آب در استان کرمان

به‌طور کلی می‌توان گفت در بیشتر نقاط استان کرمان اقلیم خشک حاکم است. از خصوصیات بارز قسمت‌های عمده‌ی این مناطق استان، کمبود بارندگی، تبخیر و تعرق زیاد، درجه حرارت بالا، وجود بادهای سوزان، اختلاف شدید درجه حرارت شبانه‌روز در فصول مختلف سال و حرکت ماسه‌های روان و همچنین وقوع خشکسالی‌های شدید و پی‌درپی است. نوسانات منفی بارش منجر به بروز خشکسالی‌های شدید شده و در نتیجه، خسارات

گسترده‌ای بر نظام اکولوژیکی و اقتصادی استان کرمان وارد می‌سازد (باقری و محمدی، ۱۳۹۱). در استان کرمان، در مواقع ترسالی، مقدار قابل ملاحظه‌ای از رواناب حاصل از بارش‌ها در حوزه‌های آبخیز، چنانچه در محل کنترل نشود و به تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی نرسد، به کفه‌ها و دشت‌های شور وارد شده و به‌صورت آب شور در سفره‌های زیرزمینی به سمت دامنه‌ها حرکت می‌کند و در نهایت هدر می‌رود. وجود چنین کفه‌ها و کویرهای نمکی باعث شده است که جوامع محلی این مناطق از دیرباز دانش بومی مؤثری برای حفاظت بهینه از منابع آب محدود توسعه دهند.

تجربیات نشان می‌دهد که دانش بومی با دانش نوین نه‌تنها در تعارض و تناقض نیست، بلکه مکمل خوبی برای دانش امروزی است. در زمینه منابع طبیعی و آب و خاک به‌دلیل قدمت استفاده از این منابع در گذر زمان اندوخته‌های علمی فراوانی بدست آمده که در صورت شناسایی و بهره‌گیری از آن و تلفیق آن با دانش جدید می‌تواند تحول اقتصادی و افزایش درآمد را به دنبال داشته باشد (بروشکه و سکوتی اسکویی، ۱۳۸۴).

این سامانه‌ها نقش مؤثری در افزایش امنیت آب و تاب‌آوری جوامع محلی دارند (Zhou و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین در تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها نیز مؤثر هستند. اهمیت این موضوع وقتی آشکار می‌شود که بدانیم مطابق گزارش‌های موجود، حیات کشاورزی، صنعتی و زندگی شهری در ۶۰ درصد از وسعت کشور به آب زیرزمینی بستگی دارد و در حال حاضر به‌دلیل بهره‌برداری بی‌رویه، بحران شدیدی بر این مناطق از جمله رخداد نشست زمین و فروچاله‌ها سایه افکنده است (عرب خدری و کمالی، ۱۳۹۶). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، این روش‌ها، با تأمین آب مکمل غیرشرب، کاهش هدررفت و بهبود تغذیه آب‌های زیرزمینی، راهکاری پایدار و سازگار با فرهنگ بومی برای مدیریت کم‌آبی و توسعه شهری محسوب می‌شوند (رستم‌زاده و هود، ۱۴۰۳).

هدف از این نشریه، معرفی سازه‌های سنتی استحصال آب و تعیین نقش آن‌ها در تأمین نیازهای آبی منطقه، شناسایی شرایط اکولوژیکی مناسب برای هر یک از روش‌های سنتی حفاظت از آب، بررسی نقاط ضعف و محدودیت‌های این روش‌ها و در نهایت ارائه راهکارهای اصلاحی یا جایگزین از طریق بهره‌گیری از فناوری‌ها و امکانات نوین است. تلاش شده است تا ضمن توانمندسازی ایده‌ها و دانش بومی ساکنان، به حفظ پایدار منابع آب و خاک، تقویت پوشش گیاهی و بهبود وضعیت اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی کمک مؤثری صورت گیرد.

۳- منطقه مورد مطالعه

استان کرمان پهناورترین استان کشور و با مساحت ۱۸۲۳۰۱ کیلومتر مربع است که در جنوب شرقی ایران واقع شده است. موقعیت جغرافیایی این استان در محدوده ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی تعریف می‌شود. از لحاظ همسایگی، استان کرمان از شمال به استان‌های خراسان و یزد، از جنوب به استان هرمزگان، از شرق به استان سیستان و بلوچستان و از غرب به استان فارس محدود می‌شود (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۹۹).

ارتفاع استان کرمان از ۱۹۰ متر در دشت لوت تا ۴۵۰۱ متر در قله هزار (واقع در منطقه راین) متغیر است که این قله چهارمین قله مرتفع ایران به شمار می‌رود. این استان با در اختیار داشتن حدود ۷۹۵۰۹۲ هکتار باغ، معادل ۲۲ درصد از کل باغات کشور، رتبه نخست سطح زیر کشت باغی را در ایران دارد (ملک‌پورزاده و ایزدی، ۱۳۹۸). از نظر پوشش طبیعی، مراتع استان که عمدتاً از نوع فقیر تا متوسط هستند، مساحتی بالغ بر ۷۷۰۰۰۰۰ هکتار را پوشش می‌دهند. جنگل‌های آن به صورت تنک و به مساحت ۲۵۰۰۰۰۰ هکتار است و مناطق کویری و بیابانی استان با وسعت حدود ۶۳۰۰۰۰۰ هکتار در مجاورت کویر لوت، یکی از بزرگ‌ترین کویرهای جهان، قرار دارند.

استان کرمان با حدود ۱۱ درصد مساحت ایران، بخش کلیدی فلات مرکزی جنوب شرقی را تشکیل می‌دهد. اگرچه اقلیم غالب آن خشک و کویری است، اما کوهستانی بودن دوسوم منطقه، مانع از حاکمیت مطلق این شرایط شده و تنوع اقلیمی قابل توجهی ایجاد کرده است. دشت‌های گسترده و نسبتاً هموار، به عنوان عامل تفکیک‌کننده، واحدهای کوهستانی را از هم جدا می‌کنند. محصور بودن دشت‌ها بین ارتفاعات و ارتفاع کم آن‌ها، موجب حاکمیت شرایط بیابانی در بخش وسیعی از این دشت‌ها شده است (اجنی، ۱۴۰۰). دشت لوت با کمینه ارتفاع ۵۶ متر، پست‌ترین و دشت ابراهیم‌آباد سیرجان با ارتفاع حدود ۱۷۱۰ متر، مرتفع‌ترین دشت داخلی استان هستند (مقصودی و عمادالدین، ۱۳۸۳). چاله جازموریان، بخش‌های زیادی از دشت انار-رفسنجان و کفه نمکی سیرجان در این منطقه جای دارند. پوشش این دشت‌ها اغلب از رسوبات بادی و رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک است. پوشش گیاهی این نواحی به علت کم‌بارشی، گرمای زیاد، تبخیر بالا و خاک نامناسب، بسیار ضعیف است. این

دشت‌های هموار با اندازه‌های گوناگون در کوهپایه‌ها یا میان ارتفاعات دیده می‌شوند و بر اثر فرسایش کوهستان‌ها، در طول زمان با رسوبات آبرفتی پوشانده شده‌اند. مهمترین رودخانه‌های حوزه آبخیز جازموریان‌رود، هلیل‌رود (غرب حوضه) و رود بمپور (شرق حوضه) است که به تالاب جازموریان وارد می‌شوند (شعبانی و همکاران، ۱۴۰۳). در مقابل دشت‌های شور و ریگی، دشت‌های کوهپایه‌ای و آبرفتی استان کرمان، به دلیل ارتفاع نسبی مناسب، خاک حاصلخیز، غنای منابع آب زیرزمینی و دمای نسبتاً پایین، از اهمیت بالایی برای فعالیت‌های کشاورزی و استقرار شهرها و روستاها برخوردارند. در این دشت‌ها، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و سطحی موجب گسترش کشاورزی شده و متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه، انواع محصولات کشاورزی کشت می‌شود. از جمله این مناطق می‌توان به دشت‌های کوهپایه‌ای بافت و دشتاب، شهربابک، بخش‌هایی از دشت انار-رفسنجان، زرنده، بردسیر، باغین، نگار، ارزوئیه، صوغان، دولت‌آباد، اسطور، جیرفت، عنبرآباد، کهنوج و قلعه‌گنج اشاره کرد. نشریه حاضر در دو بخش تدوین شده است: بخش نخست به بررسی منابع و پیشینه پژوهش در سطوح جهانی، ملی و استانی اختصاص دارد که در آن از داده‌ها و منابع مرتبط با تاریخ آب استان کرمان، موجود در کتابخانه میراث فرهنگی و کرمان‌شناسی، استفاده شده است. بخش دوم نیز به انجام پژوهش‌های میدانی اختصاص یافته است.

در بخش مطالعات صحرایی، ابتدا مناطقی از استان که در آن‌ها آثار و شواهدی از روش‌های سنتی حفاظت آب باقی مانده بود، شناسایی شدند. در مرحله بازدیدهای میدانی، مجموعه‌ای از فعالیت‌ها انجام شد که شامل هم‌اندیشی و تبادل نظر با کارشناسان خبره حوزه منابع طبیعی و آبخیزداری بود. همچنین تکمیل پرسشنامه‌ها و انجام مصاحبه با خبرگان و مردم محلی صورت گرفت. آماربرداری، تهیه عکس، فیلم و سایر مستندات مورد نیاز از محل اجرای طرح نیز انجام شد. اندازه‌گیری و بررسی وضعیت پوشش گیاهی در محل اجرای سازه‌های سنتی حفاظت آب و خاک صورت پذیرفت. اطلاعاتی نظیر قدمت اجرای روش‌ها و میزان تأثیر آن‌ها در حفاظت خاک و آب جمع‌آوری شد. همچنین نوع محصولات کشاورزی رایج تعیین شد. کروکی ترسیم و ابعاد و مشخصات هندسی سازه‌ها تعیین شد. نوع مصالح به‌کاررفته و روش‌های نگهداری آن‌ها نیز شناسایی شد. افزون بر این، میزان استقبال از این روش‌ها در شرایط کنونی بررسی شد. نقش سازه‌های سنتی استحصال آب در تأمین نیازهای آبی (شامل آبیاری، شرب انسان و دام) مورد ارزیابی قرار گرفت. شرایط اکولوژیکی مناسب برای هریک از روش‌های سنتی

حفاظت آب تعیین شد. نواقص و نقاط ضعف احتمالی این روش‌ها شناسایی شد و در نهایت، راهکارهایی برای اصلاح یا بهبود آن‌ها با بهره‌گیری از فنون و امکانات نوین، تا حد امکان ارائه شد. نقاط ضعف احتمالی سازه از طریق کسب اطلاع از بهره‌بردار و مشاهده‌های میدانی مشخص شد. با جمع‌آوری اطلاعاتی درباره شیوه ساخت، نوع نیروی کار (دستی یا با استفاده از ماشین‌آلات مکانیکی)، چگونگی احداث سازه و هدف از احداث آن روشن شد. همچنین روش‌های سنتی حفاظت از آب در استان مورد بررسی قرار گرفت و محاسن و معایب آن‌ها تحلیل و همچنین راهکارهایی برای بهبود شرایط ارائه شد.

۳-۱- شناسایی و بررسی اجمالی برخی روش‌های سنتی حفاظت آب در سطح استان کرمان

۳-۱-۱- دربند، سازه‌ای برای کشت دیمی نخل در مناطق مارز و قلعه‌گنج

در جنوب شرقی کرمان و شهرستان قلعه‌گنج دهستانی به نام «مارز» قرار دارد که به دلیل هم‌مرز بودن در آخرین نقاط با استان‌های مجاور و نبود مسیر ارتباطی کاملاً دورافتاده است. میانگین بارندگی منطقه ۱۵۸ میلی‌متر و میانگین دمای آن ۲۷/۱ درجه سانتی‌گراد است. جمعیت این روستا حدود ۸۰۰۰ نفر است. مردم منطقه در ترکیبی از کپر و خانه‌های آجری و سیمانی زندگی می‌کنند، اما هیچ وسیله گرمایشی در دسترس ندارند (شکل ۱).



شکل ۱- نمونه‌ای از کپرهای اهالی روستای مارز

این منطقه از محرومیت رنج می‌برد و از آن‌جا که بسیاری از مردم این منطقه شناسنامه ندارند، عملاً امکان ثبت‌نام در مدرسه و آموزش برایشان وجود ندارد و در نتیجه بی‌سواد مانده‌اند. دهستان مارز نزدیک به شش هزار خانوار جمعیت دارد و دارای پانزده پارچه آبادی مسکونی است. روستای مارز در منطقه‌ای کوهستانی جای دارد. آب‌وهوای آن معتدل و نسبتاً خنک است و از قدمتی دیرین برخوردار می‌باشد. بیشتر بارندگی‌های این منطقه حالت سیلابی دارد. رودخانه‌های فصلی در اطراف روستا دیده می‌شود، وجود چشمه‌سارهای جاری نشان از باران‌های خوب این منطقه است.

از دیرباز تاکنون، فروش خرما، مستوک بسته‌بندی‌شده در برگ نخل و معطرشده با گیاهان دارویی بومی، نقشی اساسی در معیشت مردم منطقه داشته است. جالب آنکه پژوهش‌های معاصر علمی نشان داده‌اند که برگ خرما سرشار از ترکیبات پلی‌فنلی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی قوی است (Mostafa و همکاران، ۲۰۲۳) و خرما نیز به عنوان یک غذای فراسودمند، سرشار از فیبر، مواد معدنی و ترکیبات سلامت‌بخش است (Al-Habsi، ۲۰۲۵). بنابراین روش سنتی مردم مارز در بسته‌بندی خرما، نه تنها یک میراث فرهنگی، بلکه رویکردی هوشمندانه برای افزایش ماندگاری و ارزش غذایی این محصول ارزشمند است. گفتنی است که در گذشته، کشت تنباکو و برنج نیز در کنار خرما، بخش دیگری از سبد اقتصادی این روستا را تشکیل می‌داده است. این منطقه کاملاً عشایری است و مردم آن عمدتاً به پرورش دام اشتغال دارند. پژوهش‌های صورت‌گرفته در مناطق عشایری نشان می‌دهد که دامداری سنتی علی‌رغم چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های مکرر، هنوز نقش اساسی در معیشت خانوارهای عشایری ایفا می‌کند (Ghazali و همکاران، ۲۰۲۲). زنان این منطقه نیز در هنر حصیربافی مهارت دارند؛ صنعتی کهن که با استفاده از برگ درختان خرما صورت می‌گیرد و در استان کرمان نیز رواج دارد. در بخش کشاورزی، نخل‌داری و تولید خرما محور اصلی فعالیت‌های زراعی است. افزون بر آن، کشت مرکبات و انار و جمع‌آوری آویشن از دامنه کوه‌های اطراف، دیگر منابع درآمد بومیان را تشکیل می‌دهد. تنوع‌بخشی به فعالیت‌های معیشتی (ترکیب دامداری، کشاورزی و صنایع دستی) همان گونه که مطالعات تجربی نیز تأیید کرده‌اند، می‌تواند به کاهش فقر خانوار و حفظ بهتر منابع طبیعی کمک کند.

با توجه به اینکه این مناطق دارای آبوهوای خشک هستند. یکی از روش‌هایی که مردمان این ناحیه، از زمان‌های گذشته، برای حفاظت از منابع آب و خاک انجام می‌دادند، بستن دیواره‌ها با سنگ چین کردن، در مسیر آبراهه‌ها با استفاده از سنگ‌های منطقه است. این فرایند موجب رسوب‌گذاری و تمرکز خاک حاصلخیز در طول مسیر آبراهه شده و بستر آن را به محیطی مساعد برای کشت نخل تبدیل کرده است. قدمت درختان نخل در این منطقه بیش از ۲۰۰ سال برآورد می‌شود. این سازه به‌طور محلی «دربند» نامیده می‌شود.

با گذشت زمان، ارتفاع دربند، افزایش داده می‌شود تا با وجود کمبود آب، محیط مناسبی برای ایجاد نخلستان‌های دیم منطقه فراهم آید. این نخلستان‌ها افزون بر ایجاد سرسبزی و زیبایی در منطقه، منبع درآمدزایی از طریق برداشت خرما و حصیربافی از برگ‌های درخت نخل نیز به شمار می‌روند.

نحوه اجرای دربند: دربند یکی از سازه‌های سنتی مدیریت و مهار سیلاب است که توسط جوامع بومی در دهانه دره‌های نسبتاً عمیق و کم‌عرض مناطق کوهستانی احداث می‌شود. این سامانه از یک دیواره سنگی خشکه‌چین با ارتفاعی حدود دو تا پنج متر، به همراه دروازه ورود سیلاب و سرریز تشکیل شده است. هدف اصلی از احداث دربند، کنترل جریان سیلاب، به دام انداختن رسوبات و ایجاد بستر مناسب برای کشت سیلابی نخل است. در زمان وقوع سیلاب، تمام یا بخشی از جریان آب در پشت دیواره مهار شده و رسوبات حمل‌شده در بالادست سازه ته‌نشین می‌شوند. پس از انباشت تدریجی رسوبات و تشکیل خاک حاصلخیز، در این اراضی عمدتاً نخل کاری انجام می‌شود و در ادامه، سیلاب‌های بعدی علاوه بر تأمین آب مورد نیاز، آبیاری طبیعی درختان را نیز بر عهده دارند.

سامانه دربند از اجزای مختلفی تشکیل شده است که هر یک نقش مشخصی در کنترل سیلاب، رسوب‌گذاری و پایداری سازه بر عهده دارند. مهم‌ترین جزء این سامانه، دیواره خشکه‌چین است. این دیواره از سنگ‌های محلی و بدون استفاده از ملات ساخته می‌شود و معمولاً دارای مقطع دوزنقه‌ای یا مستطیلی با ارتفاعی بین دو تا پنج متر است. محل احداث آن بسته به شرایط توپوگرافی، در امتداد حاشیه رودخانه یا در عرض مسیل و آبراهه انتخاب می‌شود. به‌منظور افزایش پایداری سازه، در بخش بالادست دیواره از سنگ‌ریزه و خاک برای تقویت و تثبیت آن استفاده می‌شود. تکیه‌گاه‌های دو طرف دیواره و بستر آن نیز معمولاً بر روی سنگ‌های مقاوم نظیر ماسه‌سنگ،

سنگ‌های آذرین، سنگ‌های دگرگونی یا آهک‌های مقاوم قرار می‌گیرند تا استحکام لازم در برابر فشار جریان سیلاب تأمین شود. طول محور دیواره، متناسب با عرض دره یا آبراهه، معمولاً بین ۵ تا ۲۵ متر متغیر است.

بند (رودبند): رودبند یکی از اجزای اصلی سامانه دربند است که با هدف مهار جریان سیلاب و کنترل رسوب در بخشی از عرض خشکه‌رود یا آبراهه احداث می‌شود. این بند معمولاً با استفاده از مصالح محلی مانند شن، ماسه، خاک و سنگ و به صورت منظم یا نامنظم ساخته می‌شود. وظیفه اصلی آن کاهش سرعت جریان، هدایت سیلاب و فراهم کردن شرایط مناسب برای ته‌نشینی رسوبات در بالادست سازه است.

مخزن رسوب‌گیر یا زمین زراعی: پس از احداث دیواره و مهار سیلاب، رسوبات ریزدانه و معلق حمل‌شده توسط جریان آب به تدریج در پشت سازه ته‌نشین شده و لایه‌ای از خاک حاصلخیز تشکیل می‌دهند. ایجاد این زمین حاصلخیز، هدف اصلی احداث سامانه دربند محسوب می‌شود. در برخی موارد، به منظور تسریع در آماده‌سازی اراضی، علاوه بر رسوبات طبیعی، خاک از اطراف محل برداشت شده یا از خارج از محدوده پروژه به صورت دستی یا با استفاده از ماشین‌آلات به داخل محوطه محصورشده منتقل می‌شود. این اقدام موجب کاهش زمان لازم برای تشکیل خاک زراعی و بهره‌برداری سریع‌تر از اراضی می‌شود. در صورت وقوع سیلاب‌های مناسب، زمین ایجادشده معمولاً طی حدود یک سال قابلیت کشت پیدا می‌کند. وسعت اراضی کشاورزی حاصل از این سامانه، بسته به شرایط توپوگرافی، حجم رسوب و ابعاد سازه، معمولاً بین ۰/۲۵ تا ۱ هکتار متغیر است.

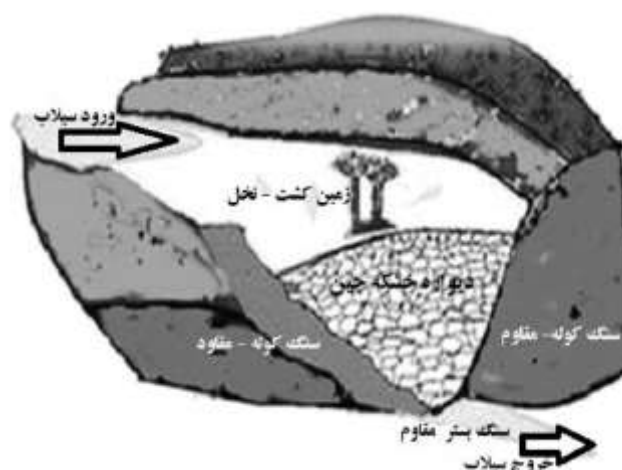
سرریز (دروازه خروجی): سرریز یا دروازه خروجی یکی از اجزای مهم سامانه دربند است که وظیفه تخلیه ایمن سیلاب‌های مازاد بر ظرفیت مخزن را بر عهده دارد. این بخش معمولاً در یکی از طرفین یا در قسمتی از دیواره سنگی تعبیه شده و طول آن غالباً بین دو تا سه متر است. سرریز با هدایت آب اضافی به پایین‌دست، از افزایش بیش از حد تراز آب، سرریز کنترل‌نشده و در نتیجه تخریب دیواره و سایر اجزای سازه جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، در برخی سامانه‌ها، آب خروجی از سرریز برای تغذیه یا بهره‌برداری در دربندهای پایین‌دست یا سامانه‌های مجاور نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی موارد نیز، با توجه به شرایط توپوگرافی و طراحی سازه، تمام طول دیواره خشکه‌چین به عنوان سرریز عمل می‌کند تا جریان سیلاب به‌طور یکنواخت از روی آن عبور کند (خوبفکر

برآبادی و همکاران، ۱۳۹۸). ابعاد اجزاء سامانه دربند (جدول ۱) و همچنین نمایی شماتیک از سامانه دربند به نقل از (خوبفکر برآبادی و همکاران، ۱۳۹۸) در شکل ۲، ارائه شده است.

جدول ۱- ابعاد اجزا سازه دربند

مساحت زمین (هکتار)	قسمت دروازه	قسمت سرریز		قسمت دیواره			
	عرض مسیل (متر)	عرض (متر)	طول (متر)	عرض تاج (متر)	عرض کف (متر)	طول (متر)	ارتفاع (متر)
۰/۲۵ تا ۱	۱۰ تا ۵۰	۱ تا ۱/۵	۳ تا ۱۵	۱	۲	۴ تا ۲۵	۲ تا ۵

بیشتر رودخانه‌های این منطقه جزو خشکه‌رودها محسوب می‌شوند که بستر آن‌ها فقط در زمان سیلاب و در فصول زمستان و اوایل بهار دارای آب بوده و معمولاً در تابستان و پاییز خشک است. دیواره‌های این سازه به صورت مستقیم یا انحنادار به کناره‌ها متصل می‌شوند (شکل ۲).



شکل ۲- شماتیک سامانه دربند و قسمت‌های مختلف آن

عمدتاً دربند طوری اجرا می‌شود که تمام طول تاج در بند محل سرریز سیلاب باشد. محل دربند عمدتاً در مسیل‌ها و دره‌های کم عمق کوهستانی بوده و منطقه بیشتر تپه ماهوری است. وجود شیب مناسب بستر مسیل، جناحین مناسب که بتوان به عنوان تکیه‌گاه دربند، میزان مناسب بستر کشت برای ایجاد نخلستان، حاصلخیز کردن خاک نخلستان با تجمع رسوبات، حداقل تخریب محل، امکان دسترسی و نزدیک بودن به محل

سنگ‌های مصرفی از جمله مواردی است که با توجه به دانش بومیان منطقه از زمان‌های گذشته مدنظر قرار گرفته است. در صورت تخریب بخشی از سامانه استحصال آب دریند، مرمت معمولاً با استفاده از سنگ‌های هم‌جنس و مصالح سازگار با بنای اولیه و با حفظ شکل و عملکرد اصلی سازه انجام می‌شود. این سازه‌ها اصولاً در طول یک آبراهه به‌صورت متوالی و پشت‌سرهم ساخته می‌شوند که بعضاً از لحاظ عرفی به یک خانواده تعلق دارند. هر دریند ممکن است متعلق به یک خانوار یا به‌صورت مشترک در اختیار چند خانوار بهره‌بردار باشد. تعداد بهره‌برداران بسته به ظرفیت سامانه، وسعت اراضی، تعداد نخل‌های تحت آبیاری و عرف محلی متفاوت بود؛ از این‌رو، تعداد ثابتی برای خانوارهای بهره‌بردار هر دریند نمی‌توان تعیین کرد. در بسیاری از مناطق خشک، سهم هر بهره‌بردار از آب نیز متناسب با وسعت اراضی یا تعداد نخل‌های تحت مالکیت او تعیین می‌شد. در شکل‌های ۳، ۴ و ۵، نمونه‌هایی از سازه احداثی دریند در منطقه مارز ارائه شده است.



شکل ۳- نخلستان‌های دیمی در پشت سازه دریند



شکل ۴- تصویری از سازه دربند و نخلستان‌های احداث شده



شکل ۵- نمای کلی از سازه دربند در مسیر رودخانه

۳-۱-۲- کش‌بند

«کش‌بند» در زبان بومیان منطقه به معنای ایجاد یک سازه محلی مناسب در کناره (کش) آبراهه یا مسیل است. کش‌بندها، با هدف حفاظت و احیای اراضی مجاور آبراهه‌ها، ایجاد بستر مناسب برای کشت و حفظ رطوبت خاک در بخش بالادست سازه ساخته می‌شوند. این سازه‌های بومی عمدتاً به‌صورت خشکه‌چین و با استفاده از

سنگ احداث شده‌اند. از مهم‌ترین اهداف و کارکردهای کَش‌بندها می‌توان به کاهش سرعت جریان سیلاب، کنترل فرسایش خاک، مهار رسوبات، ایجاد اراضی قابل کشت، تغذیه چشمه‌های پایین‌دست از طریق ذخیره آب در رسوبات انباشته‌شده پشت بند و تأمین رطوبت موردنیاز برای فعالیت‌های کشاورزی اشاره کرد. این سازه‌ها در امتداد آبراهه‌ها و با هدف حفاظت از خاک تراس‌های حاشیه‌ای و فراهم کردن شرایط مناسب برای کشت‌وکار بر روی آن‌ها احداث می‌شوند. ارتفاع کَش‌بندها، معمولاً بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر است، در حالی که طول آن‌ها با توجه به شرایط بازه سیلابی، از چند متر تا چند صد متر متغیر است. از نظر مصالح ساختمانی نیز، در گذشته کَش‌بندها عمدتاً با سنگ و به‌صورت خشکه‌چین ساخته می‌شدند، اما امروزه علاوه بر سنگ، از ملات سیمان نیز در ساخت آن‌ها استفاده می‌شود. این بندهای کوتاه از ارکان معیشت جوامع محلی به‌شمار می‌روند. بهترین عملکرد این سامانه در خاک‌های عمیق با بافت لومی تا لومی‌رسی مشاهده می‌شود. در نظام عرفی منطقه، اراضی کشاورزی و نواحی دارای پوشش گیاهی که در نتیجه احداث دربندها و کَش‌بندها در امتداد آبراهه‌ها و دره‌ها ایجاد یا احیاء شده‌اند، دارای مالک مشخص، حق بهره‌برداری و حقا به معین هستند. کَش‌بندها از سامانه‌های سنتی استحصال آب در استان کرمان هستند که عمدتاً در مناطق جنوبی و جنوب‌غربی استان، برای مهار و پخش رواناب‌های فصلی و آبیاری نخلستان‌ها و اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اگرچه بسیاری از این سازه‌ها امروزه متروکه یا تخریب شده‌اند، نمونه‌هایی از آن‌ها همچنان در برخی از این مناطق قابل مشاهده و گاه مورد بهره‌برداری هستند. کَش‌بندها ممکن است متعلق به یک خانوار یا به‌صورت مشترک در اختیار چند خانوار بهره‌بردار باشند و تعداد بهره‌برداران بسته به وسعت کَش‌بند، ظرفیت استحصال رواناب، میزان اراضی و عرف محلی متفاوت است. هر خانوار نیز در صورتی که زمین و مسیر رواناب در محدوده مالکیت یا حق بهره‌برداری آن قرار داشته باشد و حقوق بهره‌برداران پایین‌دست را نقض نکند، می‌تواند اقدام به احداث کَش‌بند کند اما نیاز به توافق محلی، دسترسی به آبراهه و منابع مصالح دارد. بهره‌برداری از کَش‌بندها عمدتاً بر پایه نظام‌های عرفی و مشارکتی انجام می‌شود، به‌گونه‌ای که نگهداری، لایروبی و مرمت سازه به‌صورت مشترک انجام می‌گیرد و سهم هر بهره‌بردار از آب یا رطوبت حاصل از رواناب معمولاً براساس وسعت اراضی، تعداد نخل‌های تحت مالکیت یا سهم عرفی وی تعیین می‌شود.

در منطقه مارز، با احداث سنگ‌چین‌های کم‌ارتفاع (معمولاً بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر) در کناره آبراهه، بستر مناسبی برای کشت فراهم می‌شده است (شکل ۶). این روش سنتی و بومی عمدتاً برای کشت سیر، به‌عنوان مهم‌ترین محصول سازگار با شرایط اقلیمی منطقه، به‌کار می‌رفته است. علاوه بر سیر، در برخی از کش‌بندها و در سطحی محدود، کشت یونجه نیز انجام می‌شد.



شکل ۶- تصویری از کش‌بند در منطقه مارز

۳-۱-۳- نخ

در زبان محلی «نخ» به کانال انتقال آب گفته می‌شود که وظیفه آبرسانی به آن سوی رودخانه را بر عهده دارد. این کانال از تنه ضخیم درخت نخل ساخته می‌شود؛ بدین‌صورت که تنه نخل را توخالی کرده و به‌شکل کانال درمی‌آورند. بسته به طول موردنیاز برای انتقال آب، گاهی از دو تا سه تنه نخل به‌صورت متوالی استفاده می‌شود. این روش یکی از فنون سنتی پیشینیان این منطقه برای آبرسانی به اراضی کشاورزی بوده است. براساس روایت بومیان منطقه، در حال حاضر نمونه‌ای از این سازه باقی نمانده است، اما بر پایه توضیحات محلیان، نمونه‌ای از نخل‌هایی که برای انتقال آب به‌کار می‌رفته است، در شکل ۷، آورده شده است.



شکل ۷- نمای کلی از نخلستان‌های دایر شده

۳-۱-۴- برآورد هزینه و سود عملکرد سازه برای نخلستان

براساس پرسشنامه‌های تکمیلی از منطقه مارز، سازه‌های احداثی محلی الگویی بسیار مناسب برای کشت دیم درختان نخل به شمار می‌روند. برآورد میزان سودآوری این منطقه می‌تواند مبنایی برای ارائه راهکارهایی برای تصمیم‌گیری مؤثرتر در زمینه گسترش این گونه سازه‌ها باشد.

براساس پرسشنامه‌های تکمیل‌شده توسط بومیان منطقه، «تَهم» یا پاجوش پس از سه سال از درخت نخل مادری جدا می‌شود. نهال کاشته‌شده به‌طور متوسط پس از چهار سال محصول می‌دهد. آبیاری نهال‌ها تنها در دو تا سه سال اول برای استقرار انجام می‌شود و پس از آن، نخلستان به‌صورت کاملاً دیم محصول می‌دهد.

در حال حاضر ۴۰۰۰ اصله نخل تهم جداشده از نخل مادری وجود دارد که به مرحله محصول‌دهی رسیده‌اند. هر تهم در سه تا چهار سال اول محصولی ندارد، اما پس از آن هر درخت نخل بالغ و سالم به‌طور متوسط سالانه ۳۰ کیلوگرم خرما تولید می‌کند. قیمت فروش هر کیلوگرم در سال ۱۴۰۴ حدود ۱۹۲۰۰۰۰۰ ریال برآورد می‌شود. براین‌اساس درآمد ناخالص سالانه به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$۱۲۰۰۰۰۰ * ۳۰ * ۴۰۰۰ = ۱۴۴/۰۰۰ \text{ میلیون ریال سود هر ساله}$$

۳-۱-۵- برآورد هزینه

هزینه کارگر برای کندن تهم (پاجوش) هر بوته‌ای ۸۰۰ الی ۱۰۰۰ هزار ریال

$$۹۰۰۰۰۰ * ۴۰۰۰ = ۳۶۰۰ \text{ میلیون ریال سال اول}$$

هزینه کندن هر چاله ۵۵۰ هزار ریال

$$۲۲۰۰ = ۵۵۰۰۰۰ * ۴۰۰۰ \text{ میلیون ریال سال اول}$$

هزینه حصارکشی (بادگیر) با کشت درخت گز (حدود ۱۰۰ درخت که هر درخت ۲۰۰۰۰۰ ریال خریداری می‌شود).

$$۲۰ \text{ میلیون ریال} = ۱۰۰ * ۲۰۰۰۰۰$$

هزینه بودادن (گرده‌افشانی) به‌طور متوسط حدود ۴۵ روز طول می‌کشد و توسط کارگر انجام می‌گیرد و روزانه

حدود ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ هزار ریال برآورد می‌شود.

$$۸۵/۵ \text{ میلیون ریال} = ۴۵ * ۱۹۰۰۰۰۰$$

هزینه کود: هر درخت هر دو سال یک‌بار تا هشت‌سالگی حدود ۲۰ کیلوگرم کود حیوانی و پس از هشت‌سال هر

درخت ۴۰ کیلوگرم نیاز دارد.

با احتساب میانگین و قیمت تقریبی کود فرغونی (حدود ۲۰ کیلوگرم معادل ۲۵۰۰ هزار ریال)، هزینه کوددهی

۴۰۰۰ نخل به‌طور متوسط حدود ۲۰۰۰۰ میلیون ریال برآورد می‌شود.

هزینه برداشت شامل خوشه‌بندی، بستن، برداشت و بریدن هر نخل را به‌طور متوسط چهار خوشه و به ازای هر

خوشه یک توری در نظر گرفته می‌شود. بنابراین هر نخل چهار توری نیاز دارد و به ازای ۴۰۰۰ نخل ۱۶۰۰۰ توری

نیاز است. به‌طور معمول هر ۴۰ تا توری یک کیلوگرم است. پس ۱۶۰۰۰ توری حدود ۴۰۰ کیلو توری برآورد

می‌شود. قیمت هر کیلو توری حدود ۲۰۰۰ هزار ریال است.

$$۸۰۰ \text{ میلیون ریال} = ۴۰۰ * ۲۰۰۰۰۰۰$$

هزینه کارگر به ازای هر نخل ۸۵۰۰ تا ۹۰۰۰ هزار ریال (به‌طور متوسط ۸۷۰۰ هزار ریال) و برای ۴۰۰۰ تا نخل

هزینه ۳۴۸۰۰ میلیون ریال برآورد می‌شود.

۳-۱-۶- برآورد درآمد

در سال موردنظر که سال کوددهی پروژه بوده و هزینه‌هایی بابت کوددهی انجام شده است، هزینه‌های تهم‌زدن

و کندن چاهک برای تهم و همچنین حصارکشی وجود نداشته است. در عوض، هزینه کارگر برای بودادن، به اضافه

هزینه توری و دستمزد کارگر مربوط به آن، در همان سال محاسبه شده است.

هزینه‌ها:

$$۸۵/۵ + ۲۰۰۰۰ + ۸۰۰ + ۳۴۸۰۰ = \text{میلیون ریال } ۵۵۶۸۵/۵$$

درآمد برابر با سود منهای هزینه است.

$$۱۴۴۰۰۰ - ۵۵۶۸۵/۵ = \text{میلیون ریال } ۸۸۳۱۴/۵$$

۳-۱-۷- کانال و خندق‌های نگهداری آب در تپه صوغان

بخش صوغان یکی از بخش‌های تابعه شهرستان ارزوئیه در استان کرمان است که در جنوب‌غربی این استان واقع شده است. فاصله این بخش تا مرکز شهرستان ارزوئیه ۴۵ کیلومتر و تا مرکز استان (شهر کرمان) ۳۱۰ کیلومتر است. فعالیت اقتصادی بیشتر مردم این منطقه مبتنی بر کشاورزی و دامپروری است. براساس داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی، میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۰۱ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۲۴ درجه سلسیوس گزارش شده است. صوغان و ارزوئیه در تولید محصولات زراعی به‌ویژه غلات و سیب‌زمینی، قطب اول استان کرمان محسوب می‌شوند. مهم‌ترین محصولات باغی منطقه نیز عبارت از پسته، انار، گردو، انجیر، سیب، به، انگور، بادام، زردآلو و خرما هستند.

تپه صوغان، تپه‌ای خاکی و مرتفع است که حدود ۲۰ متر از سطح دشت اطراف ارتفاع دارد و قطر دایره‌ای پایه آن حدود ۱۸۷ متر است. این تپه از قدیمی‌ترین استقرارگاه‌های شناخته‌شده در ایران و یکی از نخستین آثار سکونتگاه‌های روستایی مربوط به ۷۰۰۰ سال پیش از میلاد به‌شمار می‌رود. شکل ۸، نمای کلی از مخازن ذخیره آب در تپه صوغان را نشان می‌دهد (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کرمان، ۱۴۰۱). مخازن ذخیره آب تپه صوغان عمدتاً از خشت‌های قالبی ساخته شده بودند و برای کاهش نشت آب، سطح داخلی آن‌ها با اندودی از گل رس یا ملات رسی پوشش داده می‌شد. آب موردنیاز این مخازن از رودخانه کیش‌شور تأمین و از طریق کانال‌های سرپوشیده به داخل سکونتگاه هدایت می‌شد. سپس بخشی از جریان آب با استفاده از اختلاف ارتفاع طبیعی وارد مخازن ذخیره و بخشی دیگر به خندق پیرامون تپه منتقل می‌شد. استقرار مخازن در مرتفع‌ترین بخش تپه، امکان توزیع آب به کمک نیروی ثقل را در سراسر سکونتگاه فراهم می‌کرد و موجب افزایش فشار هیدرولیکی در شبکه انتقال آب می‌شد. همچنین این موقعیت، مخازن را از خطر ورود رسوبات، رواناب‌های آلوده

و خسارت‌های ناشی از سیلاب مصون نگه می‌داشت و امکان ذخیره‌سازی مطمئن آب برای مصارف خانگی، کشاورزی، صنعتی و عمومی را فراهم می‌ساخت. علاوه بر این، قراردادن مخزن در بالاترین نقطه استقرارگاه به دلایل امنیتی هم بود، چون در صورت حمله یا محاصره، دسترسی به آب حیاتی برای ساکنان قطع نمی‌شد. این شواهد بیانگر آن است که مدیریت منابع آب در تپه صوغان تنها به انتقال آب محدود نبوده، بلکه شامل طراحی یک سامانه یکپارچه برای برداشت، ذخیره، توزیع و حفاظت از آب بوده است که از پیشرفته‌ترین نمونه‌های مهندسی آب در استقرارگاه‌های باستانی ایران به شمار می‌آید.



شکل ۸- نمای کلی از مخازن ذخیره آب در تپه صوغان

در دامنه این تپه، رودخانه «کیش شور» جاری است که وجود آن، مهم‌ترین عامل برای استقرار انسان‌ها در این منطقه محسوب می‌شود. براساس پژوهش‌های گروه باستان‌شناسی دانشگاه هاروارد (Lamberg-Karlovsky و همکاران، ۱۹۷۵)، قنات دولت‌آباد در کنار تپه یحیی قرار داشته و همچنین رودخانه‌ای پرآب از مجاورت تپه عبور می‌کرده که برای تأمین آب کشاورزی و مصارف شهری مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در بررسی‌های اولیه، بقایای خانه‌هایی منظم، همراه با سامانه لوله‌کشی آب و فاضلاب با لوله‌های سفالی کشف‌شده که نشان‌دهنده وجود برنامه‌ریزی شهری پیشرفته در این تپه است. رودخانه‌ای که از کنار این منطقه عبور می‌کرد، در آن دوره

جزو پرآب‌ترین رودخانه‌ها به شمار می‌رفت. آب به وسیله کانالی وسیع و سرپوشیده به محل سکونت شهرنشینان منتقل می‌شد و بخشی از آن نیز به خندق پیرامون تپه وارد می‌شد (شکل ۹). جنس دیوارهای این سازه از خشت‌های قالبی با ابعاد مختلف ساخته شده است. این آب برای مصارف گوناگونی از جمله کشاورزی، گرداندن آسیاب‌ها، صنایع ذوب فلزات، پادگان و اصطبل‌ها، حمام‌ها و غیره به کار می‌رفت. این مکان از جمله معدود تمدن‌های رودخانه‌ای جهان به شمار می‌رود که هم‌زمان با تمدن هلیل، کردی عینی از تمدنی کهن و فراتر از تاریخ استان کرمان است (Desset, ۲۰۱۶).



شکل ۹- خندق‌های ذخیره آب در تپه صوغان

۳-۱-۸- تنبوشه

تنبوشه لوله‌هایی سفالین است که در گذشته برای جابجایی آب در آبراه‌های سرپوشیده، زیر زمین یا زیر دیوار کار می‌گذاشتند تا آب با کمترین نشت و در اصطلاح «پرت» بگذرد و به مقصد برسد. به دلیل سادگی ساخت و مقاومت نسبتاً مناسب، در گذشته کاربرد گسترده‌ای در طرح‌های انتقال آب از سازه‌های شهری گرفته تا سامانه‌های آبخیزداری برای کشاورزی داشتند. امروزه در طرح‌های آبرسانی بتن و لوله‌های فلزی یا بَسپاری (پلیمری) جایگزین «تنبوشه» شده‌اند. اندازه و ضخامت تنبوشه‌ها از نامشان پیداست: تنبوشه موش‌رو دارای ضخامت پنج تا شش سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر است. تنبوشه گربه رو ضخامت ۱۲ تا ۱۵ و قطر دهانه ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر است که سر و ته آن‌ها را برای اینکه درون هم به شیوه نر و مادگی چفت شوند به گونه مخروطی می‌ساختند.

۳-۱-۹- نقاط قوت سازه تپه صوغان

با توجه به قرارگیری خندق‌های ذخیره آب بر روی تپه‌ای با ارتفاع تقریبی ۲۰ متر نسبت به اراضی پیرامون، این سازه احتمالاً شرایط مناسبی برای نفوذ تدریجی آب و انتقال آن به دامنه‌های اطراف از طریق نیروی ثقل فراهم می‌کرده است. وجود بقایای درختکاری در اطراف تپه و همچنین شواهد میدانی، بیانگر بهره‌برداری کشاورزی از اراضی پیرامون در گذشته است. با این حال، به دلیل نبود اطلاعات کمی درباره ظرفیت ذخیره آب، میزان نفوذ و وسعت اراضی تحت تأثیر، نمی‌توان دامنه دقیق اثرگذاری این سازه را با قطعیت تعیین کرد.

۳-۱-۱۰- قنات راهی برای تأمین آب در استان کرمان

با توجه به نوع آب‌وهوای استان کرمان، یکی از راه‌های استحصال و نگهداری آب از زمان‌های گذشته حفر قنات در این استان بوده است. این سازه، توسط ایرانیان باستان و در حدود ۳۰۰۰ سال پیش (سده هشتم پیش از میلاد) ابداع شده است (کردوانی، ۱۳۷۷) نخستین رشته قنات در شمال غربی ایران و در حوالی ارمنستان امروزی حفاری شده است (Beaumont, ۱۹۷۱). یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین منابع در خصوص سابقه تاریخی قنات در ایران مربوط به کتیبه سارگون دوم، پادشاه آشور (۷۰۵ - ۷۲۲ ق. م) است که در آن در شرح حمله به امپراتوری اورارتو^۱ در سال ۷۱۴ قبل از میلاد به وجود قنات در شمال غربی ایران و محدوده آذربایجان اشاره کرده است (حائری، ۱۳۸۶) براساس منابع متعدد تردیدی باقی نمی‌ماند که قنات توسط ایرانیان ابداع و در جهان ترویج یافت، به‌طوری که ابتدا به سرزمین‌های پیرامون ایران و سپس به سایر مناطق جهان صادر شد. بنابراین استفاده از قنات برای استحصال و دسترسی به آب توسط مردم ایران ابداع شده است که کاملاً با وضعیت اقلیمی و طبیعی ایران هماهنگ بوده است.

قنات مجموعه‌ای شامل چندین چاه و یک تونل زیرزمینی است که آب را از مادر چاه (چاه نخست که به سفره آب‌های زیرزمینی متصل است) به مظهر قنات (جایی که آب در سطح زمین ظاهر می‌شود) منتقل می‌کند. قنات‌ها از سطوح شیب‌داری برخوردارند که با پیمودن مسیر، آب موجود در لایه‌های زیرزمینی را به زمین‌های بالاتر هدایت می‌کنند. جریان آب بدون استفاده از هیچ نوع انرژی به‌صورت طبیعی از زیرزمین به بیرون هدایت می‌شود

-----شناسایی و ارزیابی برخی از روش‌های سنتی حفاظت آب در استان کرمان / ۲۲

(سمسارزاده یزدی، ۱۳۷۹). فداکار داورانی معتقد است که قنات از نظر فیزیکی و مادی یک کانال زیرزمینی سرایشب است که آب را از مناطق بالادست و از زیر زمین به سطح هم‌تراز با مزارع کشاورزی هدایت می‌کند (فداکار داورانی و سام آرام، ۱۳۸۹). معمولاً سامانه قنات در مناطقی یافت می‌شود که متوسط بارندگی آن بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است (Abudanh و Twaissi، ۲۰۱۰).

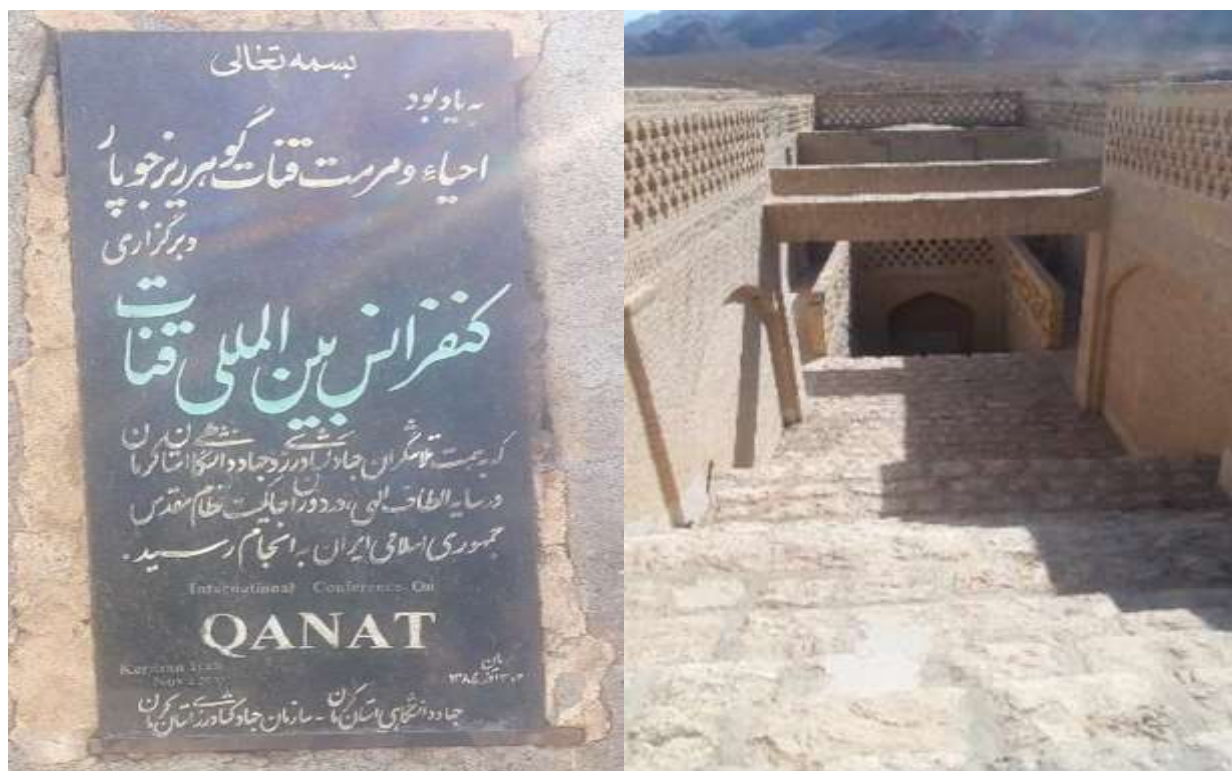
تعداد قنات‌هایی که از شهر کرمان و حومه آن عبور می‌کردند، ۷۰ رشته قنات بوده است که مورد استفاده آن، شرب، کشاورزی، کارهای ساختمانی و بهداشتی و... بوده است. از جمله قنات‌های معروف و فعال استان کرمان قنات گوهرریز جوپار و از جمله قنات‌های ایرانی ثبت‌شده به‌عنوان میراث جهانی است. به‌همین دلیل در این بخش خصوصیات و ویژگی‌های آن، به‌طور مختصر مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۱-۱۱- نمونه‌های قنات‌های استان

قنات‌های مزرعه زریسف، مویدی، رق‌آباد، اکبرآباد، بیگلریگی، مستوره، حسن‌آباد، طهماسب‌آباد، اختیارآباد و سعیدی، از جمله شاخص‌ترین رشته‌قنات‌های شهر کرمان به شمار می‌روند. در میان گنجینه‌های ارزشمند قنات‌سازی استان کرمان، قنات خلیل‌آباد در سیرجان با پیشینه‌ای کهن، نزدیک به یک هزار و پانصد سال قدمت دارد. قنات باقرآباد در بافت نیز با عمری بالغ بر پنج قرن، یادگاری از گذشتگان این سرزمین است. همچنین قنوات قلعه رابر، ارزوئیه، کهن کوه، بنگان، مگسوئیه، باب‌گزر، دولت‌آباد، فیروزآباد، ده میان و شکرآباد در منطقه کوهبنان، هریک به سهم خود، جلوه‌ای از تمدن آب‌رسانی زیرزمینی ایران به شمار می‌روند. در ادامه، قنات گوهرریز جوپار به‌عنوان نمونه‌ای شاخص از سامانه‌های سنتی مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب در استان کرمان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱-۱۲- قنات گوهرریز جوپار

قنات گوهرریز در منطقه جوپار استان کرمان، از شاخص‌ترین و بی‌نظیرترین قنات‌های ایران است. این قنات در جنوب شهر جوپار و در دامنه‌های کوه جوپار و در فاصله ۲۸ کیلومتری جنوب شهر کرمان قرار دارد. منطقه یادشده دارای میانگین بارندگی ۱۲۷ میلی‌متر و میانگین دمای ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- ورودی قنات گوهرریز جوپار و یادبود احیاء و مرمت قنات در سال ۱۳۸۴

در منطقه جوپار، فاصله کم میان دامنه تند کوه جوپار و مخروط‌افکنه‌ای که شهر کنونی جوپار و باغ‌هایش بر روی آن شکل گرفته، موجب شده است طول قنات گوهرریز در مقایسه با بسیاری از قنات‌های ایران کوتاه باشد. با این حال، همین مسیر کوتاه از نظر فنی و اجرایی بسیار پیچیده است. طراحان و مهندسان این قنات برای بهره‌برداری بیشینه از آب زیرزمینی و افزایش دبی، با توجه به محدودیت فاصله میان کوه و دشت، به جای حفر یک مادرچاه، شش مادرچاه در فواصل گوناگون در دامنه کوه جوپار احداث کرده‌اند. این شش رشته‌قنات مجزا در بالادست، به تدریج در پایین‌دست به یکدیگر نزدیک و متصل می‌شوند و در نهایت در یک رشته‌قنات اصلی جریان می‌یابند (شکل ۱۱).

قنات گوهرریز جوپار که حفر آن به دوره صفویه بازمی‌گردد، یکی از فعال‌ترین قنات‌های این منطقه به شمار می‌رود. این قنات با طول مجموع ۳۵۵۶ متر و دارا بودن ۱۲۹ حلقه چاه، در شش رشته مجزا طراحی شده است. دبی آب آن ۲۴۰ لیتر در ثانیه بوده و حدود ۳۳۰ هکتار از اراضی باغی شهر جوپار را آبیاری می‌کند (رضوی پاریزی و همکاران، ۱۳۸۴). همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، قنات گوهرریز از شش رشته (شاخه) تشکیل شده است که مشخصات هر یک به شرح زیر است:

-----شناسایی و ارزیابی برخی از روش‌های سنتی حفاظت آب در استان کرمان / ۲۴

۱- شاخه دروازه چاه گاوگرد این شاخه دارای ۲۵ حلقه چاه و طولی برابر با ۸۹۱ متر است. عمق مادرچاه آن ۴۱/۶۰ متر و عمق آخرین چاه، که به رشته اصلی متصل می‌شود، ۱۴/۶۰ متر است.

۲- شاخه روباه: این شاخه دارای ۱۴ حلقه چاه و طولی برابر با ۳۱۱ متر است. عمق مادرچاه آن ۳۲ متر و عمق آخرین چاه، که به شاخه اصلی متصل می‌شود، ۱۹/۵ متر است.

۳- شاخه نخ تل سفید: این شاخه دارای ۱۶ حلقه چاه و طولی برابر با ۴۰۹ متر است. عمق مادرچاه آن ۴۵ متر و عمق آخرین چاه، که به شاخه اصلی متصل می‌شود، ۱۹ متر است.

۴- شاخه ختمی: این شاخه دارای ۱۸ حلقه چاه و طولی برابر با ۳۶۲ متر است. عمق مادرچاه آن ۳۵ متر و عمق آخرین چاه، که به شاخه اصلی متصل می‌شود، ۲۰/۵ متر است.

۵- شاخه حاج محمد نوش: این شاخه دارای ۱۸ حلقه چاه و طولی برابر با ۵۴۱ متر است. عمق مادرچاه آن ۳۰/۴۰ متر و عمق آخرین چاه، که به شاخه اصلی متصل می‌شود، ۱۸ متر است.

۶- شاخه تل سفید: این شاخه دارای ۳۷ حلقه چاه و طولی برابر با ۱۳۳۳ متر است. عمق مادرچاه آن ۵۰/۲۰ متر و عمق آخرین چاه، که به شاخه اصلی متصل می‌شود، ۴/۵ متر است. مظهر قنات گوهرریز نیز با

فاصله یک چاه پایین‌تر از این محل قرار دارد (ویسی، ۱۳۹۹). شکل ۱۲ جهت، پلان و ساختار قنات

گوهرریز جوپار را به نقل از نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد طراحی این قنات کاملاً از الگوی هیدروگرافی

سطحی یعنی جریان آب‌های روان از دامنه کوه به سمت مخروط‌افکنه، الهام گرفته شده است؛ با این

تفاوت که این الگو در عمق خاک و در زیر سطح زمین اجرا شده است. به بیان دیگر، همان شیوه‌ای که

جویبارهای متعدد در بالادست، در پایین‌دست به هم پیوسته و یک رودخانه را تشکیل می‌دهند، الگویی

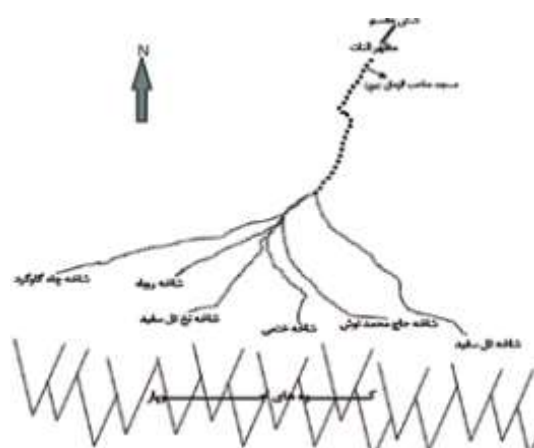
مشابه برای ایجاد قنات گوهرریز به کار رفته است. همین ویژگی‌های منحصربه‌فرد، همراه با آب‌دهی قابل

توجه این قنات در استان خشک کرمان، باعث شده است سالانه گردشگران بسیاری از آن بازدید کنند تا

از نزدیک شاهد معماری و هنر کهن ایرانی در حفر و مدیریت منابع آب زیرزمینی باشند.



شکل ۱۱- نهر انتقال آب از قنات گوهرریز معروف به شش مقسم



شکل ۱۲- نقشه قنات گوهرریز جوپار (ویسی، ۱۳۹۹)

آب گوارا و فراوان قنات گوهرریز در منطقه خشک دشت کرمان باعث شده است تا پیشینیان و بومیان منطقه برای آن تقدس قائل باشند. در حدود ۹۰ متری بالا مظهر قنات، مسجد صاحب الزمان روی چاه شماره ۳۶ قنات ساخته شده و این چاه در وسط صحن مسجد قرار گرفته است. عمق این چاه حدود ۵/۵ متر است. در داخل چاه لامپ و نور سبزرنگی تعبیه کرده و یک دریچه شیشه‌ای روی چاه در کف مسجد قرار داده و فضای روحانی و مقدس‌گونه‌ای را ایجاد کرده‌اند. یکی از اصلاحاتی که در سال‌های اخیر بر روی قنات گوهرریز انجام شده، حصارکشی اطراف کانال انتقال آب قنات است. هدف از این حصارکشی، جلوگیری از آلودگی آب قنات توسط اهالی بوده است؛ زیرا برخی افراد در گذشته اقدام به شست‌وشو یا ریختن زباله در مسیر آب می‌کردند. همچنین این حصار از ورود حیوانات و آلودگی ناشی از فضولات آن‌ها جلوگیری می‌کند. جالب آنکه اهالی جوپار در زمان‌های

قدیم، آب این قنات را مقدس می‌دانستند و برای گرفتن حاجت و رفع مشکلات به منطقه گوه‌رریز می‌آمدند و در کنار آن دعا می‌کردند. این باور دیرین نشان‌دهنده احترام عمیق مردم به آب و قنات به‌عنوان نمادهایی از حیات، برکت و معنویت در فرهنگ ایرانی است (ویسی، ۱۳۹۹). امروزه نیز با وجود حصارکشی، این ارزش فرهنگی همچنان در یادها و روایت‌های محلی زنده باقی مانده است (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).



شکل ۱۳- مسقف کردن نهر انتقال آب به اراضی شش‌مقسم



شکل ۱۴- حصارکشی اطراف نهر انتقال آب قنات گوه‌رریز

۳-۱-۱۳- مدیریت توزیع و تقسیم آب قنات

مدیریت توزیع و تقسیم آب قنات گوهرریز نیز از ویژگی‌های منحصربه‌فردی برخوردار است. حدود ۱۰۰ متر پایین‌تر از مظهر قنات، سازه‌ای مهندسی ساخته شده که به «شش مقسم» معروف است. در این محل، آب قنات به شش قسمت تقسیم می‌شود و آب کشاورزی شهر جوپار را تأمین می‌کند. مقسم‌ها، آب مظهرشده را براساس نسبت مالکیت، بین مالکان تقسیم کرده و از طریق جوی‌های مربوطه منتقل می‌کنند. نام این مقسم‌ها عبارت از ۱- باج، ۲ و ۳- دیوانی، ۴- ملائی، ۵ - جوپاری اربابی جهر و ۶- جوپاری اربابی برز هستند. عرض مقسم‌ها متغیر و بین ۳۸ و ۸۴ سانتی‌متر است که با توجه به مالکیت‌های مختلف متغیر است. در زمان حاضر نیز، نسبت مالکیت آب و کارکرد مقسم‌ها به‌خوبی حفظ و باغ‌های کشاورزی جوپار بر همین اساس آبیاری می‌شوند.

مطالعه قنات گوهرریز نشان می‌دهد که این اثر، گنجینه گران‌بهایی از دانش بومی در خود نهفته دارد. طراحان آن با درک دقیق از فاصله اندک میان کوه جوپار و دشت جوپار، به‌جای حفر یک رشته‌قنات خطی، از رشته‌های شاخه‌ای و جریان‌های زیرسطح خوشه‌ای برای استحصال بیشتر آب بهره گرفته‌اند. خشکی و بارش اندک دشت کرمان باعث شده است پیشینیان برای آب قنات گوهرریز وجهه‌ای مقدسی قائل باشند. وجود چاه و مسجد صاحب‌الزمان در بخش انتهایی قنات (نزدیک مظهر یا مقسم‌ها) نقش مهمی در حفاظت مشارکتی از این منبع حیاتی داشته است. این مکان مذهبی سبب شده است تا مردم برای حفاظت از قنات، مصرف بهینه آب و آلوده نکردن آن، بیشینه مشارکت و نظارت را داشته باشند. به‌این ترتیب، قنات گوهرریز نه‌تنها از نظر فنی و مهندسی یک شاهکار بی‌نظیر است، بلکه از جنبه‌های فرهنگی، اجتماعی و مذهبی نیز الگویی پایدار از همزیستی انسان با طبیعت و مدیریت جمعی منابع آب به شمار می‌رود. انتقال آب از میان باغ‌ها و خانه‌های علیا جوپار علاوه بر ایجاد حس سرزندگی و نشاط و محیط فرح‌بخش، نوعی فضای اجتماعی ایجاد کرده است.

حوضچه شش مقسمی و خروجی‌های آن، نظام توزیع آب و مدیریت دقیق آب در جوپار را نشان می‌دهد که بر مبنای میزان مالکیت زمین و باغ و نیاز آبی مالکان طراحی و اجرا شده است. تناسب سهم زمین و آب مانع تنش‌های اجتماعی و رقابت بر سر آب شده است. میزان زمین‌های کشاورزی و باغات متناسب با میزان آبدهی و دبی قنات است و کشاورزان و مالکان از افزایش واحد سطح کشاورزی بیش از توان آبدهی قنات پرهیز کرده‌اند

(شکل ۱۵). به نظر می‌رسد قنات گوهرریز محور وحدت، همدلی، هویت، اشتراک منافع و به‌طور کلی عامل هم‌بستگی اجتماعی در جوپار بوده است.



شکل ۱۵- اراضی زراعی یونجه آبیاری‌شده با آب قنات گوهرریز

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

استان کرمان همواره با چالش‌های جدی کمبود آب و خشکسالی‌های مکرر روبرو بوده است که این امر، تأثیر عمیقی بر محیط زیست و معیشت ساکنان آن گذاشته و منجر به شکل‌گیری تمدنی با محوریت آب شده است. اقلیم خاص این منطقه، با بارش‌های ناچیز، تبخیر شدید و تغییرات نامنظم بارندگی، مردمانش را وادار به اتخاذ رویکردهایی پویا، انعطاف‌پذیر و نوآورانه در مدیریت منابع آبی کرده است. در این میان، سازه‌های سنتی حفاظت از آب را می‌توان به‌عنوان واکنشی هوشمندانه و تدریجی به محدودیت‌های محیطی و هیدرولوژیکی منطقه در طول زمان در نظر گرفت. نتایج نشریه فنی حاضر نشان داد که سازه‌های سنتی استحصال آب در استان کرمان، نظیر دربند، کش‌بند، نخ، نخلستان‌ها و قنات، بخشی مهم از دانش بومی مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند که طی دهه‌ها و حتی قرن‌ها، متناسب با شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی منطقه شکل گرفته‌اند که هرچند نسبت به گذشته کمرنگ‌تر شده‌اند، اما هنوز در برخی نقاط به‌طور

نسبی فعال هستند. این سازه‌ها در شرایط محدودیت منابع آب، پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش و وقوع خشکسالی‌های مکرر، نقش مؤثری در بهره‌برداری پایدار از رواناب، کنترل فرسایش خاک، تغذیه آبخوان‌ها و کاهش خسارت‌های ناشی از سیلاب داشته‌اند. هدف اصلی این سامانه‌ها، تبدیل تهدید سیل به فرصتی برای آبیاری است. کشت سیلابی حاصل از این سامانه‌ها، روشی هوشمندانه برای استفاده بیشینه‌ای از آب‌های سطحی گذرا و نجات بخش در اقلیمی است که با بحران کم آبی مزمن دست و پنجه نرم می‌کند. همچنین نخلستان‌ها به‌عنوان بخشی از نظام سنتی بهره‌برداری از آب، علاوه بر نقش اقتصادی، در کاهش تبخیر سطحی، تثبیت خاک و بهبود شرایط میکروکلیمایی منطقه مؤثر هستند. در مناطق خشک استان کرمان که بارش‌ها عمدتاً به‌صورت رگباری و کوتاه‌مدت رخ می‌دهد، چنین سازه‌هایی می‌توانند بخشی از رواناب‌های مخرب را کنترل کرده و در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی مؤثر باشند. این سامانه‌ها با هدایت کنترل‌شده جریان آب، امکان استفاده مؤثر از بارش‌های کم‌مقدار را فراهم کرده و موجب پایداری نسبی کشاورزی در شرایط اقلیم خشک شده‌اند. به لحاظ زیست‌محیطی، این سامانه‌ها در طول عمر خود باعث کنترل و حفظ میلیون‌ها تن خاک شده‌اند. این فرآیند، ضمن جلوگیری از فرسایش خاک‌های حاصلخیز، از انباشت رسوب در پشت سدها و کاهش عمر مفید آن‌ها جلوگیری می‌کند. همچنین، این سامانه‌ها عملاً در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، کنترل سیل، کاهش رسوب و احیای پوشش گیاهی نقش ایفا می‌کنند و به‌عنوان الگویی سازگار و کارآمد در طرح‌های آبخیزداری، توسعه منابع آب و بیابان‌زدایی منطقه و مناطق مشابه قابل معرفی هستند. بنابراین، احیا، بازنگری و به‌روزرسانی علمی این سازه‌ها می‌تواند به‌عنوان راهکاری کم‌هزینه، بومی و سازگار با محیط‌زیست در مدیریت منابع آب مناطق خشک مورد توجه قرار گیرد. با نگاهی به پیشینه این روش‌ها، می‌توان به نمونه بارز قنات، در کرمان اشاره کرد که خود نمونه تکامل‌یافته‌ای از مدیریت آب زیرزمینی با الهام از مهار جریان‌های سطحی است. مطالعه موردی "قنات گوهرریز جوپار" نشان می‌دهد که چگونه اتکا به دانش بومی مدیریت آب می‌تواند منشأ حل بسیاری از بحران‌های زیست‌محیطی و آبی در فلات مرکزی ایران باشد. این قنات که بیش از سه هزار سال قدمت دارد، نمونه بارز توسعه پایدار براساس سازگاری با طبیعت است و بنابراین، حفاظت و احیاء این سامانه‌ها به‌دلیل نقش مثبت حفاظتی آن در آب، خاک و رسوب، از جنبه ملی نیز ارزشمند است. سازه‌های سنتی حفاظت آب در استان کرمان، گواه دانش بومی و تجربه

دیرینه مردمان این دیار محسوب می‌شوند. این ساختارهای تاریخی، راهکارهایی عملی، اقتصادی و زیست‌محیطی ارائه می‌دهند که می‌توانند نقشی کلیدی در مدیریت منابع آبی امروز ایفا کنند. لازمه این امر، بازنگری و احیای آن‌ها از طریق ترکیبی از بهبودهای فنی، پشتیبانی نهادی و همکاری فعالانه جامعه محلی است. احیای این دانش سنتی نیازمند عزمی جدی است و حمایت‌های دولتی از بکارگیری این سامانه‌ها از نظر تهیه امکانات، ماشین‌آلات و اعتبارات موردنیاز برای مرمت آن‌ها، تأثیر ارزنده‌ای در حفظ، احیا و ترویج آن‌ها برای بهره‌برداری از سیلاب و مقابله با بحران آب خواهد داشت. یافته‌های پژوهش بر جنبه‌های اقتصادی سازه‌های سنتی کوچک‌مقیاس تأکید دارند؛ این سازه‌ها با وجود ابعاد کوچک، نقشی حیاتی در تأمین آب کشاورزی ایفا کرده و به ایجاد ارزش افزوده کمک شایانی می‌کنند. این یافته‌ها اهمیت به‌کارگیری این سامانه‌های بومی و کم‌هزینه را به‌عنوان راهکاری مؤثر برای افزایش بهره‌وری آب در مناطق خشک برجسته می‌سازند. دستیابی به بهره‌برداری پایدار از این سازه‌ها مستلزم ارائه حمایت‌های نهادی، شامل تسهیلات مالی، خدمات فنی تخصصی و برنامه‌های آموزشی هدفمند برای کشاورزان است. همچنین، توانمندسازی جوامع محلی در زمینه نگهداری، مدیریت بهینه مصرف آب و پیاده‌سازی اصول صحیح بهره‌برداری، عاملی کلیدی در افزایش دوام و کارایی این زیرساخت‌ها محسوب می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان اعلام می‌دارند که در ارتباط با این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافع وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان: نویسنده اول، طراحی و تدوین پژوهش، جمع‌آوری و پردازش داده‌ها، انجام تحلیل‌ها و نگارش اولیه نشریه فنی. نویسنده دوم، مشارکت در تحلیل و تفسیر نتایج و ویرایش نهایی متن؛ نویسنده سوم، بررسی روش‌شناسی و ارائه دیدگاه‌های تخصصی در زمینه مدیریت منابع آب. تمامی نویسندگان در تأیید نسخه نهایی مشارکت داشته‌اند.

بیانیه استفاده از هوش مصنوعی: در تهیه نشریه فنی حاضر از ابزارهای هوش مصنوعی صرفاً برای بهبود نگارش، ویرایش زبانی و رفع خطاهای نگارشی استفاده شده است. محتوای علمی، تحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تصمیم‌گیری‌های پژوهش توسط نویسندگان انجام شده و مسئولیت نهایی محتوای مقاله بر عهده نویسندگان است.

خوداظهاری: نشریه فنی حاضر، حاصل یک پژوهش مستقل در زمینه بررسی و تحلیل عملکرد سازه‌های بومی استحصال آب و نقش آن‌ها در مدیریت پایدار منابع آب در مناطق خشک است. در این پژوهش، با تمرکز بر استان کرمان، عملکرد سازه‌های بومی استحصال آب از منظر نقش آن‌ها در جمع‌آوری و بهره‌برداری از رواناب و کمک به مدیریت پایدار منابع آب مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. وجه تمایز این پژوهش، تمرکز بر ارزیابی عملکرد این سازه‌ها در شرایط اقلیمی مناطق خشک استان کرمان و بررسی ظرفیت آن‌ها در مدیریت پایدار منابع آب است.

منابع

- اجنی، ی. ۱۴۰۰. کوه هزار با گیاهان متنوع در ناحیه جنوبی ایران (استان کرمان). طبیعت ایران، ۶(۲): ۱۱۵-۱۰۵. doi: 10.22092/irm.2021.352487.1311
- اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کرمان. ۱۴۰۱. مطالعات آبخیزداری حوزه گلاشگرد شهرستان فاریاب. ۸۰ صفحه.
- ایرانمنش، ر. جلال کمالی، ن. و طیاری، ا. ۱۳۹۹. بررسی منابع آب قابل دسترس در استان کرمان به‌وسیله پیاده‌سازی سناریوهای تغییر اقلیم. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۶(۱): ۱۵۶-۱۷۳.
- باقری، ر. محمدی، ص. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی خشکسالی با استفاده از زمین‌آمار در استان کرمان در یک دوره آماری سی ساله (۱۳۷۹-۱۳۴۹). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۹(۲): ۲۸۳-۲۹۶.
- بروشکه، ا. سکوتی اسکویی، ر. ۱۳۸۴. بررسی روش‌های سنتی حفاظت آب و خاک در استان آذربایجان غربی، نهمین کنگره علوم خاک ایران. ۵ صفحه.
- چوپانی، س. حسین‌پور، ا. دمی‌زاده، م. حسینی‌پور، ح. ۱۳۹۷. دانش بومی دربند و کش بند، واحد اقتصادی خانوار در بشاگرد هرمزگان. مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۶(۴): ۹.
- حائری، م. ۱۳۸۶. قنات در ایران، تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی. ۱۱۸ صفحه.
- خوبفکر برآبادی، ح.ا. حسینی مرندي، ح. و عرب خدری، م. ۱۳۹۸. سامانه‌های بومی و سنتی استحصال آب باران در بلوچستان ایران. دو فصلنامه دانش‌های بومی ایران، ۶(۱۲): ۲۷۹-۳۰۶.

-----شناسایی و ارزیابی برخی از روش‌های سنتی حفاظت آب در استان کرمان / ۳۲

- راهی، غ. فخری، ف. طوسی، ط. ۱۳۸۸. بررسی و ارزیابی اجتماعی سازه‌های سنتی آبخیزداری در استان بوشهر. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، گرگان. ۷ صفحه.
- رستم‌زاده، آ. هود، د. ۱۴۰۳. تأثیر جمع‌آوری آب‌های باران در مناطق گرم و خشک و نیمه‌خشک ساختمان‌های مسکونی. ششمین کنفرانس بین‌المللی و هفتمین کنفرانس ملی عمران، معماری، هنر و طراحی شهری، تبریز. ۱۰ صفحه.
- رضوی پاریزی، ح. کامیاب مقدس، ر. تراز، ح. و خانجانی، م.ج. ۱۳۸۴. متره قنات گوهرریز جویبار. کنفرانس بین‌المللی قنات. ۷۲۵-۷۰۸.
- سلیمانی دامنه، م. رخشانی‌نسب، ح.ر. و نظری‌پور، ح. ۱۴۰۳. سناریوپردازی مدیریت بحران آب شرب در شهر کرمان. فصلنامه آینده‌پژوهی ایران. ۹(۲): ۱۶۹-۱۴۲.
- سمسارزاده یزدی، ا. ۱۳۷۹. نظام مالکیت، بهره‌برداری و تقویم آب قنات. مجموعه مقالات قنات. (جلد اول). انتشارات یزد. ۳۶۸ صفحه.
- شعبانی عراقی، ع. کرمی، ف.، اشتری، ن. ۱۴۰۳. تحلیل تغییرات محیط فرسایشی پلایای جازموریان متأثر از اقلیم دیرینه براساس آنالیزکانی‌شناسی و کربن آلی نهشته‌ها. پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۴(۲): ۱۹-۴۰.
- عرب‌خدری، م. کمالی، ک. ۱۳۹۶. بندسار: روش سنتی حفاظت خاک و آب برای کشاورزی سیلابی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۷۰ صفحه.
- فداکار داورانی، م.ر. سام آرام، ع. ۱۳۸۹. نقش قنات در توسعه پایدار روستایی. نشریه روستا و توسعه. ۱۳(۲): ۱۶۷-۱۹۱.
- کردوانی، پ. ۱۳۷۷. ایران خاستگاه قنات (کاریز) و منشاء گسترش آن در جهان. نشریه پژوهش‌های جغرافیایی. ۸۳۵: ۲۰-۷.
- ملک‌پورزاده، ش. ایزدی، م. ۱۳۹۸. مروری بر کشاورزی استان کرمان. انتشارات اتاق کرمان. ۲۷-۱۷.

- مالکی، ن.، شاکری بستان‌آباد، ر.، صالحی کمرودی، م.، سیدآبادی، س. ۱۴۰۰. بررسی وضعیت شاخص ترکیبی امنیت آبی استان‌های ایران در بازه ۱۳۰۰-۱۳۹۵: کاربردی از روش‌های تحلیل چندمعیاره. نشریه آب و توسعه پایدار، ۸ (۲): ۲۱-۳۲.
- مقصودی، م. و عمادالدین، س. ۱۳۸۳. ارزیابی ویژگی‌های ژئوتوریسمی لندفرم‌های نواحی بیابانی با تأکید بر دشت لوت. فصلنامه مطالعات مدیریت گردشگری، ۲ (۶): ۹۵-۱۰۸.
- مهدوی‌وفا، ح. ۱۳۹۱. احیا و ترویج روش‌های سنتی حفاظت از منابع آب و خاک گامی مؤثر در توسعه پایدار منابع. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران، وزارت کشور. ۹ صفحه.
- ویسی، ه. ۱۳۹۹. قنات در ایران توجه به سرمایه دانش‌های بومی مطالعه موردی: قنات گوهر ریز جویبار (کرمان). رشد آموزش جغرافیا، ۱۲۸: ۳۵-۳۸.
- Abudanh, F. & Twaissi, S. 2010. Innovation or technology immigration? The Qanat systems in the regions of Udhruh and Ma'an in southern Jordan. Bulletin of the American Schools of Oriental Research, 360(1): 67-87.
- Al-Habsi, N. 2025. Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit: Strategic crop for food security, nutritional benefits, postharvest quality, and valorization into emerging functional products. Sustainability, 17(16): 7491.
- Beaumont, P. 1971. Qanat systems in Iran. Hydrological Sciences Journal, 16(1): 39-50.
- Beckers, B., Berking, J. & Schütt, B. 2013. Ancient water harvesting methods in the drylands of the Mediterranean and Western Asia. Journal for Ancient Studies, 2: 145-164.
- Desset, F. 2016. The Proto-Elamite writing in Iran. Archéo-Nil. 26: 67-104.
- Ferrand, A. E. & Cecunjanin, F. 2014. Potential of rainwater harvesting in a thirsty world: a survey of ancient and traditional rainwater harvesting applications. Geogr Compass 8 (6): 395-413.
- Ghazali, S., Zibaei, M. & Keshavarz, M. 2022. The effectiveness of livelihood management strategies in mitigating drought impacts and improving livability of pastoralist households. International Journal of Disaster Risk Reduction, 77: 103063.
- Lamberg-Karlovsky, C.C. (and colleagues). 1986. Excavations at Tepe Yahya, Kerman Province, Iran. Reports from Harvard University expeditions (1967-1975). 346 p.
- Mostafa, H., Airouyuwaa, J. O., Hamed, F., Wang, Y. & Maqsood, S. 2023. Structural, mechanical, antioxidant and antibacterial properties of soy protein isolate (SPI)-based

- edible food packaging films as influenced by nanocellulose (NC) and green extracted phenolic compounds from date palm leaves. *Food Packaging and Shelf Life*, 38, 101124.
- Pouraghniaei, M. J., Mahdavi, M. & Khalighi, S. 2000. Qanat as an Iranian ancient method for using groundwater. In *Groundwater updates* (pp. 73-78). Tokyo: Springer Japan.
 - Wessels, J. 2008. *To cooperate or not to cooperate...?: collective action for rehabilitation of traditional water tunnel systems (qanats) in Syria* (p. 392). Amsterdam: Amsterdam University Press.
 - Zhou, W., Matsumoto, K. & Sawaki, M. 2023. Traditional domestic rainwater harvesting systems: classification, sustainability challenges, and future perspectives. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 22(2): 576-588.

Abstract

In Kerman province, known for its arid and semi-arid climate, water scarcity, persistent droughts, and the effects of climate change, the need for sustainable water resource management methods has become increasingly apparent. Traditional water harvesting structures play a key role in controlling runoff, recharging aquifers, reducing soil erosion, and meeting agricultural needs. Our ancestors in Kerman province, despite severe water scarcity and challenging climatic conditions, found ways to supply and conserve water for agriculture through numerous inventions and innovations. The existence of structures such as qanats, water reservoirs, water storage dams, and ancient irrigation methods in Marz Qal'eh Ganj, attests to the ancient and rich water civilization in this province. The people of this land, relying on experience and employing seemingly simple techniques using natural materials such as stone and soil, have not only been able to produce agricultural products but have also succeeded in conserving water and soil while reducing erosion caused by wind and floods, as well as the destructive effects of drought. This technical report evaluates the effectiveness of traditional structures for water and soil conservation in Kerman province, including methods such as Darband, Keshband, Nokh, palm groves and qanats (with a case study of the Goharriz Qanat in the management of water resources in the province. The findings indicate that these structures, by reducing the velocity of floodwater flow and increasing water infiltration into the soil, have effectively reduced flood damages and improved water resource productivity in arid regions. Among these, the Goharriz Qanat, as a prominent example of traditional water conveyance systems, has played a vital role in the sustainable supply of agricultural water and the preservation of human settlements. Indigenous knowledge, due to its high compatibility with local conditions and the deep understanding of the people about their surrounding environment, can be a highly effective tool. Accordingly, the main objectives of this research are to identify and introduce traditional and indigenous methods of soil and water conservation in Kerman province, to evaluate the strengths and weaknesses of these methods, and finally, to propose corrective solutions for their improvement. The results of implementing Darband and Kashband structures in the arid region of Marz and Qaleh Ganj, which has led to the revival of rain-fed date palm cultivation, indicate a remarkable economic efficiency; so much so that the estimated income from the construction of these structures and the exploitation of the palm groves in the region is approximately 20,537.5 million Rials.

Key Words: Indigenous Knowledge, Traditional Water Harvesting Structures, Qanat, Sustainable Water Resources Management.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Title: Performance Analysis of Indigenous Water Harvesting Structures for Sustainable Water Resources Management in Arid Regions: A Case Study of Kerman Province

Authors: Najmeh Haj-SeyedAlikhani, Maryam Rezaei, Shahin Aghamirzadeh

Editor: Saeed Nabiapay Lashkarian

Page Layout: Abbas Seddigh

Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Circulation: 10 Copies

Date of Publication: Summer 2026

This Scientific work has been registered with the series number of **69998** at the date of **2026-09-13** in the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No Part of this Publication may reproduce or transmitted without the original reference.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Technical Manuscript:

Performance Analysis of Indigenous Water Harvesting Structures for Sustainable
Water Resources Management in Arid Regions: A Case Study of Kerman
Province.

Authors:

Najmeh Haj-SeyedAlikhani, Maryam Rezaei, Shahin Aghamirzadeh

Series number: 69998

2026



Ministry of Agriculture - Jihad

Agriculture Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute



Agriculture and Natural Resources Research and Education Center Kerma Province

Technical Manuscript

Performance Analysis of Indigenous Water Harvesting Structures for Sustainable Water Resources Management in Arid Regions: A Case Study of Kerman

Authors:

Najmeh Haj-Seyed Alikhani, Maryam Rezaei,
Shahin Aghamirzadeh

Series Number: 69998

2026