فصلنامه علمی

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳

بازخوانی مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه آبخیز فخران خراسان جنوبی مبتنی بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سیدحمیدرضا صادقی، آراسته پای‌فشرده، زینب پیروزنیا، صدف پیری، معصومه حمزه بی‌بالانی، مهدی خیرپرست، فاطمه سارونه، سحر مصطفایی‌یونجالی، نسترن نادری‌مرنگلو ، علی نوری، معصومه هواسی، رضا چمنی

۱-۱۶

بررسی تغییرات زمانی و مکانی خشک‌سالی هواشناسی، مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد

هما رزمخواه، اسحاق رستمی، امین رستمی راوری، علیرضا فراروی

۱۷-۳۵

ارزیابی میزان موفقیت اجرای طرح توقف بهره‌برداری از جنگل‌های شمال کشور (مطالعه موردی: استان گیلان)

محمدرضا کشاورز، سلیمان محمدی لیمائی، تیمور رستمی شاهراجی

۳۶-۴۸

بررسی رابطه اثر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت آب زیرزمینی (منطقه موردمطالعه: استان یزد)

حسن فتحی‌زاد، محمدعلی حکیم‌زاده اردکانی

۴۹-۶۶

تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک

منصور جهان تیغ، معین جهان تیغ

۶۷-۷۸

بررسی افت منابع آب زیرزمینی در حوزه تالاب میقان اراک

ساویز صادقی، امید آخوندی

۷۹-۹۳

فصلنامه علمی

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳

صاحب امتیاز: دانشگاه ایلام با همکاری انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر ایران

مدیر مسئول: دکتر نورالدین رستمی

سردبیر: دکتر حاجی کریمی

اعضای هیأت تحریریه:

دکتر غلامرضا زهتابیان: استاد مهندسی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دکتر حسین ارزانی: استاد گروه آموزشی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دکتر فرود شریفی: استاد گروه پژوهشی هیدرولوژی و توسعه منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

دکتر حاجی کریمی: استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

دکتر حمیدرضا ناصری: استاد گروه زمین‌شناسی معدنی و آب، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

دکتر حسن پوربابایی: استاد گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

دکتر محسن رضایی: استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دکتر ضرغام محمدی: استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دکتر حمیدرضا پورقاسمی: استاد گروه منابع طبیعی و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دکتر اباذر اسمعلی عوری: استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

دکتر نورالدین رستمی: دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

اعضای هیأت تحریریه بین‌المللی:

دکتر لحسن بن عبیدات: استاد دانشکده علوم و تکنیک/ محیط زیست، دانشگاه سید محمد بن عبدالله، مراکش

دکتر پدرو جی. ام. کاستا: استادیار گروه علوم زمین، دانشگاه کویمبرا، پرتغال

اعضای مشورتی هیأت تحریریه:

دکتر علی سلاجقه: استاد گروه آموزشی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دکتر ابوالفضل مساعدی: استاد گروه آموزشی علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

دکتر جهانگیر پورهمت: استاد گروه پژوهشی هیدرولوژی و منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

دکتر محسن توکلی: دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

دکتر مهدی حیدری: دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

دکتر مرزبان فرامرزی: دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

مدیر داخلی: دکتر مهدی حیدری

ویراستار انگلیسی: محمد نجفی شعاع

ویراستار فارسی: دکتر نورالدین رستمی، دکتر نگار صادقی‌نژاد

صفحه آرا و طراح جلد: مهندس فرشاد رحمانی

نشانی: ایلام، بلوار پژوهش، دانشگاه ایلام، دبیرخانه مجلات علمی دانشگاه

تلفکس: ۰۸۴۳۲۲۲۲۷۰۳

صندوق پستی: ۵۱۶-۶۹۳۱۵

پست الکترونیک: iwm@ilam.ac.ir

وب سایت مجله: http://iwm.ilam.ac.ir

فهرست

بازخوانی مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه آبخیز فخران خراسان جنوبی مبتنی بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سیدحمیدرضا صادقی، آراسته پای‌فشرده، زینب پیروزنیا، صدف پیری، معصومه حمزه بی‌بالانی، مهدی خیرپرست، فاطمه سارونه، سحر مصطفایی‌یونجالی، نسترن نادری‌مرنگلو ، علی نوری، معصومه هواسی، رضا چمنی
۱-۱۶

بررسی تغییرات زمانی و مکانی خشک‌سالی هواشناسی، مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد

هما رزمخواه، اسحاق رستمی، امین رستمی راوری، علیرضا فراروی
۱۷-۳۵

ارزیابی میزان موفقیت اجرای طرح توقف بهره‌برداری از جنگل‌های شمال کشور (مطالعه موردی: استان گیلان)

محمدرضا کشاورز، سلیمان محمدی لیمائی، تیمور رستمی شاهراجی
۳۶-۴۸

بررسی رابطه اثر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت آب زیرزمینی (منطقه موردمطالعه: استان یزد)

حسن فتحی زاد، محمدعلی حکیم‌زاده اردکانی
۴۹-۶۶

تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک

منصور جهان تیغ، معین جهان تیغ
۶۷-۷۸

بررسی افت منابع آب زیرزمینی در حوزه تالاب میقان اراک

ساویز صادقی، امید آخوندی
۷۹-۹۳

۱. نکات قابل‌توجه نویسندگان پیش از نگارش مقاله

۱-۱. اصول اخلاقی انتشار مقاله مندرج در اطلاعات نشریه را به دقت مطالعه فرمایید.

۱-۲. تمامی مقالات ارسالی به نشریه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، پیش از ورود به فرآیند داوری با نرم‌افزار مشابهت‌یاب بررسی خواهند شد.

۱-۳. با توجه به قلمرو و چشم‌اندازهای بخش اطلاعات نشریه و به‌دلیل تخصصی بودن، تنها موضوعات مربوط به مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز برای فصلنامه پذیرفته می‌شود.

۱-۴. نام و مشخصات نگارندگان باید به‌طور دقیق نوشته شود و نویسنده مسئول، هدایت اصلی نگارش مقاله را بر عهده دارد.

۱-۵. چاپ مقاله در این نشریه رایگان است.

۱-۶. نشریه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز آمادگی خود را برای چاپ چهار نوع مقاله اعلام می‌کند؛ لذا خواهشمند است پیش‌تر نوع مقاله خود را تعیین کنید تا بتوانید عنوان‌بندی مقاله را بر اساس آن تنظیم کنید.

۱-۷. پذیرش مقاله تنها از طریق سایت فصلنامه (iwm.ilam.ac.ir) امکان‌پذیر است.

۱-۸. مقاله ارسال شده باید حاصل کار پژوهشی و علمی باشد و نباید در هیچ نشریه داخلی یا خارجی یا مجموعه مقالات خارجی چاپ شده باشد و نویسندگان محترم تا هنگامی که جواب پذیرش یا رد از این نشریه دریافت نکرده‌اند، نباید مقاله خود را به نشریه دیگری برای چاپ یا بررسی ارسال نمایند.

۱-۹. زبان رسمی نشریه فارسی است؛ با وجود این، تهیه چکیده مبسوط انگلیسی برای همه مقالات ضروری است.

۱-۱۰. متن داخل جداول و شکل‌ها و عناوین آن‌ها به دو زبان انگلیسی و فارسی نوشته شوند. اعداد داخل جدول‌ها و شکل‌ها به‌صورت انگلیسی نوشته شود.

۱-۱۱. مقاله باید سلیس، روان و از نظر دستور زبان صحیح باشد و واژه‌ها با دقت کافی انتخاب شده باشد؛ همچنین پاراگراف‌بندی متن مقاله و تمامی قواعد ادبی (آیین نگارش فارسی) و ویراستاری ادبی و علمی باید رعایت گردد.

۱-۱۲. حجم مقاله شامل متن، شکل‌ها، جدول‌ها، نقشه‌ها، منابع و چکیده لاتین، با رعایت استانداردهای نشریه باید حداکثر از ۱۵ صفحه بیشتر نشود.

۱-۱۳. مقالات برگرفته از پایان‌نامه و رساله دانشجویان با نام استاد راهنما، مشاور/مشاوران و دانشجو و با مسئولیت استاد راهنما منتشر می‌شود.

۱-۱۴. مسئولیت صحت‌وسقم مقاله، به لحاظ علمی و حقوقی بر عهده نویسنده یا نویسندگان است.

۱-۱۵. نشریه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، در راستای همگامی با استانداردهای نشر بین‌المللی، بنا را بر داوری هم‌تراز و دسترسی آزاد گذاشته است. در همین راستا این نشریه رویه داوری دوسو ناشناس (Double Blind Peer Review) را برگزیده است.

۱-۱۶. لازم است نویسندگان محترم فرم تعارض منافع و تعهدنامه مجله را تنظیم و به همراه فایل اصلی مقاله در قسمت فایل‌های پیوست بارگذاری فرمایند. برای شروع فرآیندهای ارزیابی مقاله، بارگذاری این فرم‌ها الزامی است.

۲. نکات قابل‌توجه نویسندگان برای نگارش مقاله

۲-۱. ساختار مقاله

ساختار مقاله بر اساس نوع آن تعیین می‌گردد. چهار نوع عمده مقالات عبارت‌اند از مقالات پژوهشی،

مقالات فنی و ترویجی، مقالات مروری و مقالات کوتاه. در این نشریه حداکثر تعداد کلمات مقاله‌های پژوهشی و فنی و ترویجی ۵۰۰۰، مقاله‌های مروری ۲۵۰۰۰ و مقاله‌های کوتاه ۲۵۰۰ کلمه در نظر گرفته شده است. تعداد منابعی که برای هر مقاله لازم است به‌ترتیب حداقل ۳۰، ۵۰ و ۵ مورد است. از نظر تعداد جدول‌ها و شکل‌ها تنها مقالات کوتاه محدودیت دارند و آن نیز در مجموع سه جدول یا شکل را شامل می‌شود.

ساختار همه مقاله‌ها از چکیده، کلید واژه‌ها، متن اصلی و منابع تشکیل می‌شوند، ولی متن آن‌ها بر اساس نوع مقاله فرق می‌کند. متن مقاله‌های پژوهشی و فنی و ترویجی باید دارای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج، بحث و نتیجه‌گیری باشند، ولی متن اصلی مقالات مروری ساختار مشخصی ندارند؛ با وجود این، لازم است که در آن‌ها طرح مسئله، عنوان‌بندی بحث و نتیجه‌گیری، به‌خوبی و با روال مشخصی صورت گیرد. متن مقالات کوتاه نیز دارای بخش‌های عادی مانند مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث نیستند، ولی باید در آن‌ها طرح مسئله شود و توصیف مشاهدات به‌صورت منظم و پیوسته در قالب نتایج و بحث صورت گیرد.

در نوشتار باید توجه داشت که جملات، پاراگراف‌ها و حتی عنوان‌های مقاله باید از پیوستگی و انسجام برخوردار باشند. این امر به‌ویژه در مقدمه و بحث مقاله باید رعایت شود. شیوه طرح مسئله در مقدمه بسیار مهم است، لازم است نویسنده با سلیقه خود و با تکیه بر پیشینه و مبانی نظری پژوهش، خواننده را مجاب به ضرورت و نوآوری پژوهش خویش نماید. در بحث مقاله با استفاده از همین مبانی و پیشینه، مشاهدات مکمل، تجربیات دیگران، تجزیه‌وتحلیل‌های آماری و تفسیرهای منطقی به روایی و پایایی پژوهش بپردازد و در صورت امکان نشان دهد که پژوهش وی تا چه اندازه می‌تواند به محیط‌های دیگر تعمیم داده شود و در کدام نواحی می‌تواند کارایی داشته باشد.

در مقاله‌های مستخرج از پایان‌نامه از نگارش هر نوع فرضیه پژوهش یا آزمون آن‌ها در بحث یا نتایج پژوهش پرهیز شود و سعی بر آن باشد تا در سرتاسر مقاله، اهداف پژوهش دنبال شود.

۲-۲. سبک نگارش بخش‌های مختلف مقالات

به‌طور کلی متن هر بخش مقاله از مفاهیم ویژه‌ای و به‌منظور خاصی تشکیل می‌شود که نویسنده باید سعی کند در سرتاسر مقاله از خلط مطالب بپرهیزد، در هر جزء مطالب مربوط به آن را بیان کند و از حاشیه‌نویسی به‌منظور پر کردن مطالب دوری کند.

۲-۲-۱. چکیده

چکیده به‌طور عمده مشتمل بر موضوع پژوهش، روش و نتایج است و باید در آن از مقدمه‌چینی پرهیز شود. چکیده فارسی در یک پاراگراف و حداقل ۲۵۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه است.

۲-۲-۲. واژه‌های کلیدی

کلیدواژه‌ها حاوی سه تا پنج واژه مهم مرتبط با متغیرهای پژوهش یا موضوع است که نگارنده می‌خواهد در صورت جست‌وجوی این واژگان توسط پژوهشگران دیگر در اینترنت، مقاله خود را در معرض مطالعه آن‌ها قرار دهد.

۲-۲-۳. مقدمه

در مقدمه، مبانی نظری همراه با پیشینه به گونه‌ای منسجم، یکپارچه و پیوسته بیان می‌شود تا در نهایت بتواند موضوع و مسئله موردنظر پژوهش و آنچه در بوته ابهام است را مشخص کند. هدف نویسنده در نگارش این بخش از مقاله چینش پشت سرهم نقل‌قول‌ها به‌طور مجزا و نامربوط به هم نیست؛ بلکه هدف روایت یک جریان و بیان خلأ موجود است.

۲-۲-۳-۱. استفاده از اختصارات انگلیسی و فارسی در متن مقاله ایرادی ندارد؛ اما باید معادل فارسی و انگلیسی کامل آن در اولین باری که در متن آمده است، به‌صورت زیرنویس نوشته شود.

۲-۲-۴. مواد و روش‌ها

نویســـنده در روش پژوهش باید از بیان کلیات و تعاریف مربوط به روش پژوهش بپرهیزد و به تفصـیل توضـیح دهد که چگونه داده‌ها را جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل کرده اســت تا هدف یا اهداف پژوهش (حل خلأ علمی که در مقدمه بیان شـد) را برآورد کند. این توضـیحات باید به‌قدری دقیق باشـــد که هر خواننده‌ای در صـــورت نیاز بتواند مرحله به مرحله آن‌ها را انجام داده و به همان نتیجه‌ای برســـد که نگارنده به آن رسیده است. منطقه مورد مطالعه نیز می‌تواند در این بند معرفی شـود، ولی نویسـنده می‌تواند در صـورت ضـرورت برای توضـیحات تفصـیلی، عنوان مسـتقلی به نام »منطقه مورد مطالعه« باز کند و این عنوان را در محل مناسب که به‌طور معمول پیش از مواد و روش‌ها است، قرار دهد.

۲-۲-۵. نتایج

در بخش نتایج، تنها باید مواردی بیان شود که درباره اهداف پژوهش است. از بیان روش پژوهش یا پیشینه یا هر موضوعی که ذهن خواننده را از موضوع دور می‌کند پرهیز شود. اگر نتایج پژوهش خیلی گسترده هستند، آن‌ها را به‌طور منظم طبقه‌بندی کرده و ذیل عنوان‌های مناسب، درباره آن‌ها توضیح دهید. در توضیحات خود از جدول‌ها و نمودارهای مناسب استفاده کنید و نتایج آماری را به شیوه‌ای گویا بیان کنید.

۲-۲-۶. بحث

بحث مقاله به‌دلیل سنگین بودن آن و نیاز به تفکری عمیق و شاید وقت‌گیر، به‌طور معمول در معرض خطر است. در این بخش، به استناد مشاهدات بیشتر، مبانی نظری علم، سابقه پژوهش‌ها و تجربیات گذشتگان و همچنین تجزیه و تحلیل‌های آماری یا هر تحلیلی که نویسنده فکر می‌کند مناسب است باید نشان داده شود که نتایج پژوهش تا چه حد به واقعیت نزدیک‌اند. در متن مقاله نوشتن این مطلب که با پژوهش دیگری همسویی دارد یا ندارد، مناسب نیست و این مسئله را تحلیل نویسنده باید نشان دهد نه ادعای وی؛ به‌عبارتی، نویسنده باید بکوشد با مقایسه پژوهش‌های متعدد نشان دهد که واگرایی‌ها و همگرایی‌های بین پژوهش وی با دیگران در کجاست و به چه دلیل رخ داده است.

۲-۲-۷. نتیجه‌گیری کلی

بخش پایانی متن مقاله، نتیجه‌گیری است .این مبحث چکیده یا تکرار نتایج پژوهش نیست؛ بلکه نویسنده در این بخش به استناد بحثی که انجام داده است، حکم قطعی خود را به‌صورت کلی صادر می‌کند؛ به‌عبارتی، اکنون نتایج پژوهش نویسنده از صافی ارزیابی‌ای به‌نام بحث گذشته‌اند و برد اثرگذاری و کاربرد آن مشخص شده است و نتیجه‌گیری بهترین مبحثی است که نویسنده فرصت می‌یابد تا نتیجه به‌دست آمده و میزان اثرگذاری آن را گزارش کند. اگر نویسنده بر اساس تجربه‌ای که به‌دست آورده است احساس کند می‌تواند پژوهش خود را به شیوه خاصی ارتقا داده و حجم تعمیم‌پذیری آن را گسترش دهد یا به مدل‌های جدیدی دست یابد یا حل مسئله‌ای را بهبود بخشد، می‌تواند پیشنهادهای خود را در نتیجه‌گیری ارائه دهد.

۲-۲-۸. سپاسگزاری

چنانچه نویسنده یا نویسندگان در تهیه مقاله از منابع مالی سازمان یا نهادهای خاصی استفاده کرده‌اند، یا قصد تشکر و قدردانی از کسانی را دارند که در نگارش مقاله از آن‌ها یاری گرفته‌اند، باید در بخش سپاسگزاری به این مطلب اشاره کنند.

۲-۲-۹. نحوه ارجاع به منابع در متن

در داخل متن، منابع فارسی باید به زبان انگلیسی ترجمه و ارجاع داده شوند. ارجاع، بسته به لحن بیان نویسنده ممکن است در شروع یا پایان جمله یا متن آورده شود. ارجاعات در متن مقاله باید به شیوه داخل پرانتز باشد، به‌گونه‌ای که ابتدا نام‌خانوادگی نویسنده یا نویسندگان و سال انتشار آورده شود. برای مثال، در صورت وجود یک نویسنده با ذکر نام‌خانوادگی نویسنده و سال انتشار؛ مانند (Rostami, 2014)، برای دو نویسنده با ذکر نام‌خانوادگی هر دو نویسنده و سال انتشار؛ مانند (Rostami & Fathizad, 2021) باشد. در صورت

وجود چندین نگارنده، ارجاع به منبع باید به‌صورت (نام‌خانوادگی نگارنده اول و همکاران، سال انتشار) مانند (Rostami et *al*., 2021) باشد. در صورتی‌که در شروع جمله به منبعی استناد شود به این صورت نگارش شوند:

Rostami (۲۰۱۴) گزارش کرد . . .

Mohseni Saravi و Rostami (۲۰۰۶) گزارش کردند . . .

Rostami و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند . . .

۲-۲-۱۰. منابع پایانی

نشریه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز برای استناددهی یا شیوه ارجاع، سبک انجمن روان‌شناسی آمریکا که به اختصار (APA: American Psychological Association) گفته می‌شود را برگزیده است.

۲-۲-۱۰-۱. منابع مورد استفاده نباید از ۳۰ منبع کمتر باشد. ترجیحاً به منابعی که در ۱۰ سال اخیر چاپ شده‌اند (نه منابع قدیمی‌تر) ارجاع داده شود.

۲-۲-۱۰-۲. تنها منابعی باید در پایان مقاله ذکر شوند که در متن نیز استفاده شده باشند و از ذکر منابع مشابه و کم اهمیت خودداری شود.

۲-۲-۱۰-۳. همه منابع مورد استفاده اعم از فارسی و لاتین در پایان مقاله به زبان انگلیسی برگردانده و به‌ترتیب حروف الفبای نام‌خانوادگی اولین نگارنده مرتب می‌شوند. در انتهای منابع فارسی عبارت (In Persian) نوشته می‌شود.

نکته ۱: برای ترجمه منابع فارسی، حتماً به چکیده انگلیسی مقاله، صفحه عنوان انگلیسی کتاب، صفحه عنوان انگلیسی پایان‌نامه و غیره مراجعه کنید یا از مترجم کمک بگیرید. برنامه "Google Translate" پاسخ مناسبی به شما نمی‌دهد.

نکته ۲: منابع با اسامی نویسندگان یکسان چنانچه دارای سال انتشار متفاوت باشند، به‌ترتیب صعودی سال انتشار و چنانچه مربوط به یک سال مشخص باشند با افزودن حروف "a"، "b"و "c" و غیره پس از سال انتشار آورده شوند.

۲-۲-۱۰-۴. آدرس هر منبعی که در متن آورده شده است باید در آخر مقاله نیز بیاید.

۲-۲-۱۰-۵. شیوه نگارش مشخصات منابع، در انتهای مقاله باید بر اساس شیوه‌نامه APA و مانند مثال‌های زیر باشد: در صورت استفاده از سایر منابع اطلاعاتی که در اینجا ذکر نشده از شیوه‌نامه APA استفاده کنید.

الف) کتاب

نام‌خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام‌خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام‌خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم. (سال انتشار). عنوان کتاب (به‌صورت کج‌نویسی). محل انتشار: ناشر.

Briggs, D., Smithson, P., Addison, K. & Atkinson, K. (1997). *Fundamentals of the physical environmental*. London: Routledge.

ب) کتاب ترجمه شده

نام‌خانوادگی، نام. (تاریخ انتشار ترجمه). نام کتاب (به‌صورت کج نویسی). مترجم: نام و نام‌خانوادگی مترجم. محل انتشار ترجمه: ناشر.

Mohseni Saravi, M. & Rostami, N. (2006). *Watershed management: issues and approaches*. (Timothy, R.). University of Tehran Press. (In Persian)

ج) مقالات نشریات

نام‌خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام‌خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام‌خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم. (سال انتشار). عنوان مقاله. نام نشریه (به‌صورت کج‌نویسی)، سال یا دوره (شماره)، صفحه آغاز مقاله- صفحه پایان مقاله. در صورت دارا بودن شناسه رقومی مقاله یا (doi)

Baghalani, M., Rostami, N. & Tavakoli, M. (2019). Identification of factors affecting urban flood in Ilam City Watershed. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 11(2), 523-536. Doi:

10.22092/ijwmse.2018.120069.1417 (In Persian)

Rostami, N., Sohrabi, T. & Kazemi, Y. (2021). Stability Analysis of Flood Spreading Systems in Arid Regions, Iran. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, *45*, 1819-1829. Doi: 10.1007/s40996-020-00424-7.

Rostami, N. & Fathizad, H. (2021). Spatial and temporal changes of land uses and its relationship with surface temperature in western Iran. *Atmosfera*. https://doi.org/10.20937/ATM.52985

د) پایان‌نامه و رساله

نام‌خانوادگی نویسنده، نام نویسنده .(تاریخ انتشار). عنوان پایان‌نامه/ رساله (به‌صورت کج نویسی). پایان‌نامه مقطع رشته، نام دانشگاه.

Rostami, N. (2013). *Modeling the relationship between effective precipitation and flood hydrograph by joint probability aproach*. Ph.D. Thesis of Watershed Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tehran University. (In Persian)

هـ) مجموعه مقالات

نام‌خانوادگی نویسنده، نام نویسنده .(تاریخ انتشار). نام مقاله. در: نام ویراستار، نام مجموعه (به‌صورت کج‌نویسی)، (صص شماره صفحات). محل انتشار: ناشر.

و) کتاب منتشرشده در سازمان‌ها یا نهادها

نام سازمان یا نهاد. (سال انتشار). عنوان کتاب (به‌صورت کج‌نویسی). محل انتشار: ناشر.

ز) وبگاه اینترنتی

نام‌خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (در صورت وجود تاریخ انتشار). عنوان مطلب مورد استفاده (به‌صورت کج‌نویسی). برگرفته از: آدرس اینترنتی.

Food and Agriculture Organization. (2000). *Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO*. Retrieved January 12, 2009, from http://www.fao.org/biodiversity.

ر) نمونه تنظیم یک مقاله یا یک فصل در یک کتاب وابسته(Edited book)

Bradford, J. M. & R. F. Piest. (1978). Erosion development of valley-bottom gullies in the upper mid weastern United States. In D. R. Coates & J. D. Vitek (Eds.), *Thresholds in Geomorphology*. (pp. 75-101)

د) نمونه تنظیم یک سند از یک کنفرانس

Rostami, N. (2014). *Extraction of rainfall temporal patterns using Monte Carlo simulation technique (case study: Joustan Watershed, Iran)*. Second National Conference on Water Crisis, Shahrekord. September 9-10. (In Persian)

۲-۲-۱۱. چکیده مبسوط

چکیده مبسوط انگلیسی و فارسی در حداقل ۷۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه به انتهای مقاله اضافه شود. این چکیده، باید خلاصه‌ای از مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و درنهایت واژگان کلیدی باشد.

"Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusion, Keywords"

شکل ظاهری مقاله

۳-۱. حروف‌چینی مقاله باید در برنامه Word (۲۰۰۳) یا (۲۰۰۷)، در کاغذ A4 و با رعایت حاشیه ۲/۵ سانتی‌متر از چپ، راست، بالا و پایین باشد و فاصله میان سطرها یک سانتی‌متر (Single) باشد.

۳-۲. لازم است متن فارسی مقاله با قلم B Nazanin 13 و متن لاتین با قلم Times New Roman 11 نوشته شود. متن چکیده فارسی با قلم B Nazanin 10 Bold نو شته شود. عنوان ا صلی مقاله با قلم B Titr 14 و سایر عنوان‌ها با قلم B Nazanin 14 Bold تنظیم شوند. منابع پایانی با قلم Times New Roman 11 نوشته شوند. عناوین شکل‌ها و جدول‌ها به دو صورت فارسی (B Nazanin 11 به‌صورت Bold) و انگلیسی (Times New Roman 10 به‌صورت Bold) نوشته شود. اعداد داخل جدول‌ها به‌صورت انگلیسی (Times New Roman 9)

نوشته شوند و سایر اطلاعات داخل شکل‌ها و جداول به دو صورت فارسی (B Nazanin 10) و انگلیسی (Times New Roman 9) نوشته شوند.

۳-۳. شکل‌ها و جدول‌ها

در تنظیم جدول‌ها، منحنی‌ها، شکل‌ها و تصاویر، رعایت نکات زیر الزامی است:

۳-۳-۱. در ترسیم نقشه‌ها سعی شود همه اصول کارتوگرافی رعایت شود. مختصات، مقیاس (ترجیحاً مقیاس خطی)، راهنما، جهت نقشه و بهویژه عناوین عوارض مهم متن نقشه باید به‌صورت خوانا در آن درج شوند، به گونه‌ای که حتی پس از کوچک شدن نقشه، از وضوح آن‌ها کاسته نشود.

۳-۳-۲. شکل‌ها و تصاویر باید به‌صورت رنگی یا سیاه و سفید و با کیفیت مناسب و مطلوب تهیه شده (رزولوشن ۳۰۰ dpi) و شماره و عنوان آن‌ها در پایین آورده شود.

۳-۳-۳. نقشه‌ها باید واضح، مطالب آن‌ها خوانا و دارای مقیاس باشند. ذکر مأخذ نقشه‌ها، عکس‌ها یا شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند الزامی است.

۳-۳-۴. نمودارها به‌طور ساده ترسیم شوند، راهنمای عددی نمودارها باید انگلیسی با شد و بهتر ا ست از تر سیم نمودارهای چندبُعدی خودداری شود.

۳-۳-۵. همه عنوان‌ها، اعداد، واحدها و مقیاس‌ها در جدول‌ها و شکل‌ها باید به انگلیسی باشند .واحدهای استفاده شده نیز بر اساس سیستم متریک ذکر شوند.

۳-۳-۶. ارائه تصویری جدول‌ها، معادلات، مرجع‌ها یا نوشته‌های مستقیم روی شکل‌ها امکان ویرایش را از ویراستار سلب می‌کند؛ از این‌رو لازم است این موارد به‌صورت تایپ شده در متن آورده شوند.

۳-۳-۷. شماره و عنوان هر جدول در بالای آن به‌صورت وسط‌چین با دو زبان فارسی و انگلیسی نوشته شود.

۳-۳-۸. عنوان شکل‌ها با دو زبان فارسی و انگلیسی در پایین تصاویر آورده شود.

۳-۳-۹. در متن نیز حتماً به شماره‌های جدول و شکل‌ها اشاره شود.

۳-۳-۱۰. بهتر است شکل‌ها و جدول‌ها بلافاصله پس از توضیحات متن و در نزدیکترین جای ممکن آورده شوند.

ارسال مقاله

۴-۱. مطمئن شوید اصول پیش گفته از جمله اصول اخلاقی، قلمرو و اهداف و همچنین اصول نگارش نشریه به‌ویژه عنوان‌های متن مقاله به‌درستی نوشته شده است.

۴-۲. با آدرس iwm.ilam.ac.ir وارد سامانه نشریه و سپس وارد صفحه شخصی شوید. ورود به صفحه شخصی با کلمه کاربری و رمز عبور امکان‌پذیر است؛ بنابراین، اگر پیش‌تر آن‌ها را دریافت نکرده‌اید، به‌سادگی می‌توانید با انتخاب محیط ثبت‌نام از طریق گزینه ورود به سامانه (واقع در بخش سمت چپ و بالای صفحه) اطلاعات درخواستی را وارد و کلمه کاربری و رمز عبور را در رایانامه‌ای که در حین ثبت‌نام اعلام کرده‌اید، دریافت کنید. در صورت تمایل به تغییر آن‌ها می‌توانید از خود سامانه کمک بگیرید. توجه داشته باشید که شما برای ورود به سامانه همواره به این دو کلمه نیاز دارید؛ بنابراین بکوشید تا آن‌ها را فراموش نکنید.

۴-۳. از نوار ارسال مقاله، گزینه ارسال مقاله جدید را انتخاب کرده و طی ۱۰ مرحله شامل انتخاب نوع مقاله، وارد کردن عنوان، اضافه کردن نویسندگان، وارد کردن چکیده، وارد کردن کلیدواژه‌ها، توضیحات تکمیلی، داوران پیشنهادی (حداقل سه داور)، اضافه کردن فایل‌ها، نامه به سردبیر و چک لیست و در نهایت تکمیل ارسال مقاله، اقدام به ارسال مقاله نمایید.

۴-۴. در بخش اضافه کردن فایل، لازم است دو فایل اصلی را بارگذاری کنید. ۱- فایل صفحه مشخصات نویسنده یا نویسندگان در محیطWord ؛ ۲- فایل متن اصلی مقاله در محیط Word بدون مشخصات نویسندگان.

در فایل اول (فرم مشخصات نویسندگان)، مشخصات کامل مقاله و نام نویسنده یا نویسندگان به فارسی و انگلیسی (نام نویسنده مسئول مکاتبات با ستاره مشخص شود)؛ آخرین مدرک تحصیلی، مرتبه علمی و محل اشتغال به فارسی و انگلیسی؛ نشانی کامل نویسنده مسئول مکاتبات شامل آدرس پستی، شماره تلفن، شماره دورنگار، نشانی پیام‌نگار (پست الکترونیک) به فارسی و انگلیسی؛ نام مؤسسه تأمین‌کننده مخارج مالی پژوهش یا تهیه مقاله (در صورت وجود) در فایل جداگانه‌ای ارسال شود.

در فایل دوم (فایل متن اصلی مقاله بدون نام نویسندگان)، مقاله را که در ساختار مناسب بر اساس نوع مقاله تنظیم شده است بارگذاری می‌شود. سعی کنید در صفحه اول عنوان کامل مقاله به فارسی؛ چکیده فارسی در یک پاراگراف (حداقل ۲۵۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه) و کلیدواژگان فارسی (حداکثر پنج واژه) و در صفحات دوم عنوان کامل مقاله به انگلیسی؛ چکیده انگلیسی در یک پاراگراف (حداقل ۲۵۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه) و کلیدواژگان (حداکثر پنج واژه) آورده شود.

۴-۵. در بخش نامه به سردبیر قید شود که مقاله حاصل کدام‌یک از فعالیت‌های پژوهشی (فعالیت کلاسی، پایان‌نامه، طرح پژوهشی و غیره) است.

پیگیری فرایند انتشار مقاله

۵-۱. در صورت تأیید سردبیر و ارسال مقاله به داوری، نویسنده مسئول به صفحه شخصی خود در سامانه نشریه مراجعه کند و اگر تأخیری در فرآیند داوری (بیش از یک ماه) مشاهده کرد از طریق پست الکترونیکی یا تماس تلفنی با نشریه روند بررسی مقاله را پیگیری کند.

۵-۲. در صورتی‌که مقاله برای چاپ پذیرفته شود بعد از آماده شدن برای چاپ، در سامانه و در قسمت فهرست مقالات آماده به انتشار درج می‌گردد نویسنده می‌تواند فایل آماده شده را از کارشناس نشریه دریافت کند و قبل از چاپ اگر نیاز به هر گونه تغییر و اصلاحی بود موضوع را به کارشناس نشریه اطلاع دهد. بعد از چاپ مقاله امکان هیچ گونه تغییر و اصلاحی در مقاله وجود ندارد.

۵-۳. بعد از چاپ مقاله، اطلاعات آن در صفحه شخصی درج می‌گردد و نویسنده می‌تواند وضعیت مقاله خود را با عنوان مقاله منتشر شده به‌صورت الکترونیکی مشاهده کند.

۵-۴. نشریه «مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز» حق رد یا قبول و نیز ویراستاری مقالات را برای خود محفوظ می‌دارد و از بازگرداندن مقالات دریافتی معذور است.

۵-۵. مقالات رد یا انصراف داده شده، پس از سه ماه از مجموعه آرشیو نشریه خارج خواهد شد و نشریه هیچ‌گونه مسئولیتی در این زمینه نخواهد داشت.

Integrated Watershed Management, winter, 2023, 2(4), 1-16 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.1986487.1053 **Online ISSN: 2783-4581**

Revisiting the detailed-implementation studies of the Fakhran Watershed in South Khorasan based on the integrated watershed management plan

Seyed Hamidreza Sadeghi[*1], Arasteh Payfeshoordeh[2], Zeinab Pirooznia[2], Sadaf Pir[2], Masoumeh Hamzeh Bibalani[2], Mahdi Khairparast[2], Fatemeh Sarouneh[2], Sahar Mostafaei Younjali[2], Nastaran Naderi Marangelu[2], Ali Noori[2], Masoumsh Havasi[2], Reza Chamani[2]

1- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2- Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

*** Corresponding author**: sadeghi@modares.ac.ir

(Received: 02 January 2023 Revise: 07 January 2023 Accepted: 25 January 2023)

Extended Abstract

Introduction: Today, the occurrence of various events such as climate change, drought, flood, land subsidence, as well as the increase in population and the subsequent increase in demand in order to meet human needs, has caused many changes in the functioning of watersheds and the interaction of different ecosystems. In other words, excessive pressure on natural resources, unprincipled use of resources, and disruption of ecological balance in different watersheds have caused disruption, reduction of balance, and change in the behavior of watersheds leading to instability. The imbalance in the functioning of watersheds has caused various hydrological, ecological, economic, and social functions to face problems, and the role of local communities has decreased in the direction of sustainable development of watersheds, which requires the study, evaluation, and fundamental management of watersheds. One of the reliable management approaches accepted by the international communities is integrated watershed management (IWM), which plays an influential role in managing natural resources by prioritizing watersheds. Therefore, this research has tried to analyze the detailed-implementation studies of the Fakhran Watershed in South Khorasan, Iran, as an example of the detailed-implementation studies of the country based on IWM.

Materials and methods: To carry out this research, the Fakhran Watershed was first visited, and the watershed conditions were examined from the viewpoint of hydrology, erosion and sedimentation, water resources, socioeconomic and cultural status, and the potential of local communities and ecosystems. Detailed implementation studies of the Fakhran Watershed were obtained from the General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of South Khorasan Province. They were evaluated and compared based on the IWM structure in the country.

Results and Discussion: The research results showed that cultural issues, laws related to watershed management, upstream policies affecting local communities, and modern knowledge of watershed management in the soil and water protection field still needed to be seen in these studies. In the economic aspect, despite the existence of economic strengths in the region, very general solutions have been pointed out, and the potential economic capabilities of the Fakhran Watershed, such as barberry, saffron, and jujube agricultural products, have been overlooked. The assessment of social issues also shows that the social needs of different age groups of believers, issues related to women, customs and rich culture of the region, and similar things have yet to have a place in the executive studies.

Conclusions: Various human activities and the occurrence of natural phenomena have caused changes in the behavior and performance of watersheds and disturbed the ecosystems' balance. Different studies and management scenarios have been carried out by the relevant organizations to improve the watersheds' conditions, which could have led to better results. In this regard, revisiting the detailed-implementation studies of the Fakhran Watershed indicates that none of the six principles of comprehensive management, including politics, economy, society, culture, law, and knowledge, have been adequately considered in these studies. Also, the principled implementation of engineering, biological and bioengineering operations without considering the six principles of IWM cannot be employed in the future as a suitable approach to solve the problems of watershed residents. Therefore, studying watersheds and issues related to watersheds should be minutely reviewed, and the IWM approach should be extensively used to advance the goals.

Keywords: Community empowerment, Community needs assessment, Local communities, and Natural resources laws.

Citation: Sadeghi, S.H.R., Payfeshoordeh, A., Pirooznia, Z., Piri, S., Hamzeh Bibalani, M., Khairparast, M., Sarouneh, F., Mostafaei Younjali, S., Naderi Marangelu, N., Noori, A., Havasi, M., & Chamani, R. (2023). Revisiting the detailed-implementation studies of the Fakhran Watershed in South Khorasan based on the integrated watershed management plan. *Integrated Watershed Management*, 2 (4), 1-16. doi: 10.22034/iwm.2023.1986487.1053

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات (۱۶-۱) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.1986487.1053

بازخوانی مطالعات تفضیلی–اجرایی حوزه آبخیز فخران خراسان جنوبی مبتنی بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سیدحمیدرضا صادقی*[۱]، آراسته پای‌فشرده[۲]، زینب پیروزنیا[۲]، صدف پیری[۲]، معصومه حمزه بی‌بالانی[۲]، مهدی خیرپرست[۲]، فاطمه سارونه[۲]، سحر مصطفایی‌یونجالی[۲]، نسترن نادری‌مرنگلو[۲]، علی نوری[۲]، معصومه هواسی[۲]، رضا چمنی[۲]

۱- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲- گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

***نویسنده مسئول:** sadeghi@modares.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۱۰/۱۲ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۱۰/۱۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۱/۰۵)

چکیده

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز یکی از رهیافت‌های بشر در راستای شناخت، مطالعه و مدیریت اصولی حوزه‌های آبخیز به لحاظ مسائل مختلف تأثیرگذار بر عملکرد حوزه‌های آبخیز است. حال‌آنکه این الگوی مدیریتی کم‌تر موردتوجه متخصصین مرتبط قرارگرفته است. لذا در این پژوهش سعی شده است مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه آبخیز فخران خراسان جنوبی به‌عنوان نمونه‌ای از مطالعات تفضیلی-اجرایی کشور بر اساس مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز مورد بازخوانی قرار گیرد. بر این اساس مطالعات مذکور از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان جنوبی اخذ و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد مسائل فرهنگی، قوانین مرتبط با مدیریت آبخیزها، سیاست‌های بالادستی تأثیرگذار بر جوامع محلی و دانش‌های نوین آبخیزداری به‌کلی در این مطالعات دیده نشده است. در بُعد اقتصادی نیز به راه‌کارهای بسیار کلی اشاره‌شده و از توانمندی‌های بالقوه اقتصادی حوزه آبخیز فخران ازجمله فرآورده‌های محصولات کشاورزی زرشک، زعفران و عناب چشم‌پوشی شده است. ارزیابی مسائل اجتماعی نیز نشان‌دهنده آن است که نیازهای اجتماعی رده‌های مختلف سنی گرواران، مسائل مرتبط با بانوان، آداب‌ورسوم و فرهنگ غنی منطقه و موارد مشابه جایگاهی در مطالعات تفضیلی-اجرایی نداشته است. به‌طورکلی هیچ‌کدام از اصول شش‌گانه مدیریت جامع شامل سیاست، اقتصاد، اجتماع، فرهنگ، قانون و دانش در مطالعات به‌درستی لحاظ نشده است. بر همین اساس اجرای اصولی عملیات مهندسی، زیستی و زیست‌مهندسی بدون در نظر گرفتن اصول شش‌گانه مدیریت جامع حوزه آبخیز نمی‌تواند چراغ راه آینده و رهیافت مناسبی در راستای حل مشکلات آبخیزنشینان باشد. لذا پیشنهاد می‌شود در نحوه مطالعات حوزه‌های آبخیز و مسائل مرتبط با آبخیزها بازنگری کلی صورت گرفته و از رویکرد مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در جهت پیشبرد اهداف استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: **توانمندسازی جامعه، جوامع محلی، قوانین منابع طبیعی، نیازسنجی جامعه**

استناد: صادقی، س.ح.ر.، پای‌فشرده، آ.، پیروزنیا، ز.، پیری، ص.، حمزه بی‌بالانی، م.، خیرپرست، م.، سارونه، ف.، مصطفایی‌یونجالی، س.، نادری‌مرنگلو، ن.، نوری، ع.، هواسی، م.، چمنی، ر. (۱۴۰۱). بازخوانی مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه آبخیز فخران خراسان جنوبی مبتنی بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، (۴)۲، ۱۶-۱.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ‌شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

امروزه بروز رخدادهای طبیعی ازجمله تغییرات اقلیمی، خشک‌سالی، سیلاب و فرونشست زمین سبب تغییر در عملکرد آبخیزها شده است (Hazbavi *et al*., 2019). هم‌چنین چالش‌های محیط‌زیستی در نتیجه افزایش جمعیت انسانی و افزایش تقاضا برای بهره‌برداری از منابع طبیعی روزبه‌روز افزایش‌یافته و سوء مدیریت منابع طبیعی ظهور ناپایداری در شاخص های محیطی را در پی داشته است (Bayat *et al*., 2021؛Caruso, 2017). ماحصل این امر فشار بیش‌ازحد بر منابع طبیعی، استفاده غیراصولی از منابع و برهم خوردن تعادل بوم‌شناختی در آبخیزهای مختلف است (Sadoddin e*t al*., 2017). این درهم‌ریختگی سبب شده است تا آبخیزها نتوانند نقش مؤثر خود در راستای حفظ منابع آب، حفاظت از زیستگاه، مهار فرسایش و رسوب، مهار سیلاب، تنظیم آب‌وهوا، مسکن، رفع نیازهای فرهنگی و عملکردهای مناسب را به‌درستی انجام دهند (Alilou *et al*., 2019). همچنین تداوم این روند تأثیر منفی بر موجودات آبزی، اکولوژی آبزیان، حیات‌وحش و کیفت آب در حوزه‌های آبخیز خواهد داشت (Gordon *et al*., 2023). عدم توازن در عملکرد آبخیزها سبب شده است تا کارکردهای مختلف هیدرولوژیک، بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی با مشکل مواجه شده و نقش جوامع محلی در راستای توسعه پایدار آبخیزها کاهش یابد. یکی از رویکردهای مدیریتی قابل‌اتکا و موردپذیرش جامعه جهانی در این راستا، رویکرد مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز[1] است (Sadeghi *et al*., 2019). این رویکرد می‌تواند با اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز در مدیریت منابع طبیعی نقش مؤثری ایفا کند (Arab Ameri *et al*., 2019). در همین راستا مطالعات متعددی نقش مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز را در سامان‌بخشی آبخیزها بررسی و ارزیابی نموده‌اند. به‌طوری‌که (Zarin *et al*., 2008) با ارزیابی ضرورت مدیریت جامع منابع آب‌وخاک بیان داشتند حوزه آبخیز به‌عنوان یک واحد طبیعی سرزمین باید با همکاری بخش‌های مرتبط، وزارتخانه‌ها و هم‌چنین ذی‌نفعان یا گرودارن[2] به نحوی مدیریت شود که بهره‌وری از آن خسارت‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی اندکی به همراه داشته باشد. در پژوهشی دیگر (Noormohamadi *et al*., 2016) با مطالعه نقش مشارکت در مدیریت جامع حوزه آبخیز بیان داشتند زمانی اهداف آبخیز تحقق پیدا خواهد کرد که مدیریت جامع و صحیح در جهت کاهش فرآیندهای مخرب و نیز تقویت فرآیندهای سازنده صورت گیرد. هم‌چنین جوامع انسانی نقش مؤثر در این رابطه ایفا می‌کنند. علاوه بر این (Gholamrezaei *et al*., 2016) در پژوهشی با محوریت سازوکار پیاده‌سازی مدیریت جامع مشارکتی آبخیز، از انسان به‌عنوان یکی از اجزا اصلی بوم‌سازگان و عامل پایداری این مجموعه یادکرده‌اند. هم‌چنین (Athari *et al*., 2017) در پژوهشی دیگر به تعیین چالش‌های موجود در مدیریت حوزه‌های آبخیز کشور پرداختند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که چالش‌های موجود ناشی از نبود مدیریت جامع در حوزه‌های آبخیز کشور است. لذا، اتخاذ رویکرد مدیریت جامع برای دستیابی به مدیریت پایدار حوزه‌های آبخیز، اجتناب‌ناپذیر است. در همین راستا (Ladoni *et al*., 2021) با ارزیابی مدیریت یکپارچه نواحی ساحلی با رویکرد حکمرانی یا حکمروایی[3] خوب در محدوده مطالعاتی کیش با استفاده از طراحی پرسشنامه و کاربست روش تحلیل سلسله مراتبی بیان داشتند دارایی ارزشمند و عامل پایداری و توسعه این منطقه نحوه حکمروایی خوب و

1. Integrated Watershed Management, IWM

2. Stakeholders
3. Governance

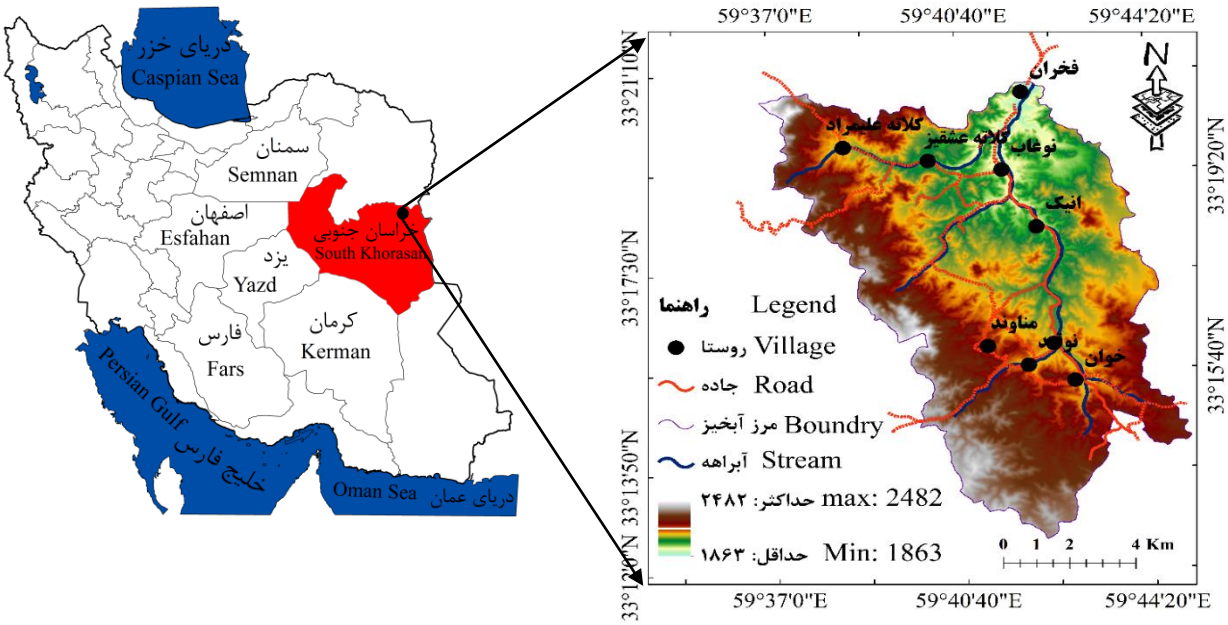
کارآمد است. علاوه بر این (Sadoddin *et al*., 2019) نیز با مقایسه طرح مدیریت منابع آب ایران با اصول بین‌المللی مدیریت جامع منابع آب دنیا بیان داشتند هیچ‌کدام از اصول بین‌المللی اعم از مشارکت ذی‌نفعان، تمرکززدایی، مشارکت بانوان، به‌روزرسانی قوانین و موارد دیگر در مطالعات منابع آب ایران در نظر گرفته نمی‌شود. Tavakoli و همکاران (2020) نیز در پژوهشی با ارائه سند راهبردی مدیریت جامع حوزه آبخیز با استفاده از مدلSWAT و QSMP در حوزه آبخیز میمه ایلام و هم‌چنین با شناسایی نقاط قوت و ضعف این آبخیز و امتیازدهی به هرکدام از موارد تأثیرگذار در آبخیز بیان داشتند در مدیریت و برنامه‌ریزی آینده‌نگر باید از فرصت‌های منطقه در جهت افزایش نقاط قوت و کاهش نقاط ضعف بهره برد. در مطالعه‌ای دیگر (Sadeghi *et al*., 2021) با ارزیابی مدیریت جامع و مشکل محور حوزه آبخیز با استفاده از چارچوب برنامه‌ریزی راهبردی در حوزه آبخیز برارود استان مازندران با ارائه الگوی مدیریت جامع حوزه آبخیز با استفاده از روش تحلیل راهبردی مبتنی بر مشکلات بیان داشتند در یک حوزه آبخیز متوسط، مدیریت محافظه‌کارانه و هم‌چنین جلب رضایت مردم محلی بسیار راهبردی است. در پژوهشی دیگر (Karimi Sangchini *et al*., 2021) با ارزیابی مدیریت جامع منابع آب‌وخاک در حوزه آبخیز حبله‌رود بیان داشتند مدیریت کارایی آب کشاورزی سبب بهبود منابع آب شده است. همچنین اصلاح مراتع کاهش هدر رفت فسفر و نیتروژن و کاهش فرسایش و رسوب را در پی داشته است. Teka و همکاران (2020) به ارزیابی توانایی مدیریت یکپارچه آبخیز در مهار فرسایش خاک در شمال اتیوپی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد مدیریت یکپارچه و جامع حوزه آبخیز علاوه بر بهبود وضعیت مالی خانواده‌ها سبب افزایش رشد پوشش گیاهی و کاهش فرسایش خاک نیز خواهد شد. هم‌چنین (Thapa *et al*., 2022) در پژوهشی مرتبط با مشارکت یکپارچه مدیریت حوزه آبخیز در کاهش خطر بلایا و توسعه جامعه در نپال بیان داشتند اجرای مدیریت یکپارچه بدون محدودیت‌های مؤسسات سبب احیا جنگل، بهبود پوشش جنگلی و هم‌چنین بهبود معیشت و افزایش مشارکت زنان در جامعه خواهد شد. همچنین (Wang *et al*., 2022a) با ارزیابی نقش مدیریت حوزه‌های آبخیز بر خدمات بوم‌سازگان در سه حوزه آبخیز در چین بیان داشتند تغییرات رخ‌داده در دوره ۲۰ ساله در آبخیزها سبب بهبود تأمین و تنظیم خدمات و کاهش خدمات پشتیبانی از سوی حوزه‌های آبخیز شده است. در پژوهشی دیگر (Wang *et al*., 2022b) از روش‌های نوین و الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه برای مدیریت حوزه‌های آبخیز بهره جستند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد استفاده از بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی با استفاده از توابع تکاملی چندهدفه می‌تواند راه‌کارهایی باکیفیت بالا ارائه نماید هرچند تنوعی در ارائه راهکارها نشان نمی‌دهد. Hardy (2022) نقش مشارکت جوامع محلی ازجمله تقابل بین فرهنگ محلی و راهبردهای برنامه‌ریزی و قوانین سازمانی تأثیرگذار در مدیریت حوزه آبخیز Cuyahoga را مورد ارزیابی قرار داده و بیان داشت منابع مالی، فنی و حمایت‌های سیاسی نقش غیرقابل‌انکاری در مدیریت آبخیز دارد. همچنین سازمان‌های مرتبط با دولت و سازمان‌های ارائه‌دهنده منابع، تأثیر بسزایی در این زمینه بر عهده دارند. علاوه بر این (Matsushita *et al*., 2023) نیز نقش دانش بومی و سنتی در مدیریت جنگل در ژاپن را ارزیابی نمودند. نتایج پژوهش نشان داد دانش بومی می‌تواند کمک مؤثری در مدیریت این جنگل‌ها داشته باشد اما به دلایل مشکلات مالی، جوامع محلی از مدیریت آن‌ها عاجز هستند که دولت باید با ارائه بسته‌های حمایتی، جوامع محلی و دانش بومی را در احیا و مدیریت این جنگل‌ها حمایت کند. نتایج پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهد استفاده از مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز رویکردی مناسب و قابل‌اتکا در

راستای شناخت بهتر آبخیزها و ارائه راه‌حل‌های کاربردی و مؤثر بر عملکرد آبخیزهاست. با توجه به انجام عملیات محدود سازه‌ای در حوزه آبخیز فخران و عدم ارائه اثربخشی این اقدامات در منطقه و مبتنی بر انجام پایش و ارزیابی‌های در حین اجرا و یا رسمی، مقایسه عملکرد عملیات آبخیزداری امکان‌پذیر نیست. لذا در این پژوهش سعی شده است مطالعات تفضیلی-اجرائی حوزه آبخیز فخران خراسان جنوبی به‌عنوان نمونه‌ای از مطالعات در حال انجام در حوزه‌های آبخیز کشور با مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز مقایسه شود و میزان انطباق آن با همدیگر ارزیابی شود. دلیل دیگر انتخاب آبخیز مزبور امکان دسترسی به مطالعات و هم‌چنین اجازه اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان جنوبی در انجام تحلیل مربوط بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

حوزه آبخیز فخران با مساحت ۱۰۵۰۶/۴ هکتار و متوسط بارندگی سالیانه ۲۱۳/۱ میلی‌متر در شهرستان درمیان در استان خراسان جنوبی و در دامنه ارتفاعی ۱۸۶۳ و ۲۴۸۲ متر واقع‌شده است. از روستاهای موجود در حوزه آبخیز فخران می‌توان به روستاهای نوقند، ماسنان و خوان اشاره کرد. روستای فخران نیز در خروجی و شمال آبخیز واقع‌شده است (General Department of Natural Resources and Watershed of South Khorasan, 2010). شکل ۱ منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



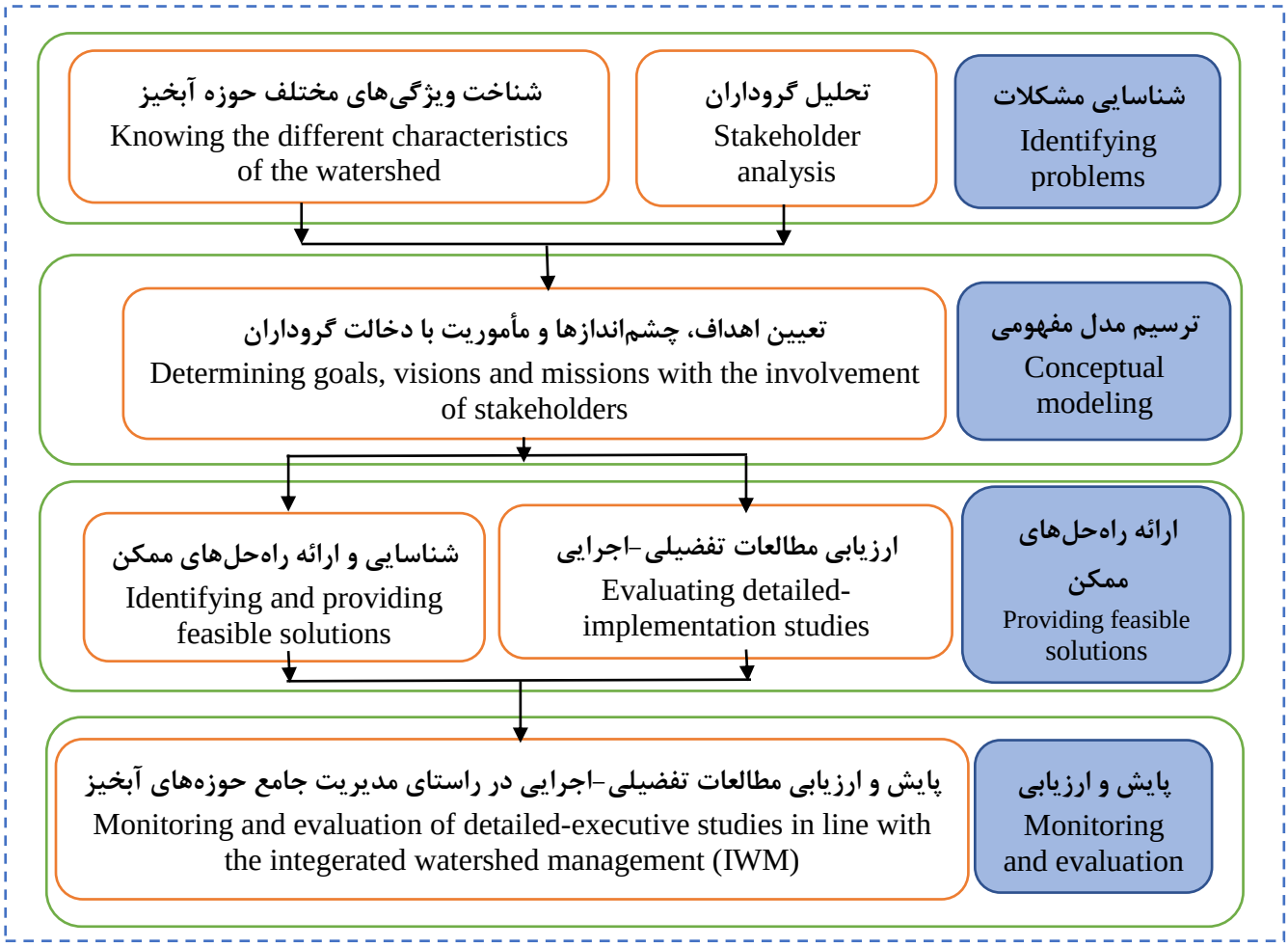
شکل ۱- موقعیت مکانی حوزه آبخیز فخران در استان خراسان جنوبی و ایران

Figure 1- Location of the Fakhran Watershed in South Khorasan Province and Iran

تشریح مطالعات تفضیلی-اجرایی و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

به‌منظور انجام این پژوهش، ابتدا مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه آبخیز فخران از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان جنوبی اخذ و با بازدید از منطقه، مورد ارزیابی و کنکاش قرار گرفت. در ادامه، ارکان شش‌گانه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در مطالعات تفضیلی-اجرایی سنجش و میزان مشارکت هرکدام از آن‌ها تعیین شد. در شکل ۲، مراحل روش پژوهش و

متعاقباً به‌طور مختصر هرکدام از مطالعات تفضیلی-اجرایی و مطالعات مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز تشریح شده است.



شکل ۲- نمودار جریانی پژوهش بر اساس الگوی مفهومی مدیریت حوزه‌های آبخیز ایران

Figure 2- Research flowchart based on the conceptual model of integrated watershed management (IWM) in Iran

مطالعات تفضیلی اجرایی حوزه آبخیز فخران

آبخیزداری و به‌تبع آن انجام مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه‌های آبخیز، نقش مهمی در بهبود شرایط فعلی آبخیزها و مرتفع نمودن مشکلات موجود در آبخیزها دارد. بر این اساس هرساله بخشی از اعتبارات سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور به مطالعه حوزه‌های آبخیز اختصاص داده می‌شود. مطالعات تفضیلی اجرایی حوزه آبخیز فخران شامل فیزیوگرافی، اقلیم‌شناسی، پوشش گیاهی، اقتصادی-اجتماعی، فرسایش و رسوب، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، خاک‌شناسی، عملیات مهندسی و زیستی و تلفیق و برنامه‌ریزی است. بر اساس ارزیابی‌های صورت گرفته، در این مطالعات ویژگی‌های فیزیکی، اقلیم، وضعیت هیدرولوژی و موارد وابسته به آن، وضعیت خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، میزان فرسایش و رسوب، مباحث اقتصادی و اجتماعی و راه‌کارهای زیستی، مهندسی و زیست‌مهندسی مطالعه می‌شود (General Department of Natural Resources and Watershed of South Khorasan, 2010).

ارکان مدیریت جامع حوزه آبخیز

مفهوم مدیریت مشارکتی امروزه به‌عنوان رویکردی کاربردی و نوین در مدیریت عرصه‌های طبیعی مطرح می‌شود. این رویکرد نگرشی جامع برای دستیابی به

مدیریت پایدار جوامع است (Ghorbani et *al*., 2019)؛ بنابراین بررسی و شناسایی نقاط قوت، ضعف، تهدید و فرصت می‌تواند به مدیریت جامع حوزه آبخیز کمک کند (Sadeghi *et al*., 2019). برای رسیدن به این اهداف باید ارکان مدیریت جامع حوزه آبخیز مشتمل بر شش بخش قانونی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و علمی مورداستفاده قرار گیرد که در زیر به‌طور مختصر به معرفی هر یک از آن‌ها پرداخته‌شده است.

الف) سیاست و مدیریت جامع حوزه آبخیز

وجود سودجویی‌های شخصی و گروهی سبب شده است افراد بر اساس مهارت‌ها و توانایی‌های آن‌ها مورد استفاده قرار نگیرند و این امر فساد هرچه بیش‌تر در مجموعه منابع طبیعی را در پی دارد (Liu, 2012). پژوهشگران معتقدند مجموعه‌ای از سیاست‌ها توأم با چارچوب‌های قانونی بستر ظهور مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در بوم‌سازگان مختلف را فراهم می‌کند تا با دوری از منفعت‌طلبی و عدم اتخاذ تدابیر در راستای منافع شخصی و گروهی سبب برون‌رفت از شرایط نابسامان حوزه‌های آبخیز کشور و دستیابی به آرمان‌های مدیریتی می‌شود (Sadeghi et *al*., 2019). در این راستا تمرکززدایی در مدیریت منابع طبیعی علیرغم برخورداری از پیچیدگی خاص خود، می‌تواند زمینه بهبود مدیریت در آبخیزها را فراهم کند. اثربخشی تمرکززدایی در چارچوبی متشکل از عناصر اساسی شامل مردم، مسئولین و قدرت‌ها و مسئولیت‌پذیری آن‌ها تشریح می‌شود. بر این اساس نقش دولت‌ها و جوامع محلی در امر مدیریت آبخیزها در بسیاری از کشورها موردتوجه قرارگرفته است (Newaz & Rahman, 2022). در همین راستا در سال‌های اخیر، ساختار سازمانی برای مدیریت منابع طبیعی در سطح قابل‌توجهی در کشورهای مختلف بازسازی‌شده است. تا جایی که تلاش‌های مختصری برای اصلاحات اقتصادی و تمرکززدایی صورت در حال برنامه‌ریزی است. ظهور ساختار نهادی جدید و غیرمتمرکز و بر اساس تحقق یکپارچه‌سازی مسئولین و جوامع محلی می‌تواند در چارچوب راه‌حل‌های شکست‌خورده متمرکز و بازار آزاد موردتوجه قرار گیرد (Newaz & Rahman, 2022). به‌طورکلی تمرکز بر سیاست‌های مشارکتی تمرکززدا در مدیریت جامع حوزه آبخیز، سیاست‌های تدارکاتی تسهیل کننده دستیابی به منابع انسانی و محیطی توسط سازمان‌های مختلف برای یک هدف مشترک و سیاست‌های بهره‌برداری از منابع انسانی و محیطی می‌تواند چراغ راه بشر در دستیابی به هدف‌های پایدار باشد. تغییرات فعلی بوم‌سازگان‌های کشور نشان از درک نادرست مدیران و برنامه‌ریزان کشوری از سیاست‌ها و چهارچوب‌های قانونی مؤثر بر مدیریت صحیح آبخیزهاست. تداوم این روند و بی‌توجهی محض به سیاست‌های مدیریتی و جلوگیری از سیاست‌های مداخله‌گرانه، هدررفت منابع خاک و آب و تنزل در خدمات بوم‌سازگان را در پی خواهد داشت (Sadeghi *et al*., 2019).

ب) اقتصاد و مدیریت جامع حوزه آبخیز

نگرش اقتصاد منابع طبیعی در بین پژوهش‌گران از تفاوت‌های زیادی برخوردار است. یک گروه از پژوهش‌گران از موضعی حمایت می‌کنند که فراوانی منابع طبیعی برای توسعه اقتصادی و بُعد مالی کشور مضر است درحالی‌که برخی دیگر شواهدی را ارائه می‌دهند که منابع طبیعی موهبتی برای رشد اقتصادی و همچنین توسعه مالی هستند (Khan *et al*., 2022) کشورهای دارای منابع طبیعی فراوان، میزان رشد کمتری نسبت به اقتصادهای با منابع طبیعی کم دارند. برای توجیه چنین رابطه‌ای، برخی از پژوهش‌گران نقش عوامل سیاسی/نهادی را در پدیده نفرین منابع برجسته می‌کنند و استدلال

می‌کنند که در کشورهایی با نهادهای بی‌کیفیت، درآمد منابع صرف افراد و گروه‌های نزدیک به سیاست‌مداران می‌شود تا توسعه زیرساخت‌های اقتصادی. در این کشورها، رونق منابع، رفتار سودجویانه را در میان نخبگان سیاسی ترویج می‌کند که درنتیجه تخصیص نادرست منابع رخ داده و به سمت فعالیت‌های غیرمولد سوق می‌یابند؛ بنابراین رشد اقتصادی را افزایش نمی‌دهند. این در صورتی است که کیفیت بالای نهادها، انگیزه‌های سیاسی منحرف را تصحیح کند و منابع را در جهت فعالیت‌های افزایش‌دهنده رشد از طریق بهبود شایستگی سیاستمداران و پاسخگویی به شهروندان قرار دهد. به‌طورکلی نوسانات منابع طبیعی تأثیر مستقیمی بر اقتصاد دارد. افزایش نوسانات، سرمایه‌گذاران را به تعویق سرمایه‌گذاری در منابع طبیعی به دلیل درآمد نامشخص در آینده یا زیان سوق می‌دهد (Maddah *et al*., 2022). منابع طبیعی، اعم از تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و همچنین فرآیندهای محیط‌زیستی، بخش عمده‌ای از درآمد واقعی یک کشور را تشکیل می‌دهند. به‌طورکلی منابع طبیعی در افزایش درآمد، اشتغال و درآمد مالیاتی مفید است. منابع طبیعی برای توسعه بلندمدت حیاتی هستند زیرا از پیشرفت مالی، شاخص‌های حکمرانی قوی و کیفیت نهادی حمایت می‌کنند که همگی به کاهش عدم تعادل تجاری و ایجاد فعالیت اقتصادی کمک می‌کنند. به همین ترتیب، تثبیت در سیستم مالی نیز قابل‌دستیابی است (Lei & Yang, 2022). لذا راهکار تقویت بخش اقتصادی و منابع مالی در حوزه‌های آبخیز، فراهم نمودن زمینه مشارکت بخش‌های عمومی-خصوصی- مردمی است. از طرفی دیگر با توجه به اینکه سود طرح‌های منابع طبیعی در بخش کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در اختیار انسان و محیط قرار می‌گیرد، لذا بسته‌های حمایتی سیاسی و مالی از سرمایه‌گذاران در این بخش ضروری است (Sadeghi *et al*., 2019).

ج) اجتماع و مدیریت جامع حوزه آبخیز

مشارکت و همکاری اعضای مختلف تأثیرگذار، نقش مهمی در برنامه‌ریزی و گرفتن تصمیم‌های مهم دارد. متأسفانه علی‌رغم وجود شواهد مختلف در جوامع علمی و اجرایی تأییدکننده بر اهمیت زیاد نقش مشارکت در تصمیم‌گیری‌ها، ساختار رده‌بندی در سازمان‌ها و اداره‌های مختلف هنوز حفظ و اجرا می‌شود (Shamsaei *et al*., 2007). مشارکت و استفاده از گروداران و ذی‌مدخلان یا تصمیم‌سازان[1] حوزه‌های آبخیز در اهداف مختلف ازجمله کاهش فقر، توانمندسازی زنان در مشارکت اجتماعی، فراهم نمودن ساختار مطلوب آموزش و یادگیری، اطمینان از زندگی سالم، امنیت غذایی و تغذیه مناسب، دسترسی به آب سالم و بهداشتی، دستیابی به انرژی پایدار، ایجاد شغل، معیشت پایدار و رشد درآمد به‌صورت عادلانه، مدیریت پایدار منابع طبیعی، اطمینان از حکمرانی خوب اجتماعی و مدیریت صحیح، پایداری جوامع، صلح و آرامش مطلوب، تأمین آینده بلندمدت و ایجاد محیط‌زیست پویا و فعال می‌تواند نقش مؤثری در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایفا نماید (Sadeghi *et al*., 2019). هم‌چنین زنان به‌عنوان بخش غیرقابل‌انکار حوزه‌های آبخیز و ایفای نقش در سطوح مختلف مدیریتی می‌توانند در برنامه‌های مدیریت پایدار منابع طبیعی نقش بسزایی ایفا کنند (Babaei *et al*., 2016).

د) فرهنگ و مدیریت جامع حوزه آبخیز

فرهنگ مجموعه‌ای از خلق‌وخوی انسانی، قوانین و مقررات، آداب و رسوم، باورها و دانش‌هایی است که انسان از محیط پیرامون خود می‌آموزد. بر این اساس در مدیریت جامع حوزه آبخیز سعی می‌شود نهادها، سازمان‌ها، گروداران و ذی‌مدخلان حوزه آبخیز را بر اساس فرهنگ و عرف آن‌ها در برنامه‌های اجرایی

1. Authorities

طرح‌ها و پروژه‌های مختلف دخیل نماید (Sadeghi *et al*., 2019). آموزش حفاظت و حمایت از منابع طبیعی و فرهنگ برخورد با آن، از اهمیت زیادی برخوردار است و در سازمان‌های مختلف ازجمله اتحادیه اجلاس‌های جهانی[1] نیز بر آن تأکید شده است. یونسکو نیز آموزش استفاده از منابع طبیعی را همواره در رأس امور خود قرار داده است (Mehdi karami *et al*., 2019). لذا فرهنگ می‌تواند نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای در حفاظت و حمایت از منابع طبیعی داشته باشد.

ه) قانون و مدیریت جامع حوزه آبخیز

منابع طبیعی برای بسیاری از مردم جهان مهم و با ارزش هستند و ازاین‌رو، تضادها در سطوح مختلف بر سر مالکیت و استفاده از منابع ادامه دارد. در مدیریت منابع طبیعی، نه‌تنها تغییرات در مدیریت فیزیکی، بلکه تغییرات در قوانین و مقررات نیز در حکمرانی منابع طبیعی که بر سیستم مدیریت آن‌ها تأثیر می‌گذارد، حیاتی است (Newaz & Rahman, 2022). استفاده از منابع طبیعی و خدمات حوزه‌های آبخیز از بدو ظهور و پیدایش انسان مرسوم بوده و به دلایل مختلف ازجمله اختلاف بین گروه‌های مختلف انسانی در بهره‌برداری و هم‌چنین برهمکنش‌های انسان و محیط نیاز به اخذ و تدوین قوانین را ضرورت بخشیده است. تصویب قوانین مختلف از زیاده‌خواهی‌ها و تعرض افراد سودجو به منابع مختلف کاسته و همچون اهرم فشار، از منابع در برابر تهدیدات انسانی محافظت می‌کند. در ایران نیز بنا به‌ضرورت و فراخور موقعیت‌های مختلف، قوانین مختلفی در راستای بهره‌برداری از منابع طبیعی صورت گرفته است (Adeli & Rahimi Nasab, 2012). آنچه باعث می‌شود مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست با موفقیت کامل حاصل نشود کمبود قانون نیست، بلکه تکثر قانون و عدم نگاه جامع و به‌روز نبودن قوانین است. الگویی که برای مدیریت جامع حوزه آبخیز پیشنهاد می‌شود شامل بخش‌های قانون جامع، ساختار قدرتمند، مشارکت همه گروداران، ارزیابی فعالیت‌های انجام‌گرفته، آینده‌پژوهی و درنهایت پایش و مدیریت با رویکرد توسعه پایدار حوزه آبخیز است (Sadeghi *et al*., 2019).

و) دانش و مدیریت جامع حوزه آبخیز

برخورداری از علوم مهندسی و داشتن فهم مناسب از چرایی رخدادهای مختلف و راهکارهای مقابله با آن، ازجمله ضروریات انجام مطالعات جامع حوزه‌های آبخیز است. در این رویکرد پس از ارزیابی و تحلیل شرایط فعلی حاکم بر آبخیزها، راهکارهای مناسب در راستای بهبود وضعیت مرتع‌داران، کشاورزان و نیز جلب همکاری و مشارکت جوامع محلی و آبخیزنشینان را فراهم می‌کند (Sadeghi *et al*., 2019). از طرفی دیگر استفاده از نتایج دانش بومی در مدیریت آبخیزها و حل بحران‌ها بسیار قابل‌تأمل است. استفاده از دانش بومی به دلیل برخورداری از ویژگی‌هایی چون قابلیت اجرا در توزیع مکانی مختلف، نیاز کمتر به منابع مالی، اجرای راحت‌تر و سازگاری با طبیعت، از قابلیت مناسبی برای مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز برخوردار است (Mesbah *et al*., 2009).

نتایج و بحث

مدیریت جامع حوزه آبخیز زمانی که در یک چارچوب قانونی و مجموعه‌ای از سیاست‌های حمایتی قرار گیرد می‌تواند تحقق پیدا کند و به بررسی سیاست‌ها و قوانینی بپردازد که در اجرای مدیریت جامع حوزه آبخیز مؤثر باشد (Sadeghi *et al*., 2019). برای تبیین سیاست‌های مشارکتی تمرکززدا نیاز است قبل

1. International Union for Conservation of Nature

از انجام مطالعات، شرکت‌های مهندسی مشاور از منطقه بازدید داشته و شرح خدمات را بر اساس مشکلات موجود در منطقه تبیین نمایند. هم‌چنین مدیریت منابع طبیعی در ایران از یک ساختار سلسله مراتبی تبعیت می‌کند که دارای مقیاس‌های زمانی-مکانی متفاوتی در سطوح مختلف است و در هر سطح دست‌اندرکاران مختلف نقش‌آفرین هستند. در راستای دستیابی به مدیریت مشارکتی سازگار ضروری است به میزان انسجام سازمانی و تحلیل دقیق از شبکه سیاست‌گذاری در مدیریت مشارکتی منابع طبیعی دست‌یافت (Motavali *et al*., 2021). اجرای پروژه‌های چندمنظوره آبخیزداری و در نظر گرفتن منافع آبخیزنشینان و نیز مشارکت دادن جوامع محلی در مراحل مختلف پایش، مطالعات، نیازسنجی، اجرا و نیز نگهداری پروژه‌های آبخیزداری می‌تواند موجب تمرکززدایی قدرت تصمیم‌گیری شده و اعتماد و جلب مشارکت فعال مردم در مراحل ذکرشده را به دنبال داشته باشد (Mosaffaei *et al*., 2020). در حوزه آبخیز فخران تاکنون رویکرد مشارکتی به‌صورت خیلی محدود انجام شده است و مطالعه در سطح حوزه آبخیز بدون هیچ پیش‌زمینه قبلی صورت گرفته است. هم‌چنین عدم تعامل با گرودارن، سبب دیده نشدن منافع و اهداف آنها در مطالعات شده و درنتیجه مشارکت مردم کاهش‌یافته است. سازمان‌های مختلفی ازجمله سازمان حفاظت از محیط‌زیست، سازمان توسعه و نوسازی معادن و راه و شهرسازی در بهره‌برداری از منابع طبیعی و مدیریت آن دخیل هستند که در مطالعه انجام‌شده نقش هیچ‌کدام از این سازمان‌ها در منطقه دیده نشده است. میزان مشارکت روستائیان در طراحی و تدوین، اجرا و پیاده‌سازی و ارزشیابی طرح‌های آبخیزداری در حد پایین است که با نتایج Rahimzadeh & Charmchiyan (2019) Langroodi مطابقت ندارد. از طرفی دیگر تغییر مدیریت از حالت متمرکز به مدیریت محلی، چیدمان نهادی محلی مناسب، اصلاح و تدوین قوانین و امور حقوقی و قضایی و اصلاح حقوق مالکیت (مجوزهای برداشت) می‌تواند راهگشای مشکلات آبخیزها باشد که در مطالعات Baniadadi & Palouch (2020) نیز به آن اشاره شده اما در مطالعه حوزه آبخیز فخران به هیچ‌کدام اشاره‌ای نشده است. Newaz & Rahman (2022) نیز تأکید کردند که تمرکززدایی در امر مدیریت می‌تواند امری مفید در مدیریت حوزه‌های آبخیز باشد که در مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه آبخیز فخران مورد بی‌توجهی قرارگرفته است. حوزه‌های آبخیز به‌عنوان بستر و مکان برنامه‌ریزی در نیل به توسعه پایدار از اهمیت خاصی برخوردار هستند (Asadi Nilvan *et al*., 2013). رویکرد و نگرش توجه به نقاط قوت اقتصادی حوزه‌های آبخیز می‌تواند نقش مؤثر و پررنگی در بهره‌وری اقتصادی پایدار در مدیریت حوزه‌های آبخیز داشته باشد. این رویکرد زمانی تأثیر بیش‌تری بر ابعاد اقتصادی جوامع محلی خواهد داشت که علاوه بر تأمین نیازهای روزانه مردم محلی، تاب‌آوری آبخیزها را حفظ کرده و از بروز آسیب‌پذیری و کاهش پایایی حوزه‌های آبخیز جلوگیری نماید و درعین‌حال بر تأمین نیازهای آیندگان نیز متمرکز باشد (Sadeghi *et al*., 2019). در مناطق روستایی و ازجمله حوزه آبخیز فخران سهم عمده تولید و فعالیت اقتصادی بر محور کشاورزی شامل زراعت و باغداری و دامداری استوار است. هرچند صنایع‌دستی در گذشته در اقتصاد خانوار تا حدودی نقش داشته است اما در حال حاضر این فعالیت به‌طور محدود در برخی روستاها به حیات خویش ادامه می‌دهد. در منطقه حوزه آبخیز فخران سه محصول راهبردی زرشک، عناب و زعفران کشت می‌شود، هم‌چنین باغ‌های بادام به‌صورت دیم در منطقه نیز وجود دارد. با توجه به وجود این محصولات در منطقه، ایجاد کارگاه بسته‌بندی زرشک، زعفران، عناب و بادام می‌تواند نقش مؤثری بر رشد و شکوفایی اقتصادی جوامع محلی و افزایش رونق اقتصادی در پی داشته باشد. هم‌چنین عمل‌آوری محصولات

مختلف غذایی و دارویی بر پایه این محصولات زراعی و گونه‌های دارویی مرتعی منطقه و تلاش در راستای بازاریابی تولیدات روستاها، علاوه بر بهبود وضعیت اقتصادی، سبب جلوگیری از مهاجرت ساکنان محلی به‌ویژه جوانان به شهرهای اطراف می‌شود. از طرفی از دیرباز صنعت قالی‌بافی در منطقه رواج داشته است که با ایجاد بازار فروش این محصول می‌توان زمینه کار برای بانوان را ایجاد نمود. یافته‌های (Sadeghi *et al*. 2021) در حوزه آبخیز برارود باهدف ارائه الگوی مدیریت جامع حوزه آبخیز نیز نشان می‌دهد که بهره‌گیری از توانمندی‌های اقتصادی آبخیزها در راستای تولیدات محصولات، بازاریابی محصولات تولیدشده، گسترش بوم‌گردی می‌تواند فقر عمومی را کاهش داده و تقویت اقتصادی جوامع محلی را در پی داشته باشد. هم‌چنین در راستای بهره‌وری از توانمندی‌های اقتصادی منطقه و بهبود وضعیت اقتصادی جوامع محلی، Akbargholi & Vafaei (2019) عنوان داشتند گردشگری و کاربری‌های جاذب گردشگران، نقش بی‌بدیلی در ارتقاء وضعیت معیشتی مردم محلی دارد که در پژوهش حاضر به هیچ‌کدام از این راهکارها اشاره‌ای نشده است. مطالعات (Teka *et al*. 2020) نیز حاکی از آن است که مدیریت جامع و یکپارچه منابع طبیعی سبب بهبود وضعیت اقتصاد جوامع محلی و ذی‌نفعان می‌گردد که در مطالعات حوزه آبخیز فخران کمتر موردتوجه قرارگرفته است. Wang و همکاران (2022a) نیز نشان دادند مدیریت اصولی منابع طبیعی، سبب بهبود خدمات ارائه‌شده از سوی آن‌ها و به‌تبع آن بهبود اوضاع اقتصادی جوامع محلی می‌گردد که در مطالعات حوزه آبخیز فخران به آن پرداخته نشده است. امروزه بهبود اجتماع و بعد اجتماعی جوامع محلی و گرودارن نقش اساسی در مدیریت پایدار منابع طبیعی، افزایش امنیت غذایی، کاهش فقر اقتصادی، ایجاد و حفظ محیط پویا، برخورداری از آب بهداشتی و سالم، افزایش مشارکت زنان در فعالیت‌های اجرایی و عملکردی ایفا می‌کند که ماحصل این تغییرات مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز را در پی خواهد داشت (Sadeghi *et al*., 2019). از طرفی دیگر مشارکت مردم در فعالیت‌های عمرانی و مشارکتی، علاوه بر بهبود وضعیت اقتصادی، تعامل بیش‌تر آبخیزنشینان در همکاری و پذیرش طرح‌های اجرایی را میسر می‌سازد (Hassani & Maleki, 2020). تعامل بیش‌تر با جوامع محلی در اجرای طرح‌های مدیریتی علاوه بر نقش‌آفرینی آن‌ها و هم‌سویی با تدابیر اندیشیده شده، حفظ، نگهداری و مراقبت از طرح‌های اجرایی را نیز بهبود می‌بخشد (Rabet *et al*., 2021). امکان‌سنجی نقطه اثر بعد اجتماعی زندگی آبخیزنشینان در تصمیم‌گیری‌ها و تدابیر تعیین‌شده در راستای بهبود وضعیت آبخیزها نقش غیرقابل‌انکاری در کیفیت و تأثیرگذاری هرچه بیش‌تر سناریوهای مختلف مدیریتی دارد (Jaihooni Naeini *et al*., 2021). مطالعات Thapa *et al*. (2022) نیز نشان داد در صورت اجرای مدیریت جامع منابع طبیعی بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های دستوری، سبب رونق مشارکت جوامع محلی به‌خصوص بانوان می‌گردد. در مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه آبخیز فخران، نیازسنجی نیازهای اجتماعی آبخیزنشینان در مقیاس‌های مختلف سنی و هم‌چنین نیازهای ترکیب جنسیتی آن‌ها به‌درستی شناسایی نشده و راهکارهای متناسب با آن‌ها ارائه نشده است. لذا انجام و توسعه طرح‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز فخران، مستلزم توجه بیش‌تر دولت، مسئولان و کارشناسان است. روستاهای موجود در حوزه آبخیز فخران از فرهنگ‌های مختلف اما نزدیک به هم برخوردار هستند. همزیستی مسالمت‌آمیز جوامع اهل تسنن و تشیع با تفاوت‌های مذهبی، برگزاری آیین‌های مختلف مذهبی و دینی، نوروزی، مراسم‌های شادی و برگزاری جشن‌های عروسی و موارد مشابه، همگی

نقش مؤثر و کارایی در افزایش همدلی و همکاری مردم در حوزه آبخیز فخران ایفا می‌کند که در مطالعات به آن پرداخته نشده و به فراموشی سپرده‌شده است. فرهنگ و وابسته‌های آن، نقش غیرقابل‌انکاری در هم‌افزایی خط‌مشی‌ها و سناریوهای مدیریتی در راستای مشارکت فعال جوامع محلی دارد. در همین راستا نتایج Mohammadlou *et al.* (2020) نشان داد که ظرفیت بالایی برای جلب مشارکت جوامع محلی با تکیه‌بر آموزه‌ها و نهادهای فرهنگی و دینی وجود دارد که بایستی به‌طورجدی موردتوجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در حوزه مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست ایران قرار گیرد. در همین راستا مطالعات Fakhari & Zainalipoor (2016) نیز نشان دادند در صورت ترویج و توسعه فرهنگ برخورد و استفاده از منابع طبیعی، قدمی مؤثر در راستای حفظ و مراقبت از آن‌ها برداشته می‌شود که در حوزه آبخیز فخران به آن اشاره‌ای نشده است.

مدیریت جامع حوزه آبخیز با توجه به جدیدترین دستاوردهای مدیریتی از مرحله قانون‌گذاری تا پایش را شامل می‌شود (Sadeghi *et al.*, 2019). در مدیریت حوزه آبخیز سازمان‌های مختلفی دخیل هستند که با توجه به وجود قانون‌ها و تبصره‌های مختلف مدیریت حوزه آبخیز با مشکلاتی روبه‌رو شده است. از طرفی وجود خلأهای قانونی، عدم به‌روزرسانی قوانین بر اساس نیازها و همگام با توسعه و برداشت‌های متفاوت از قوانین مصوب کشوری، مدیریت آبخیزها را با چالش جدی مواجه ساخته است. عدم همگونی و هم‌راستایی مناسب در اجرای قوانین از سوی سازمان‌های دخیل در مدیریت آبخیزها ازجمله وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت نیرو، سازمان حفاظت از محیط‌زیست، وزارت راه و شهرسازی و سایر سازمان‌های دخیل یا سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور بیش از هر زمانی فقدان قوانین جامع با مقیاس فضایی کارا را اثبات کرده است (Namvar & Namvar, 2016). در همین راستا Hardy (2022) نیز در مطالعات خود بیان داشت استفاده اصولی از قوانین سازمانی و همچنین روابط بین سازمان‌های دولتی، نقش مؤثری بر مدیریت آبخیزها دارد. در حوزه آبخیز فخران نیز علی‌رغم تأثیرگذاری سازمان‌های مختلف مدیریتی، قوانین سازمان‌های مختلف و نقش آن‌ها در مدیریت این آبخیز دیده نشده است.

موفقیت در سطوح مختلف مدیریتی در حوزه‌های آبخیز مستلزم برخورداری از دانش مناسب در تبیین فرآیندها و چگونگی برخورد با رویدادهای مختلف در آبخیزهاست که برون‌رفت از شرایط فعلی و تداعی‌کننده سلامت در عملکرد و پایداری در ارائه خدمات آبخیزهاست (Sadeghi *et al.*, 2019). علاوه بر دانش رسمی، دانش بومی و محلی نیز هم‌راستا با دانش نوین نقش مؤثری در توانمندسازی جوامع و حرکت در مسیر توسعه پایدار ایفا می‌کند و می‌تواند در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز همگام با سایر دانش‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Sadeghi *et al.*, 2019). ارزیابی مطالعات حوزه آبخیز فخران نشان داد بهره‌گیری از علوم رسمی و بومی در مسیر فراروی آبخیزها مورد توجه و استفاده قرار نگرفته است. در همین راستا نتایج پژوهش Mahmoodi *et al.* (2017) نشان داد مشارکت بهره‌برداران در احیای مراتع با استفاده از دانش بومی تأثیرات مثبت و قابل‌توجهی داشته است. بدین ترتیب بهره‌گیری از دانش بومی در امر مدیریت حوزه آبخیز مشارکت گرودران محلی را افزایش داده و اثربخشی و کارایی مدیریت را تقویت می‌نماید. هم‌چنین در پاسخ به نیاز روستاییان و عشایر با تکیه بر عرف و نیازهای سایر گروه‌های اجتماعی باید زمینه آموزش و ترویج دانش‌های نوین را فراهم نمود تا مردم به دلیل عدم تأمین نیازها و کمبود دانش از روش‌های ترویجی دچار تخلف نشوند. این آموزش و دانش می‌تواند توسط نهادهایی ازجمله مدارس، دانشگاه‌ها، رادیو و

تلویزیون و مطبوعات صورت پذیرد (Adeli & Rahimi Nasab, 2012). مطالعات (Matsushita *et al.*, 2023) نیز بیان‌کننده آن است که استفاده از دانش جوامع محلی با در نظر گرفتن بسته‌های حمایتی لازم، می‌تواند در مدیریت آبخیزها کمک شایانی نماید.

نتیجه‌گیری کلی

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز رویکردی مناسب با در نظر گرفتن تمامی جنبه‌های مؤثر و تأثیرگذار بر آبخیزها و جوامع زیستی آن‌ها است. بر این اساس ارزیابی مطالعات تفضیلی-اجرایی حوزه آبخیز فخران خراسان جنوبی مبتنی بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز نشان داد تفاوت‌های زیادی بین مطالعه موجود با موازین استاندارد برای طراحی مدیریت جامع حوزه آبخیز وجود دارد و نیازهای مختلف مؤثر بر زندگی جوامع محلی و هم‌چنین عملکرد حوزه آبخیز در دل مطالعات تفضیلی اجرائی دیده نشده است. به‌عبارتی‌دیگر نقش سازمان‌های تأثیرگذار بر آبخیزها ازجمله سازمان حفاظت از محیط‌زیست، جهاد کشاورزی، صنعت، معدن، تجارت، بهداشت و درمان، راه و شهرسازی و غیره مورد بررسی و ارزیابی قرار نگرفته است. مسائل فرهنگی و نیازهای اجتماعی رده‌های مختلف سنی و موارد مرتبط با بانوان نیز در مطالعات به‌درستی دیده نشده است که می‌تواند مدیریت جوامع انسانی و مهاجرت آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به وجود محصولات کشاورزی مناسب و سودآور، راهکارهای فرآوری محصولات و استفاده از ارزش‌افزوده آن و هم‌چنین نقش سازمان‌های خصوصی جهت سرمایه‌گذاری و شکوفایی اقتصادی منطقه مورد ارزیابی قرار نگرفته است. طبیعی است بخش عمده‌ای از این کمبودها متوجه شرح خدمات عمومی، مشابه و کلی مطالعات تفضیلی-اجرایی موجود و در اختیار مشاوران است که طبعاً ضرورت بازنگری شرح خدمات هدف‌مدار و مشکل‌محور در این‌گونه مطالعات را تأیید می‌کند؛ بنابراین مسئولین و سیاست‌گذاران حوضه منابع طبیعی و آبخیزداری باید همگام با تغییر نیازهای اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و مدیریتی از رویکردهای جدید علمی و جامعه-محور در راستای شناخت مسائل مرتبط با آبخیزها و ارائه راه‌حل‌های متناسب با آن‌ها استفاده نمایند. چنانچه روند فعلی مدیریت آبخیزها تداوم داشته باشد، از پایداری آبخیزها کاسته شده و ماحصل آن هدررفت منابع آب‌وخاک، مهاجرت بی‌وقفه مردم به شهرهای بزرگ‌تر و بروز مشکلات محیط‌زیستی خواهد بود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله حاضر بر خود لازم دانسته از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان جنوبی بخصوص معاونت محترم آبخیزداری استان در راستای همکاری و مساعدت در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

References

Adeli, K. & Rahimi Nasab, A. (2012). Investigating the process of legislation in Iran's natural resources. *The 1st National Conference on Environmental Rights and Natural Resources of Zagros*. 1-9. (In Persian)

Akbargholi, F. & Vafaei, M. (2019). The role of capacities of tourism areas in the area of influence of Mashhad metropolis in sustainable urban development, case example: Abardeh village. *Scientific Quarterly Journal of Urban Ecology Research*, 10(20), 77-96. (In Persian)

Alilou, H., Rahmati, O., Singh, V. P., Choubin, B., Pradhan, B., Keesstra, S. & Sadeghi, S.H.R. (2019). Evaluation of watershed health using Fuzzy-ANP approach considering geo-environmental and topo-hydrological criteria. *Journal of Environmental Management*, 232, 22-36.

Arab Ameri, A., Poorghasemi, H.R., Rezaei, Kh. & Sohrabi, M. (2019). Morphometric prioritization of watersheds in order to optimally manage water and soil resources. *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*, 45(13), 87–96. (In Persian)

Asadi Nilvan, O., Rezaei, F. & Saghazadeh, N. (2013). Evaluation of the ecological potential of the watershed using the taxonomy method for the comprehensive management of the watershed (case study: Zaydasht watershed, Taleghan. *Journal of Environmental Erosion Research*, 3(3), 15-26. (In Persian)

Athari, Z., Pzeshki-rad, GH. Abbasi, A. & Alibaygi, A.H. (2017). "Technical report" on the challenges facing the country's watershed management using the Delphi technique. *Watershed Management Research paper*. 8 (15), 268–279. (In Persian)

Babaei, R., Karami Dehkoedi, A. Mokhtari & Zanjani, M. (2016). The role of rural women in the comprehensive and sustainable management of watersheds. *The 1st National Conference of Natural Resources and Sustainable Development in Central Zagros*, 1-7. (In Persian)

Baniadadi, M. & Palouch, M. (2020). Designing the optimal governance model of underground water resources at the level of the watershed, Erzuye watershed-Kerman Province. *Watershed Engineering and Management*, 12(2), 514-525.

Bayat, R., Gerami, Z., Arsbkhedri, M., Payravan, H.R. & Kazemi, R. (2021). Investigating the status of some watershed assessment indicators and prioritizing sub-basins from the perspective of erosion reduction (case study: Karkheh watershed). *Journal of Watershed Management*, 12(23), 108-118.

Caruso, G.D. (2017). The legacy of natural disasters: The intergenerational impact of 100 years of disasters in Latin America. *The Journal of Development Economics*. 127, 209–233.

General Department of Natural Resources and Watershed of South Khorasan. (2010).

Gholamrezaei, S., Arshia, A. & Ghorbani Nejad, S. (2016). The mechanism of implementation of comprehensive participatory watershed management. In *11th National Meeting of Watershed Sciences and Engineering of Iran*. 30-34. (In Persian)

Ghorbani, M., Salimi Khochi, J. Ebrahimi, P. & Rasekhi, S. (2019). The application of network analysis in identifying the key actors of the network of local stakeholders in order to establish cooperative management of natural resources (Study area: Sarayan watershed, South Khorasan Province. *Journal of Rangeland and Watershed Management*, 1(72), 213-226. (In Persian)

Gordon, S., Wagner, T., Smalling, K. & Devereux, O. (2023). Estrogenic activity response to best management practice implementation in agricultural watersheds in the Chesapeake Bay watershed. *Journal of Environmental Management*, 326, 116734.

Hardy, S. D. (2022). Power to the people: Collaborative watershed management in the Cuyahoga River Area of Concern (AOC). *Environmental Science & Policy*, 129, 79-86.

Hassani, H. & Maleki, M. (2020). Economic and social analysis of the effects of watershed operations on watershed residents (case study: Hassan Abdal watershed, Zanjan Province). *Scientific-Research Watershed Management Research paper*, 11(21), 143-153. (In Persian)

Hazbavi, Z., Sadeghi, S.H.R. & Gholamalifard, M. (2019). Dynamic analysis of soil erosion-based watershed health. *Geography, Environment, Sustainability*, 12(3): 43-59.

Jaihooni naeini, H., Najafinejad, A. Sadoddin, A. & Omidvar, A. (2021). Determining the effective factors on the participation of watershed residents in watershed management projects and analyzing their relationship (case study: Nain Big River Basin, Isfahan Province). *Journal of Comprehensive Management of Watersheds*, 2(2), 16-30. (In Persian).

Khan, A. A., Luo, J., Safi, A., Khan, S. U. & Ali, M. A. S. (2022). What determines volatility in natural resources? Evaluating the role of political risk index. *Resources Policy*, 75, 102540.

Ladoni, A., PoorAhmad, A. Ziyari, K.A. Farhoodi, R. & Zanganeh Shahraki, S. (2021). Integrated management of coastal areas with a good governance approach (case example of Kish Island). *Applied Research Journal of Geographical Sciences*, 23(68), 259–277. (In Persian)

Lei, W. & Yang, J. (2022). Does economic, political, and financial risk cause volatility in natural resources? Comparative study of China and Brazil. *Resources Policy*, 77, 102709.

Maddah, M., Nejad, A. H. G. & Sargolzaee, M. (2022). Natural resources, political competition, and economic growth: An empirical evidence from dynamic panel threshold kink analysis in Iranian provinces. *Resources Policy*, 78, 102928.

Mahmoodi, J., Lotfi, SH. & Mahdavi, S.K. (2017). The role of local knowledge in the protection, restoration and sustainable use of pasture in Khortab Rudbar basin, Noor city. *Journal of Watershed Research (Research and Development).* 30 (116), 53–60. (In Persian)

Matsushita, K., Hori, M., Yamane, F. & Asano, K. (2023). Incorporating traditional ecological knowledge into holistic watershed management: Fishery forests in Japan. *Ecological Economics*, 204, 107654.

Mehdi Karami, SH., Rajabi, M. Azadi Rymehah, A. & Ahmadi, A. (2019). The effect of education on culture building and improving the attitude of first secondary students Regarding the importance and conservation of natural resources (case study: Khorramabad city). *Environmental Science and Technology*, 21(6), 259-270. (In Persian)

Mesbah, S.H., Hosaini Marandi, M. & Rahbar, GHh. (2009). Indigenous knowledge of watershed management in arid and semi-arid regions (case study of Fars Province). *Iran National Watershed Science and Engineering Conference*. 1-8. (In Persian)

Mohammadlou, M., Sadoddin, A. & Mohamandi, M. (2020). The role of religious teachings and institutions in the comprehensive management of watersheds and providing solutions. *Scientific Quarterly Journal of Iranian Islamic Development Model Studies*, 8(2), 394–430.

Mosaffaei, J., Salehpoorjam, A. & Soltani, M.J. (2020). Identifying and prioritizing factors affecting the non-participation of rural communities in watershed management projects in the Nirij watershed. *Watershed Management Research paper*, 11(22), 121-131.

Motavali, H.A., Rezaei, A.R. Hejazi, y. & Elmbaygi, A. (2021). Analysis of the policy network in the participatory management of natural resources (a case study of the Hable Rood watershed. *Economic Research and Agricultural Development of Iran*,

Namvar, A. & Namvar, S. (2016). Problems and legal loopholes in natural resources laws. *The 1st National Green Rights Conference with An Emphasis on Environmental Challenges. Gorgan*. (In Persian)

Newaz, M. W. & Rahman, M. S. (2022). Politics of decentralization and management of natural resources: An institutional analysis of commons in northeast Bangladesh. *Environmental Development*, 44, 100740.

Noormohamadi, S., Tajbakhsh Fakhrabadi, S.M. & Mehri, M. (2016). The role of participation in comprehensive watershed management, *the 11th National Conference on Watershed Science and Engineering of Iran*. 1-6. (In Persian)

Rabet, A.R., Rostamizad, GH. & Poorjam, A.S. (2021). Investigating the barriers to the participation of local communities in the process of implementing watershed and natural resources projects (Arpachai watershed, Zanjan Province). *Watershed Engineering and Management*. 1, 1-15. (In Persian)

Rahimzadeh, H. & Charmchiyan Langroodi, M. (2019). The role of villagers' attitude towards watershed management projects on their participation (case study of Kiasar watershed). *Rural Development Strategies Quarterly.* 6(1), 75–87. (In Persian)

Sadeghi, S.H.R., Khaledi Darvishan, A. Vafakhah, M., Moradi Rekabdarkalaei, H.R. & Nasiri Khiyavi, A. (2021). Comprehensive and problem-oriented

watershed management using strategic planning framework. *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*, 15(52), 63-66. (In Persian)

Sadeghi, S.H.R., Sharifi Moghadam, A. & Mohseni Saravi, M. (2019). *New Approaches in Applied Watershed Management.*

Sadoddin, A., Shahabi, M. & Bay, M. (2017). Assessment and comprehensive management of watersheds, principles and approaches of modeling and decision-making .*Publications of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 1–180.

Sadoddin, A., Najafinejad A., Asadi Nilvan. O. & By. M. (2019). Comparison of Iran's water resources comprehensive plan with international principles of comprehensive water resources management. *The 14th National Conference of Iran Watershed Science and Engineering.*

Shamsaei, M., Mehrjou, M. & Bakhshi pour, O. (2007). The role of participation in comprehensive watershed management. *Conference on Organization Resource Planning Systems*). (In Persian)

Tavakoli, M., Fathizad, H. & Hamidiyan. M. (2020). Preparation of strategic document for comprehensive watershed management using SWOT and QSPM model. Case study: (Mimeh watershed, Ilam Province). *Research Paper on Watershed Management (scientific-research).*12(24), 13-27. (In Persian)

Teka, K., Haftu, M., Ostwald, M. & Cederberg, C. (2020). Can integrated watershed management reduce soil erosion and improve livelihoods? A study from northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 8(3), 266-276.

Thapa, P. S., Chaudhary, S. & Dasgupta, P. (2022). Contribution of integrated watershed management (IWM) to disaster risk reduction and community development: Lessons from Nepal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 76, 103029.

Wang, J., Zhou, W. & Guan, Y. (2022a). Optimization of management by analyzing ecosystem service value variations in different watersheds in the Three-River Headwaters Basin. *Journal of Environmental Management*, 321, 115956.

Wang, S., Wang, Y., Wang, Y. & Wang, Z. (2022b). Comparison of multi-objective evolutionary algorithms applied to watershed management problem. *Journal of Environmental Management*, 324, 116255.

Zainalipoor M. & Fakhari, R. (2016). Evaluating the experiences of primary education teachers in order to create an effective culture and attitude Protection of the environment and natural resources (quality assurance). *The Quarterly Magazine of Teacher Education of Faqor*, 2(2), 87-100. (In Persian)

Zarin, H., Shahahmadi, Z. & MohammadI, H. (2008). The necessity of comprehensive management of water and soil resources in the country's watersheds in 2008. *The 1st International Conference on the Esfand Water Crisis*. 1-9. (In Persian)

Karimi Sangchini, A., Ownegh, M., Sadoddin, A., Zarghami, M. & Vayskarami, A. (2021). Developing a Model for the Integrated Management of Water and Soil Resources in the Hableh-Rud River Basin Using the System Dynamics Approach. *Journal of Watershed Management Research*, 12(23), 119-129. (In Persian).

Integrated Watershed Management, winter, 2023, 2(4), 17-35 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.1972373.1049 **Online ISSN: 2783-4581**

Spatiotemporal variation of meteorological drought, Case study: Kohgilooyeh and Boyer Ahmad

Homa Razmkhah[*1], Eshagh Rostami[2], Amin Rostami Ravari[1], Alireza Fararoie[1]

1- Assistant professor, Department of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran

2- M Sc. Graduated, Department of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran

*** Corresponding author**: Homa Razmkhah@gmail.com

(Received: 14 November 2022 Revised: 16 December 2022 Accepted: 04 January 2023)

Extended Abstract

Introduction: Monitoring meteorological drought, as the base of other droughts, is of paramount importance in water resources management. Kohgilooyeh and Boyer Ahmad geographical location is in the western south of Iran. Since Karoun, Maroun and Zohreh, as three important rivers, originate in the upstream of this province, assessment of drought seems to be necessary for the region. This study aims to evaluate the spatial and temporal variation of meteorological drought of the province using Standard Precipitation Index (SPI) index.

Materials and methods: To do this, SPI of 1, 3, 9, 12, 24, and 48-month timescale intervals for each station was calculated. Then statistical properties of SPI with different intervals were computed and time series of the SPIs in all of the stations were prepared and visualized. Finally, spatial maps of the SPIs were prepared and evaluated.

Results and Discussion: Assessment of statistical properties of SPI in different intervals showed that in all of the 14 stations, wet and dry periods have happened, in such a way that their occurrence was frequent in a short period of time. The location (stations) of the most severe drought and wet periods with different intervals was also determined. Results showed that not only drought trend is different in the stations, but also at one station differs in various time scales. The spatial map of province drought showed that 1, 3 and 6-month drought intensity in western regions of the province is lower than the eastern regions. The intensity of drought in western regions, and drought extent, increases as SPI time scale varies from low to high. In most of the stations, frequency and intensity of droughts decrease with time scale increasing. In the evaluated duration, 1 and 3-month drought intensity is decreasing, 9 and 12 months is increasing, and 24 and 48-month droughts are going to initiated. Short-time drought assessment (1, 3, 6 and 9 months) showed that in the Darshahi, Chitab, and Ghalea Reaisy stations, deeper short times drought events have occurred. Long-time drought (12, 24 and 48 months) assessment showed continuous and long drought events in the region.

Conclusions: Kohgilooyeh and Boyer Ahmad is affected by short and long-time meteorological drought in different regions, which could be an alarm for Karoun, Maroun and Zohreh rivers stakeholders. Spatial SPI maps with different intervals could be used for forecasting meteorological drought for the agriculture uses, and also livestock and industrial location selection.

Keywords: Meteorological drought, Spatial map, SPI index.

Citation: Razmkhah, H., Rostami, E., Rostami Ravari, A., & Fararouie, A. (2023). Spatiotemporal variation of meteorological drought, Case study: Kohgilooyeh and Boyer Ahmad. *Integrated Watershed Management*, 2 (4), 17-35. doi: 10.22034/iwm.2023.1972373.1049

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات (۳۵-۱۷) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.1972373.1049

بررسی تغییرات زمانی و مکانی خشک‌سالی هواشناسی، مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد

هما رزمخواه[1*]، اسحاق رستمی[2]، امین رستمی راوری[1]، علیرضا فراروی[1]

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

۲- دانش‌آموخته گروه علوم و مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

*نویسنده مسئول: Homarazmkhah@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴)

چکیده

پایش خشک‌سالی هواشناسی که اساس همه خشک‌سالی‌ها است، دارای اهمیت زیادی در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب است. استان کهگیلویه و بویر احمد در جنوب غربی ایران واقع است. با توجه به وجود سرشاخه‌های سه رودخانه مهم کشور همچون کارون، مارون و زهره در این استان، بررسی خشک‌سالی در این منطقه امری ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور ابتدا شاخص‌های SPI یک، سه، شش، نه، دوازده، بیست‌وچهار و چهل‌وهشت ماهه خشک‌سالی استان محاسبه شد. سپس سری زمانی شاخص‌ها و نقشه‌های پهنه‌بندی بررسی گردید. خصوصیات آماری SPI نشان داد که در هر ۱۴ ایستگاه، دوره‌های خشک و مرطوب به وقوع پیوسته، به‌طوری‌که در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت وقوع خشک‌سالی و ترسالی متناوب بوده است. همچنین محل (ایستگاه‌های) وقوع شدیدترین و طولانی‌ترین خشک‌سالی و ترسالی‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف تعیین گردید. نتایج نشان داد که روند تغییرات خشک‌سالی نه‌تنها در مناطق مختلف، بلکه در یک ایستگاه نیز در مقیاس‌های زمانی مختلف متفاوت است. نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی استان نشان داد که با افزایش مقیاس زمانی SPI وسعت خشک‌سالی شدید، بیشتر می‌شود. شدت خشک‌سالی‌های ۱، ۳ و ۶ ماهه در مناطق غربی استان کمتر و در نیمه شرقی بیشتر است. با افزایش مقیاس در قسمت‌های غربی نیز شدت‌های خشک‌سالی بیشتری مشاهده می‌شود. در غالب ایستگاه‌ها با افزایش مقیاس زمانی، از فراوانی وقوع و شدت خشک‌سالی و ترسالی‌ها کاسته می‌شود. در بازه زمانی موردبررسی باگذشت زمان شدت خشک‌سالی‌های ۱ و ۳ ماهه کاهش و شدت ۹ و ۱۲ ماهه افزایش‌یافته است. خشک‌سالی‌های ۲۴ و ۴۸ ماهه نیز رو به آغاز است. تحلیل کلی کوتاه‌مدت خشک‌سالی (۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه) نشان داد که در ایستگاه‌های پرباران دارشاهی، چیتاب و قلعه رئیسی خشک‌سالی‌های کوتاه‌مدت عمیق‌تری رخ‌داده است. در تحلیل خشک‌سالی بلندمدت (۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) نتایج دال بر وقوع خشک‌سالی‌های ممتد است که اعلام هشداری برای بهره‌برداران رودخانه‌ها است. از نقشه‌های پهنه‌بندی SPI در بازه‌های زمانی مختلف می‌توان جهت برنامه‌ریزی تأمین آب کشاورزی، همچنین انتخاب مکان مناسب برای تأسیس دامداری و دیگر صنایع کوچک و بزرگ در منطقه بهره برد.

واژه‌های کلیدی: خشک‌سالی، شاخص استاندارد بارش SPI، نقشه پهنه‌بندی مکانی.

استناد: رزمخواه، ه.، رستمی، ا.، رستمی راوری، ا؛ و فراورویی، ع. (۱۴۰۱). بررسی تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی هواشناسی، مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، (۴)۲، ۳۵-۱۷.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

خشک‌سالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دما است که در هر اقلیمی ممکن است رخ دهد. خشک‌سالی به‌عنوان پدیده‌ای خزنده توصیف می‌شود و برخلاف سیل و بارندگی، توصیف زمانی و مکانی آن بسیار مشکل است. خشک‌سالی در میان بلایای طبیعی ازجمله وقایعی است که جهانی شکل‌گرفته و منطقه‌ای عمل می‌کند. غالباً سرمایه‌گذاری برای شناسایی و پایش آن، جز در کشورهای پیشرفته به‌طور محدود و در مواقع وقوع انجام‌گرفته و با ریزش اولین بارش پس از خشکی به فراموشی سپرده می‌شود (Matalas, 1991).

شاخص بارش استاندارد[1] SPI یکی از شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی است که در سال ۱۹۹۳ توسط Mckee و همکاران به‌منظور تعریف و پایش خشک‌سالی و تعیین کمبود بارش برای مقیاس‌های زمانی ۳،۶،۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه توسعه داده شد. مرکز ملی تعدیل خشک‌سالی ایالت متحده به‌منظور پایش خشک‌سالی و شرایط ذخیره رطوبت خاک از شاخص بارش استانداردشده استفاده می‌نمایند. تداوم و شدت دو ویژگی اولیه و بزرگی ویژگی ثانویه خشک‌سالی است. نحوه تعیین خصوصیات خشک سالی در Razmkhah (۲۰۱۶) آورده شده است. Farajzadeh (۱۹۹۷) با استفاده از شاخص در صد نرمال به بررسی ویژگی‌های عمومی دوره‌های خشک کشور پرداخت. نتایج نشان داد که وقایع با حداکثر فراوانی، از گستردگی بیشتری برخوردارند و هرچه از بخش‌های جنوبی و مرکزی کشور فاصله گرفته می‌شود از شدت دوره‌های خشک کاسته می‌گردد. در پرتقال به‌منظور تحلیل خشک‌سالی‌ها نقشه‌های پهنه‌بندی خشک سالی و منحنی‌های شدت، مساحت و فراوانی خشک‌سالی ترسیم شد (Henriques & Santos, 1999). در تحقیق دیگری رابطه فراوانی و تداوم خشک‌سالی‌های اروپا در مقیاس‌های زمانی مختلف مطالعه و نتیجه حاصله مبنی بر آن بود که در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت فراوانی خشک‌سالی و در مقیاس زمانی درازمدت تداوم خشک‌سالی‌ها بیشتر است (Benjamin & Saunders, 2002).

Zarea Abyaneh و همکاران (۲۰۰۴) روند خشک سالی هوا شناسی سالیانه و فصلی همدان را با شاخص‌های آستانه ۶۰٪، درصد نرمال، استاندارد بارش، انحراف از میانگین، کلاسه‌بندی دامنه بارش و دهک‌ها بررسی نمودند. نتایج نشان داد که خشک‌سالی به‌صورت سالیانه و گاهی فصلی رخداده است. محققان دیگری برای پیش‌بینی خشک‌سالی از مدل‌های احتمالاتی خطی مانند ARIMA, SARIMA سری زمانی شاخص بارش استاندارد شده SPI استفاده نمودند. نتایج نشان داد که مدل‌های آماری نتایج خوبی ازنظر پیش‌بینی کوتاه‌مدت خشک‌سالی (تا ۲ ماه) دارد (Mishra & Desai, 2005). در بررسی خشک‌سالی آب زیرزمینی در استرالیا محققین نشان دادند که غالباً بین شاخص SPI و سطح آب زیرزمینی ارتباط قوی وجود دارد (Khan *et al.*, 2008). Razmkhah و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی تغییرات منطقه‌ای بارش سالانه با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آماری در استان فارس پرداختند. ارزیابی ۶ مدل کریجینگ برازش داده‌شده، مدل گوسی کریجینگ را دامنه ۲۰۰ کیلومتر را به‌عنوان بهترین الگو جهت درون‌یابی میانگین بارش سالانه شناخت.

Razmkhah و Saghafian (۲۰۱۱) به بررسی خشک‌سالی در استان فارس با استفاده از SPI پرداختند. نتایج نشان داد که در اکثر نقاط استان وضعیت خشک‌سالی متوسط تا شدید بوده، در قسمت‌های

1. Standardized Precipitation Index (SPI)

مرکزی شدت بیشتری دارد؛ لذا قسمت‌های مرکزی نسبت به سایر بخش‌ها در معرض آسیب‌پذیری بیشتری قرار دارد. Moradi و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی مشخصه‌های شدت، مدت، فراوانی و وسعت خشک‌سالی هواشناسی در استان فارس پرداختند. به این منظور شاخص SPI سه، شش، دوازده، بیست‌وچهار و چهل‌وهشت ماهه در ۲۶ ایستگاه بررسی شد. نتایج نشان داد که شدیدترین خشک‌سالی در ایستگاه گزوون و طولانی‌ترین آن در پل‌خان رخ‌داده است. دو مشخصه استمرار و فراوانی در دو ایستگاه دار شاهی و جهرم رخ داده است. همچنین خشک‌سالی در جنوب استان شدیدتر و طولانی‌تر از سایر نقاط است.

Razmkhah و Safi (۲۰۱۲) به تحلیل خشک‌سالی‌های هیدرولوژیک رودخانه کر پرداختند. بدین منظور آمار ۳۱ ساله بررسی، حد آستانه تئوری ران برابر با ۷۵٪ دبی میانگین لحاظ و خصوصیات دوره‌های خشک‌سالی استخراج گردید. Zamani و همکاران (۲۰۱۲) به پهنه‌بندی خشک‌سالی در استان فارس با استفاده از روش‌های کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده و عکس فاصله و شاخص‌های خشک‌سالی ناهنجاری بارش و دهک بارش پرداخت. نتایج نشان داد که در پهنه‌بندی با شاخص دهک بارش، روش کریجینگ معمولی مناسب‌ترین روش درون‌یابی است. Beheshtirad (۲۰۱۵) به بررسی تغییرات مکانی خشک‌سالی با روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و معکوس فاصله و شاخص توزیع استاندارد در استان کرمان پرداخت. نتایج روش کریجینگ را مناسب‌ترین روش درون‌یابی شناخت. مطالعات بسیاری نیز به بررسی خصوصیات خشک‌سالی ازجمله مقدار، شدت و مدت آن با استفاده از تئوری چندمتغیره، منحنی‌های SDF پرداخته‌اند. به‌طور نمونه Razmkhah (۲۰۱۶) به تهیه منحنی‌های SDF خشک‌سالی هیدرولوژیکی حوزه آبریز رودزرد با استفاده از تئوری ران پرداخت. نتایج نشانگر یکسان بودن روند افزایش و کاهش مدت و حجم خشک‌سالی بود. Razmkhah (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر حدود آستانه ۷۰ و ۹۰٪ بر منحنی SDF خشک‌سالی هیدرولوژیک حاصله پرداخت. نتایج بیانگر یکسان بودن روند افزایش و کاهش مدت و حجم خشک‌سالی‌ها در هر دو آستانه بود، هرچند خصوصیات خشک‌سالی محاسبه‌شده در آستانه‌ها متفاوت بود.

Mesbahzadeh و Soleimani Sardoo (۲۰۱۸) به بررسی روند زمانی خشک‌سالی هیدرولوژیک و هواشناسی با استفاده از SPI و شاخص جریانات رودخانه‌ای SDI در حوزه کرخه پرداختند. نتایج نشان داد وقوع خشک‌سالی در منطقه، اثر خود را با تأخیر ۱ تا ۲ ماه بر آب سطحی نشان داد.

Subedi و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی روش‌های زمین‌آمار جهت آنالیز تغییرات زمانی و مکانی خشک‌سالی در شرق تگزاس پرداختند. IDW و کریجینگ مناسب‌ترین مدل‌ها شناخته شدند. Zandifar و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی روند زمانی و مکانی خشک‌سالی آب زیرزمینی حوزه زهره-جراحی با شاخص‌های GRI و SDI پرداختند. نتایج نشانگر وجود همبستگی بین GRI و SDI در بیشتر محدوده‌های مطالعاتی بود. غالباً تأثیر خشک‌سالی هیدرولوژیک بر آب زیرزمینی با تأخیر زمانی ۶ ماه تا ۱ سال صورت می‌گیرد. Janbozorgi و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تغییرات زمانی خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژی با SPI و SDI در مقیاس ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه پرداختند. نتایج نشان داد در سال‌های اخیر شدت خشک‌سالی‌ها افزایش‌یافته است.

Keshtkar و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی تکنیک‌های درون‌یابی IDW، کریجینگ و Splin و

RBF[1] به‌منظور آنالیز شدت خشک‌سالی در حوزه دریاچه نمک پرداختند. RBF و کریجینگ مناسب‌ترین روش‌ها برای درون‌یابی SPI شناخته شدند.

با توجه به این‌که شاخص خشک سالی هواشناسی SPI در غالب تحقیقات به‌عنوان شاخص برتر ارزیابی‌ها شناخته‌شده است، در این تحقیق مورداستفاده قرار گرفت. به‌منظور پایش خشک‌سالی استان کهگیلویه و بویراحمد مقادیر SPI یک، سه، شش، نه، دوازده، بیست‌وچهار و چهل‌وهشت ماهه محاسبه گردید و نمودار سری زمانی هر یک ترسیم و تغییرات زمانی شاخص‌های SPI های محاسبه‌شده تحلیل گردید. سپس نقشه پهنه‌بندی مکانی هر یک از شاخص‌ها با روش درون‌یابی زمین‌آماری کریجینگ ترسیم و تغییرات مکانی شاخص خشک سالی هواشناسی SPI در سطح استان موردبررسی قرار گرفت.

مبانی تحقیق

شاخص استاندارد بارش

ازآنجاکه کمبود بارندگی بر منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی، رطوبت خاک و جریان رودخانه‌ها مؤثر است، از نمایه SPI جهت بررسی خشک‌سالی هواشناسی که ناشی از کمبود بارش است، استفاده گردید. این شاخص به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل‌دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی و مکانی، به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین شاخص‌ها برای تحلیل خشک‌سالی شناخته می‌شود (Hayes *et al*, 1999). محاسبه SPI بر اساس آمار طولانی‌مدت بارندگی در دوره موردنظر استوار است. ابتدا داده‌های بارندگی بر یک توزیع احتمالی برازش داده‌شده، سپس به توزیع نرمال تبدیل می‌شود، به‌طوری‌که میانگین SPI برای دوره و منطقه موردنظر صفر شود. در این شرایط مقادیر مثبت SPI بالاتر از میانه و مقادیر منفی SPI پایین‌تر از میانه داده‌های بارندگی خواهد بود. چون SPI نرمالیزه شده است طبقه‌بندی خشک‌سالی و ترسالی ازنظر بازه تقسیم‌بندی متقارن است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که مناسب‌ترین تابع توزیع احتمال برای برازش داده‌های بارندگی، تابع توزیع گاما است (Mostafazadeh *et al*., 2015). ازاین‌رو نخستین مرحله محاسبه شاخص SPI برازش تابع توزیع احتمال گاما به داده‌های بارندگی ایستگاه است. سپس پارامترهای تابع توزیع برای مقیاس زمانی دلخواه برآورد می‌گردد. درنهایت تابع توزیع تجمعی مربوطه محاسبه و به یک تابع توزیع تجمعی نرمال جهت محاسبه SPI تبدیل می‌گردد. تابع توزیع گامای دو پارامتری به‌صورت رابطه ۱ است (Mckee *et al*., 1993):

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{\frac{-x}{\beta}}, \qquad x > 0 \qquad (۱)$$

که در آن α پارامتر شکل، β پارامتر مقیاس، $x > 0$ مقدار بارش در مقیاس زمانی مشخص و (α) تابع گاما است. تابع گاما به‌صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \qquad (۲)$$

تابع توزیع گاما دارای چولگی به راست بوده و حد پایینی آن صفر است. این توزیع بسیار شبیه توزیع فراوانی بارش است. پس از برازش تابع گاما بر داده‌های ایستگاه موردمطالعه، احتمال تجمعی برای هر رویداد بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف به‌صورت رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$G(X) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}}\Gamma(\hat{\alpha})} = \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{\frac{-\bar{x}}{\hat{\beta}}} dx \qquad (۳)$$

از آنجائی که تابع توزیع گاما در نقطه صفر تعریف‌نشده و مقادیر بارش ممکن است شامل داده صفر نیز باشند،

1. Radial Basic Function

لذا در این حالت احتمال تجمعی از رابطه ۴ محاسبه می‌گردد:

$$H(X) = q + (1-q)g(x) \qquad (۴)$$

که در آن q احتمال بارش ماهانه صفر است.

در مرحله بعد احتمال تجمعی $H(x)$ به متغیر نرمال استاندارد Z با میانگین صفر و واریانس ۱ تبدیل می‌گردد که برابر با شاخص SPI است. برای تبدیل احتمال تجمعی گاما به متغیر نرمال استاندارد از روش‌های متعددی استفاده می‌شود. در این مطالعه جهت تبدیل احتمال تجمعی به متغیر نرمال استاندارد از روش پیشنهادی Abramowitz و Stegun (۱۹۶۵) استفاده گردید (روابط ۵ و ۶):

$$Z = SPI = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), \quad for \quad 0 < H(x) \le 0.5 \qquad (۵)$$

$$Z = SPI = +\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), \quad for \quad 0.5 < H(x) \le 1 \qquad (۶)$$

که در آن

$$t = \sqrt{ln\left[\frac{1}{(H(x))^2}\right]}, \qquad for \quad 0 < H(x) \le 0.5 \qquad (۷)$$

$$t = \sqrt{ln\left[\frac{1}{(1-H(x))^2}\right]}, \qquad for \quad 0.5 < H(x) \le 1 \qquad (۸)$$

در روابط فوق مقادیر زیر صادق است:

$$c_o = 2.515517, c_1 = 0.802853$$
$$c_2 = 0.010308, d_1 = 1.432788$$
$$d_2 = 0.189269, d_3 = 0.001308$$

خشک‌سالی زمانی به وقوع می‌پیوندد که شاخص SPI به‌طور مداوم منفی باشد و شدت آن به ۱- یا کمتر برسد و زمانی که SPI مثبت گردد، تمام می‌شود؛ بنابراین هر رویداد دارای یک دوره زمانی است که به‌وسیله شروع و خاتمه آن تعریف می‌شود. شدت خشک‌سالی با توجه به مقادیر SPI مطابق جدول ۱ است (Mckee *et al*., 1995).

جدول ۱- وضعیت بارش بر اساس SPI

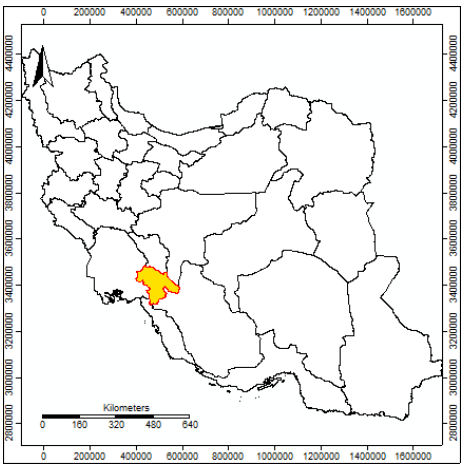
Table 1- Rainfall condition based on SPI

وضعیت خشک‌سالی	طبقات شاخص SPI
ترسالی بسیار شدید	بالاتر از 2
ترسالی شدید	1.5-1.99
ترسالی ملایم	1-1.49
نرمال	0-0.99
خشک‌سالی ضعیف	-0.99-0
خشک‌سالی متوسط	-1.49- -1
خشک‌سالی شدید	-1.99- -1.5
خشک‌سالی بسیار شدید	-2 و کمتر

روش تحقیق

منطقه موردمطالعه

استان کهگیلویه و بویر احمد از استان‌های پراهمیت ایران به لحاظ منابع آب، در دامنه‌های زاگرس واقع است. این استان ازنظر جغرافیایی در جنوب غربی ایران و در فاصله ″۹ °۳۰ تا ″۳۲ °۳۱ عرض شمالی و در فاصله ″۴۳ °۴۹ تا ″۰۰ °۵۱ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع گردیده است. این سرزمین کوهستانی و نسبتاً مرتفع است که کوه‌های زاگرس با رشته‌های موازی سراسر شمال آن را در برگرفته و در میان استان‌های فارس در شرق، اصفهان و چهارمحال بختیاری در شمال، خوزستان در غرب و بوشهر در جنوب محدودشده است. بلندترین نقطه استان قله دنا با ارتفاع ۴۴۰۹ متر و پست‌ترین ناحیه آن بیشتر به ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح دریا است. شکل ۱ موقعیت استان را در کشور نشان می‌دهد (Ghahremani, 2015).

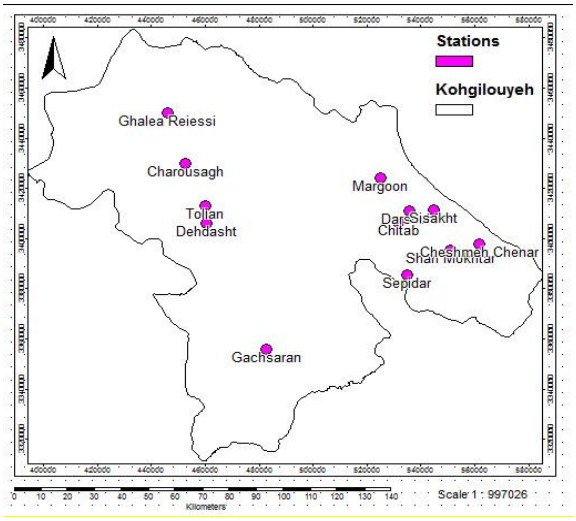


شکل ۱- موقعیت استان کهگیلویه و بویراحمد در کشور

Figure 1- Location of Kohgilouyeh and Boyer Ahmad province in Iran

ایستگاه‌های موردمطالعه و داده‌های تحقیق

برای انجام این تحقیق، داده‌های بارش ایستگاه-های سینوپتیک و باران‌سنجی منطقه در کل بازه زمانی موجود، با مراجعه به سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویر احمد، جمع‌آوری گردید. میانگین بارش ماهانه کل ایستگاه‌ها ۶۵/۱۱ میلی‌متر است. ایستگاه قلات با میانگین بارش ۱۱۵/۸۹ دارای بیشترین بارندگی و ایستگاه سفیدار با میانگین ۳۵/۴ کمترین بارش در بین ایستگاه‌های موردمطالعه می‌باشند. بیشترین نوسان به‌صورت انحراف معیار (برابر با ۲۲۵/۹۷) در ایستگاه قلات و کمترین نوسان (انحراف معیار ۶۹/۲۱) در ایستگاه تولیان مشاهده شد. همچنین حدوداً ۴۹ درصد از کل بارش در ایستگاه‌های قلات، دارشاهی، گچساران، قلعه رئیسی و چیتاب به وقوع پیوسته است، هرچند سایر ایستگاه‌ها نیز به‌تناسب خود مقدار قابل‌توجهی بارش را دارا هستند. در شکل ۲ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های موردبررسی نمایش داده‌شده است.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های موردبررسی در استان

Figure 2- The location of meteorological stations in the province

مراحل انجام تحقیق

الف- انتخاب پایه زمانی مشترک برای ایستگاه‌ها

مشکل همیشگی در تجزیه‌وتحلیل آمارهای منطقه وجود تعداد سال‌های آماری متفاوت برای ایستگاه‌هاست که مربوط به تأسیس آن‌ها در سال‌های مختلف است؛ بنابراین باید پایه زمانی مشترک و مناسبی برای ایستگاه-ها در نظر گرفت و سپس ایستگاه‌هایی که دارای سال‌های

فاقد آمار هستند را تکمیل نمود. در این پژوهش سعی شد تا بازه‌ای انتخاب شود که کمترین داده مفقودی را داشته باشد و تا حد ممکن از خطای بازسازی داده‌ها پرهیز شود (Rostami, 2013). به این دلیل شروع پایه زمانی برای همه ایستگاه‌ها مهر سال ۱۳۷۸ و پایان آن برای همه ایستگاه‌ها آذرماه سال ۱۳۸۸ انتخاب شد.

ب- آزمون‌های آماری برای بررسی صحت‌وسقم آمار

باوجود استانداردهای قرائت و ثبت داده‌های هیدرولوژی، قبل از تحلیل داده‌ها نیاز به کنترل یا اصلاح آن‌هاست تا از کیفیت و همچنین کامل بودن سری آماری اطمینان حاصل گردد. بدین منظور، از منحنی‌های جرم مضاعف و آزمون‌های ناپارامتریک استفاده می‌شود. این آزمون‌ها شامل چهار مرحله ذیل می‌باشند (Rostami, 2013).

- بررسی استقلال داده‌ها

دو واقعه می‌تواند مستقل فرض گردد اگر احتمال رخداد هر کدام از آن‌ها در رخداد واقعه دیگر غیر مؤثر باشد. در این تحقیق از آزمون ناپارامتریک اسپیرمن برای بررسی استقلال داده‌ها استفاده شد.

- بررسی روند در داده‌ها

روند زمانی هنگامی وجود دارد که بین آمارهای موجود و زمان یک ارتباط معنی‌دار، اعم از مثبت یا منفی وجود داشته باشد. روند یا عدم ثبات[1] معمولاً در اثر فعالیت‌های بشری همانند تغییر کاربری اراضی یا تغییرات آب و هوایی ایجاد می‌شود. در این تحقیق از آزمون ناپارامتریک اسپیرمن برای بررسی وجود روند در آمار استفاده شد (Rostami, 2013).

- بررسی تصادفی بودن داده‌ها

تصادفی بودن در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی بدین معناست که داده‌ها تنها متأثر از علل طبیعی باشند. در این تحقیق از آزمون ناپارامتریک ران تست برای بررسی تصادفی بودن آمار هر ایستگاه استفاده شد.

- بررسی همگنی[2] داده‌ها

همگنی بدین معناست که داده‌های موردنظر از یک جامعه آماری انتخاب‌شده باشند. برای کنترل همگنی آمار هر ایستگاه از آزمون من- ویتنی[3] استفاده شد.

ج- بازسازی داده‌های مفقودی

به‌منظور بازسازی داده‌های مفقود از روش گریدفیت[4] استفاده شد. گریدفیت یک ابزار قدرتمند مدل کردن سطح است که یک سطح را به یک سری از نقاط منظم (یا نامنظم) با مختصات $z(x,y)$ برازش می‌دهد.

د- محاسبه شاخص SPI در بازه‌های زمانی مختلف

ز- محاسبه خصوصیات آماری شاخص SPI در بازه‌های زمانی مختلف در هر ایستگاه

ه- تهیه نقشه‌های تغییرات مکانی شاخص SPI محاسبه شده در بازه‌های زمانی مختلف

ی- بررسی تغییرات زمانی شاخص SPI در بازه‌های زمانی مختلف

نتایج

خصوصیات آماری SPI ایستگاه‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف

به‌منظور پایش خشک‌سالی ابتدا شاخص SPI محاسبه گردید. به این منظور ابتدا میانگین متحرک‌های ۱،۳،۶،۹،۱۲،۲۴،۴۸ ماهه هر ایستگاه محاسبه گردید. سپس بر سری‌های میانگین متحرک هر ایستگاه توزیع

1. Non-stationarity

2. Homogeneity
3. Mann-Whitney
4. Grid Fit

گاما برازش داده شده، پارامترهای توزیع به دست آمد و شاخص SPI محاسبه گردید. جداول ۲ تا ۹ خصوصیات آماری SPI محاسبه شده ۱،۳،۶،۹،۱۲،۲۴،۴۸ ماهه ایستگاه‌های موردبررسی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود خشک‌سالی‌های خیلی شدید در کلیه مقیاس‌های زمانی در ایستگاه‌های تل چغا، قلعه رئیسی، چیتاب، تولیان، دارشاهی، چشمه چنار و قلات با فراوانی بسیار به وقوع پیوسته است. خشک‌سالی‌های شدید در مقیاس‌های زمانی ۱ و ۳ ماهه تنها در ایستگاه سی سخت رخ داده، ولی با افزایش مقیاس زمانی در ایستگاه‌های دیگر نیز با فراوانی بالا به چشم می‌خورد. طولانی‌ترین دوره خشک‌سالی بسیار شدید در کلیه مقیاس‌های زمانی به ترتیب در ایستگاه‌های دارشاهی و چیتاب به وقوع پیوسته است. بیشترین تعداد ترسالی‌های بسیار شدید در کلیه مقیاس‌های زمانی، در ایستگاه سپیدار رخ داده است. بیشترین فراوانی رخداد ترسالی‌های شدید ۱ ماهه در ایستگاه قلات، ۳ ماهه در سپیدار و چیتاب، ۶ ماهه در سپیدار و ۹ ماهه در دارشاهی، شاه مختار، تولیان و مارگون مشاهده می‌شود. ترسالی‌های شدید ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه در هیچ‌یک از ایستگاه‌ها رخ نداده است. بیشترین فراوانی شرایط بارش نرمال ۱ و ۳ ماهه در ایستگاه مارگون، ۶ ماهه در گچساران، ۹،۱۲ و ۲۴ ماهه در قلات و ۴۸ ماهه در گچساران، چاروساق، تولیان و مارگون مشاهده می‌شود.

جدول ۲- خصوصیات آماری SPI ۱ ماهه ایستگاه‌ها

Table 2- Statistical properties of SPI 1-Months of the stations

(SPI 1-Month) Station	Margoon	Talchogha	Ghalea Reiessi	Chitab	Tolian	Darshahi	Sisakht	Charousagh	Sepidar	Shah Mokhta	Dehdasht	Gachsaran	Cheshme Chenar h	Ghalat	min	max
min	-1.4	-2.1	-2.1	-2.5	-2.5	-2.5	-1.9	-1.3	-1.2	-1.3	-1.5	-1.3	-2.1	-2.5	-2.5	
max	2.9	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.2	2.0	2.1	1.8		2.2
ave	-0.2	-0.6	-0.6	-0.9	-0.8	-0.8	-0.5	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.6	-0.6	-0.9	-0.2
Numbe of Very Sever Wet Months	1	1	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	2
Number of Sever Wet Months	2	1	2	3	2	2	2	2	1	1	2	3	2	6	1	6
Number of Moderate Wet Months	11	8	11	9	8	10	10	9	10	13	8	10	10	4	4	13
Number of Normal Months	50	47	41	44	45	46	46	47	42	43	44	46	42	49	41	50
Number of Weak Drought Months	10	12	18	10	17	9	11	30	20	10	21	16	19	20	9	30
Number of Moderate Drought Months	49	0	0	0	0	0	0	34	48	55	47	47	0	1	0	55
Number of Sever Drought Months	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	53
Number of Very Sever Drought Months	0	54	50	57	50	55	0	0	0	0	0	0	49	43	0	57
Max Duration of Very sever Drought	0	6	6	7	6	8	0	0	0	0	0	0	5	4	0	8
Number of Drought Months	59	66	68	67	67	64	64	64	68	65	68	63	68	64	59	68
Number of Wet Months	14	10	14	12	11	13	13	12	13	15	11	14	13	10	10	15

جدول۳- خصوصیات آماری SPI ۳ ماهه ایستگاه‌ها

Table 3- Statistical properties of SPI 3-Months of the stations

(SPI 3-Month) Station	Margoon	Talchogha	Reiessi Ghalea	Chitab	Tolian	Darshahi	Sisakht	Charousagh	Sepidar	Mokhtar Shah	Dehdasht	Gachsaran	Cheshmeh Chenar	Ghalat	min	max
min	-1.4	-2.1	-2.1	-2.5	-2.5	-2.5	-1.9	-1.3	-1.2	-1.3	-1.5	-1.3	-2.1	-2.5	-2.5	
max	1.9	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.4		1.9
ave	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	-0.3	-0.1	-0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.1
Number of Very Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Sever Wet Months	3	2	2	5	3	4	3	4	5	4	4	4	3	0	0	5
Number of Moderate Wet Months	10	13	12	7	9	9	11	11	9	12	12	10	12	20	7	20
Number of Normal Months	55	45	48	51	54	47	49	48	51	47	45	53	48	40	40	55
Number of Weak Drought Months	21	21	18	19	14	26	18	33	32	26	28	25	16	29	14	33
Number of Moderate Drought Months	34	9	14	7	12	4	9	27	23	34	33	31	15	5	4	34
Number of Sever Drought Months	0	1	6	0	4	2	33	0	0	0	0	0	4	9	0	33
Number of Very Sever Drought Months	0	32	23	34	27	31	0	0	0	0	0	0	25	20	0	34
Max Duration of Very sever Drought	0	6	6	7	6	8	0	0	0	0	0	0	5	4	0	8

جدول ۴- خصوصیات آماری SPI ۶ ماهه ایستگاه‌ها

Table 4- Statistical properties of SPI 6-Months of the stations

(SPI 6-Month) Station	Margoon	Talchogha	Ghalea Reiessi	Chitab	Tolian	Darshahi	Sisakht	Charousagh	Sepidar	Shah Mokhtar	Dehdasht	Gachsaran	Cheshmeh Chenar	Ghalat	min	max
min	-1.4	-2.1	-2.1	-2.5	-2.5	-2.5	-1.9	-1.3	-1.2	-1.3	-1.5	-1.3	-2.1	-2.4	-2.5	
max	1.8	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.5	1.4	1.6	1.3		1.8
ave	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0.1
Number of Very Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Sever Wet Months	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	0	2	0	0	3
Number of Moderate Wet Months	17	14	14	15	15	15	16	20	19	17	21	17	18	8	8	21
Number of Normal Months	51	44	44	44	41	41	39	44	44	46	42	58	37	54	37	58
Number of Weak Drought Months	33	35	34	35	40	36	39	36	37	36	37	34	39	44	33	44
Number of Moderate Drought Months	19	8	10	8	6	10	7	21	20	21	22	14	9	9	6	22
Number of Sever Drought Months	0	11	9	10	8	8	18	0	0	0	0	0	12	2	0	18
Number of Very Sever Drought Months	0	9	10	9	11	11	0	0	0	0	0	0	6	6	0	11
Max Duration of Very sever Drought	0	6	6	7	6	8	0	0	0	0	0	0	5	4	0	8
Number of Drought Months	53	63	63	62	65	65	66	57	57	58	59	48	66	61	48	66
Number of Wet Months	19	16	16	17	17	17	18	22	22	19	22	17	20	8	8	22

جدول ۵- خصوصیات آماری SPI ۹ ماهه ایستگاه‌ها

Table 5- Statistical properties of SPI 9-Months of the stations

(SPI 9-Month) Station	Margoon	Talchogha	Ghalea Reiessi	Chitab	Tolian	Darshahi	Sisakht	Charousagh	Sepidar	Shah Mokhtar	Dehdasht	Gachsaran	Cheshmeh Chenar	Ghalat	min	max
min	-1.4	-2.1	-2.1	-2.5	-2.5	-2.5	-1.9	-1.3	-1.2	-1.3	-1.5	-1.3	-2.1	-2.5	-2.5	
max	1.7	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.4	1.5	1.6	1.2	1.3	1.5	1.1		1.7
ave	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1
Number of Very Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Sever Wet Months	5	4	4	3	5	5	0	0	4	5	0	0	0	0	0	5
Number of Moderate Wet Months	6	12	9	17	7	8	15	15	12	7	13	13	14	7	6	17
Number of Normal Months	47	44	49	32	43	40	41	50	43	52	49	47	42	62	32	62
Number of Weak Drought Months	55	38	40	49	49	50	50	45	54	41	51	53	43	30	30	55
Number of Moderate Drought Months	10	16	11	14	13	11	12	13	10	18	10	9	17	17	9	18
Number of Sever Drought Months	0	6	7	4	3	6	5	0	0	0	0	0	4	3	0	7
Number of Very Sever Drought Months	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	2	3	0	3
Max Duration of Very sever Drought	0	6	6	7	6	8	0	0	0	0	0	0	5	4	0	8
Number of Drought Months	65	63	61	71	68	70	67	58	64	59	61	63	67	54	54	71
Number of Wet Months	11	16	13	20	12	13	15	15	16	12	13	13	14	7	7	20

جدول ۶- خصوصیات آماری SPI ۱۲ ماهه ایستگاه‌ها

Table 6. Statistical properties of SPI 12-Months of the stations

(SPI 12-Month) Station	Margoon	Talchogha	Ghalea Reiessi	Chitab	Tolian	Darshahi	Sisakht	Charousagh	Sepidar	Shah Mokhtar	Dehdasht	Gachsaran	Cheshmeh Chenar	Ghalat	min	max
min	-1.4	-2.1	-2.1	-2.5	-2.5	-2.5	-1.9	-1.3	-1.2	-1.3	-1.5	-1.3	-2.1	-2.5	-2.5	
max	1.5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.4	1.4	1.2	1.2	1.3	0.8		1.5
ave	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1
Number of Very Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Moderate Wet Months	12	11	8	16	11	12	9	11	15	14	4	5	10	0	0	16
Number of Normal Months	59	56	62	39	50	55	60	62	58	57	68	61	60	81	39	81
Number of Weak Drought Months	37	35	35	51	38	32	39	34	43	36	40	52	29	16	16	52
Number of Moderate Drought Months	15	9	3	4	11	16	3	16	7	16	11	4	8	20	3	20
Number of Sever Drought Months	0	8	11	9	10	3	12	0	0	0	0	0	13	2	0	13
Number of Very Sever Drought Months	0	4	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	0	4
Max Duration of Very sever Drought	0	6	6	7	6	8	0	0	0	0	0	0	5	4	0	8
Number of Drought Months	52	56	53	68	62	56	54	50	50	52	51	57	53	42	42	68
Number of Wet Months	12	11	8	16	11	12	9	11	15	14	4	5	10	0	0	16

جدول ۷- خصوصیات آماری SPI ۲۴ ماهه ایستگاه‌ها

Table 7. Statistical properties of SPI 24-Months of the stations

(SPI 24-Month) Station	Margoon	Talchogha	Ghalea Reiessi	Chitab	Tolian	Darshahi	Sisakht	Charousagh	Sepidar	Shah Mokhtar	Dehdasht	Gachsaran	Cheshmeh Chenar	Ghalat	min	max
min	-1.4	-2.1	-2.1	-2.5	-2.5	-2.5	-1.9	-1.3	-1.2	-1.3	-1.5	-1.3	-2.1	-2.5	-2.5	
max	1.0	0.9	0.9	1.1	0.9	1.1	0.8	0.9	1	1.1	0.9	0.8	0.9	0.7		1.1
ave	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1
Number of Very Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Moderate Wet Months	7	0	0	4	0	8	0	0	1	8	0	0	0	0	0	8
Number of Normal Months	69	73	76	57	73	65	74	74	73	66	73	76	74	78	57	78
Number of Weak Drought Months	32	34	24	38	27	25	29	34	35	35	46	34	23	21	21	46
Number of Moderate Drought Months	15	2	9	9	9	11	9	15	14	14	4	13	12	10	2	15
Number of Sever Drought Months	0	9	10	9	1	1	11	0	0	0	0	0	10	11	0	11
Number of Very Sever Drought Months	0	5	4	4	13	12	0	0	0	0	0	0	4	3	0	13
Max Duration of Very sever Drought	0	6	6	7	6	8	0	0	0	0	0	0	5	4	0	8
Number of Drought Months	47	50	47	62	50	50	49	49	49	49	50	47	49	45	45	62
Number of Wet Months	7	0	0	4	0	8	0	0	1	8	0	0	0	0	0	8

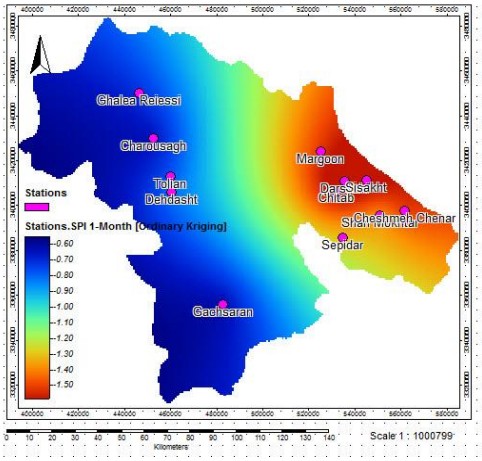
جدول ۸- خصوصیات آماری SPI ۴۸ ماهه ایستگاه‌ها

Table 8. Statistical properties of SPI 48-Months of the stations

(SPI 48-Month) Station	Margoon	Talchogha	Reiessi Ghalea	Chitab	Tolian	Darshahi	Sisakht	Charousagh	Sepidar	Mokhtar Shah	Dehdasht	Gachsaran	Cheshmeh Chenar	Ghalat	min	max
min	-1.4	-2.1	-2.1	-2.5	-2.5	-2.5	-1.9	-1.3	-1.2	-1.3	-1.5	-1.3	-2.1	-2.5	-2.5	
max	0.9	0.9	0.9	1.1	0.8	1.0	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	0.8	0.9	0.7		1.1
ave	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1
Number of Very Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Sever Wet Months	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Moderate Wet Months	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Number of Normal Months	85	83	84	62	85	73	84	85	84	81	84	85	72	82	62	85
Number of Weak Drought Months	12	12	13	25	12	24	14	12	13	16	25	24	25	17	12	25
Number of Moderate Drought Months	26	10	0	7	0	0	12	26	26	26	13	14	1	10	0	26
Number of Sever Drought Months	0	12	12	4	11	11	13	0	0	0	0	0	12	11	0	13
Number of Very Sever Drought Months	0	5	13	14	14	15	0	0	0	0	0	0	13	3	0	15
Max Duration of Very sever Drought	0	6	6	7	6	8	0	0	0	0	0	0	5	4	0	8
Number of Drought Months	38	40	39	51	38	50	39	38	39	42	39	38	51	41	38	51
Number of Wet Months	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10

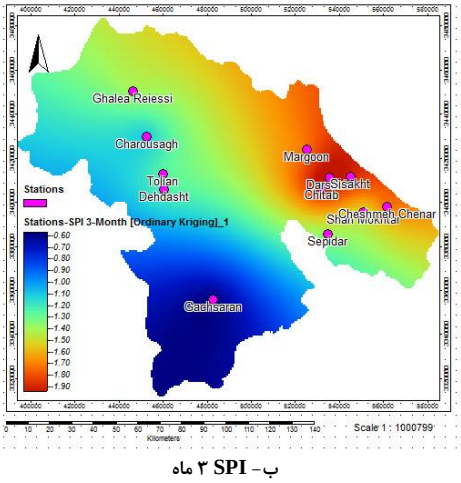
تغییرات مکانی SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف

تحقیقات نشان داده که روش زمین‌آماری درون‌یابی کریجینگ یکی از بهترین روش‌ها برای تهیه نقشه پهنه‌بندی بارش (Razmkhah *et al.*, 2009) و خشک‌سالی است (Keshtkar *et al.*, 2021; Beheshtirad, 2015). شکل ۳ نقشه تغییرات مکانی SPI محاسبه‌شده در مقیاس‌های ۱،۳،۶، ۹،۱۲،۲۴ و ۴۸ ماهه استان را که با استفاده از روش کریجینگ توسط نرم‌افزار SAGA-GIS تهیه شده است، نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش مقیاس SPI الگوی مکانی خشک‌سالی تا حدودی تغییر می‌کند، به‌طوری‌که وسعت خشک‌سالی شدید بیشتر می‌شود. شدت خشک‌سالی‌های ۱، ۳ و ۶ ماهه هواشناسی (SPI) در قسمت شرق و شمال شرق شدیدتر است و به سمت غرب و جنوب غرب کاهش می‌یابد. خشک‌سالی ۹ ماهه در قسمت‌های غرب و شمال غرب شدیدتر است و به سمت شرق کاهش می‌یابد. خشک‌سالی ۱۲ و ۲۴ ماهه در مناطق شرق و نیمه شمالی استان شدیدتر و در جنوب خفیف‌تر است. الگوی مکانی خشک‌سالی ۴۸ ماهه تقریباً مشابه به ۹ ماهه است، اما در نیمه غربی شدیدتر است و به سمت شرق کاهش می‌یابد. خشک‌سالی هواشناسی که با توجه به بارش‌ها در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه شده است نشانگر الگوی حاکم بر بارش در مناطق مختلف استان است. در بازه‌های زمانی ۱ تا ۹ ماه خشک‌سالی در مناطق غربی استان که به ارتفاعات زاگرس نزدیک‌تر است کمتر و در نیمه شرقی بیشتر است. با افزایش مقیاس خشک‌سالی در بازه‌های ۹ و ۴۸ ماه قسمت‌های غربی استان نیز خشک‌سالی با شدت‌های بیشتری مشاهده می‌شود که بیانگر الگوی زمانی بارش در بازه زمانی موردبررسی، در طولانی‌مدت است.



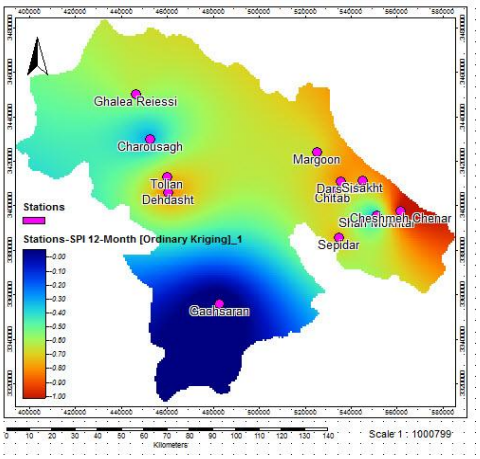
الف- SPI ۱ ماه

a- SPI 1-months



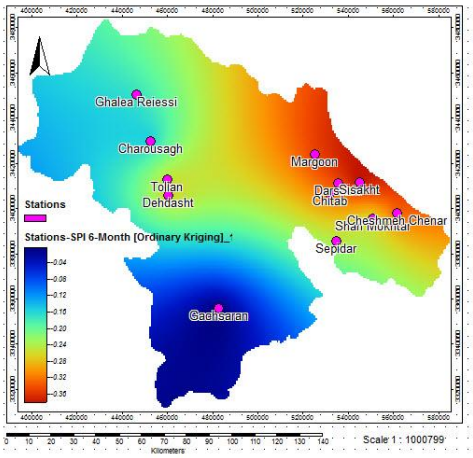
ب- SPI ۳ ماه

b- SPI 3-months



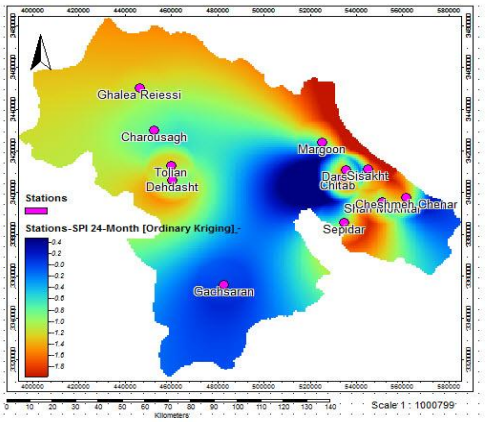
ر- SPI ۱۲ ماه

e- SPI 12-months



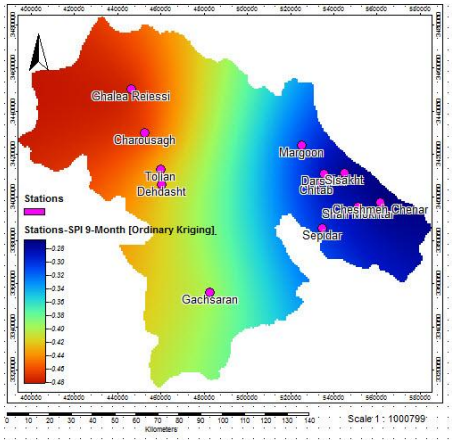
ج- SPI ۶ ماه

c- SPI 6-monts



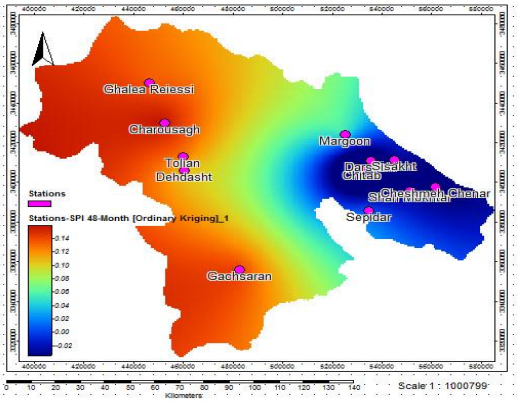
ه- SPI ۲۴ ماه

f- SPI 24-months



د- SPI ۹ ماه

d- SPI 9-months



ی- SPI ۴۸ ماه

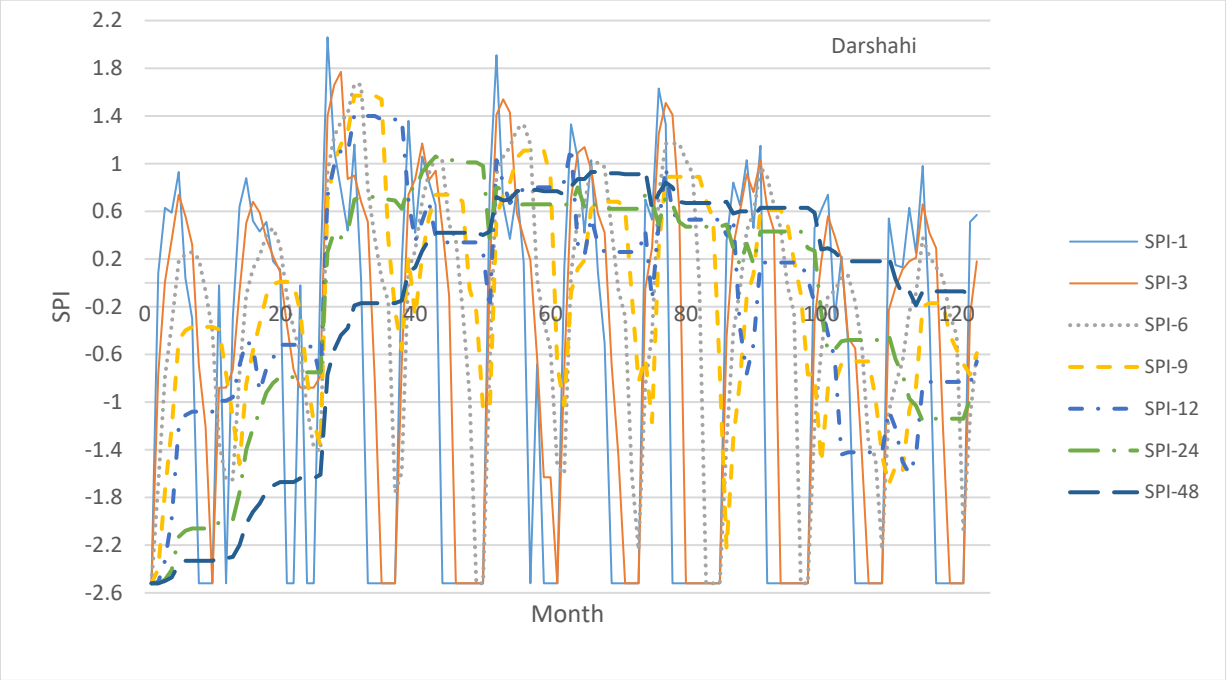
g- SPI 48-months

شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی شاخص خشک‌سالی SPI استان

Figure 3- Spatial variation of SPI in the province

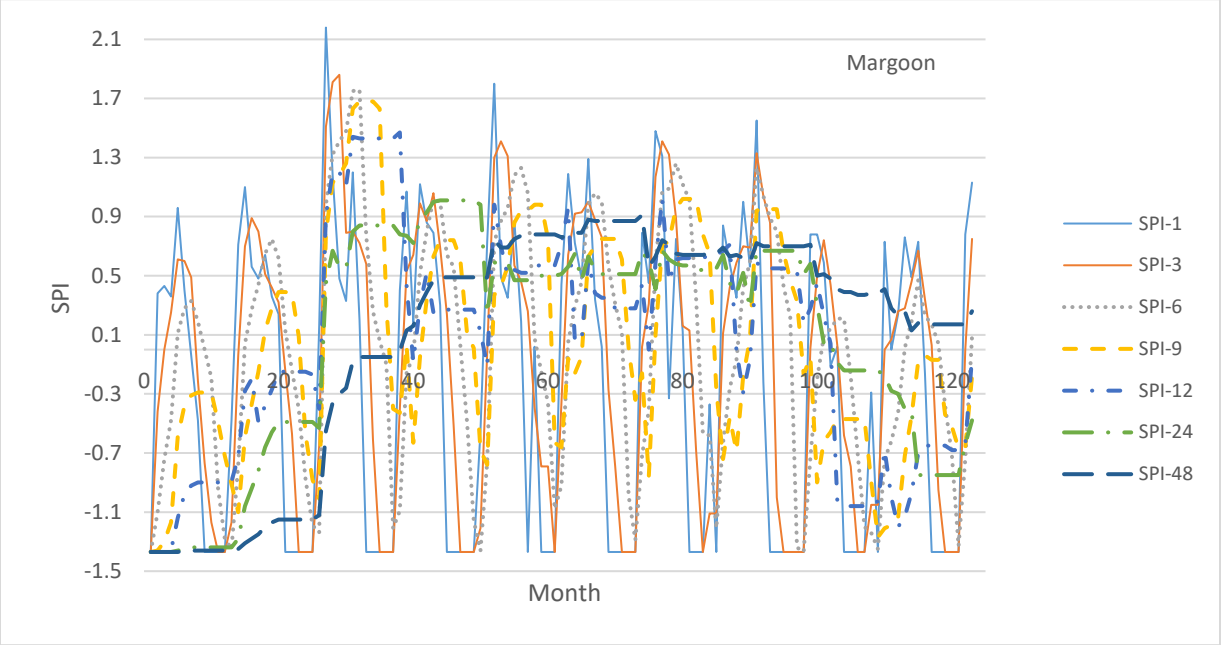
تغییرات زمانی SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف

شکل ۴ تغییرات زمانی SPI در مقیاس‌های زمانی مختلف را در ایستگاه دارشاهی (با طولانی‌ترین دوره خشک‌سالی بسیار شدید در کلیه مقیاس‌ها) و شکل ۵ تغییرات زمانی SPI را در ایستگاه مارگون (با بارش نرمال ۱ و ۳ ماهه) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر دو ایستگاه با افزایش مقیاس زمانی از فراوانی وقوع و شدت خشک‌سالی و ترسالی‌ها کاسته می‌شود. همچنین در بازه زمانی موردبررسی با گذشت زمان در هر دو ایستگاه شدت خشک‌سالی‌های ۱ و ۳ ماهه کاهش و شدت خشک‌سالی‌های ۹ و ۱۲ ماهه افزایش‌یافته است. در ایستگاه دارشاهی از شدت خشک‌سالی ۶ ماهه کاسته شده است. خشک‌سالی‌های ۲۴ و ۴۸ ماهه نیز در دو ایستگاه رو به آغاز است.



شکل ۴- تغییرات زمانی SPI در ایستگاه دارشاهی

Figure 4- Temporal variation of SPI in Darshahi station



شکل ۵- تغییرات زمانی SPI در ایستگاه مارگون

Figure 5- Temporal variation of SPI in Margoon station

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق شاخص خشک‌سالی هواشناسی SPI در مقیاس‌های زمانی ماهانه و چندماهه متحرک محاسبه شد و سری زمانی شاخص‌های محاسبه‌شده همراه با نقشه‌های پهنه‌بندی هریک مورد بررسی قرار گرفت. بررسی خصوصیات آماری شاخص SPI نشان داد که در هر ۱۴ ایستگاه دوره‌های خشک و مرطوب به وقوع پیوسته، به‌طوری‌که در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت وقوع خشک‌سالی و ترسالی متناوب بوده است. در هیچ‌یک از ایستگاه‌ها تنها وضعیت خشک‌سالی یا ترسالی حاکم نبوده است، یعنی هرساله باید انتظار وضعیت‌های متفاوت بارش را در مناطق مختلف استان داشت. همچنین محل (ایستگاه‌های) به وقوع پیوستن شدیدترین و طولانی‌ترین خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف تعیین شد، که می‌تواند جهت تعیین نقاط بحرانی استان برای برنامه‌ریزی کشت دیم و سایر مصارف دامداری، صنعتی و شرب مورد استفاده قرار گیرد. نرمال‌سازی با شاخص SPI امکان مقایسه و طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی و ترسالی را به وجود آورده که با نتایج Mehry و همکاران (۲۰۱۷) و Rostami (۲۰۱۳) مبنی بر توانایی SPI در طبقه‌بندی و مقایسه خشک‌سالی همخوانی دارد.

نتایج نشان داد که روند تغییرات خشک‌سالی نه‌تنها در مناطق مختلف استان متفاوت است، بلکه در مقیاس‌های زمانی متفاوت در یک ایستگاه نیز در مقیاس‌های زمانی مختلف متفاوت است، که با نتایج Mehry و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد. نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی استان نشان داد که با تغییر مقیاس SPI از کم به زیاد وسعت خشک‌سالی شدید بیشتر می‌شود. شدت خشک‌سالی‌های ۱، ۳ و ۶ ماهه هواشناسی (SPI) در قسمت شرق و شمال شرق شدیدتر است و به سمت غرب و جنوب غرب کاهش می‌یابد. خشک‌سالی ۹ ماهه در قسمت‌های غرب و شمال غرب شدیدتر است و به سمت شرق کاهش می‌یابد. خشک‌سالی ۱۲ و ۲۴ ماهه در مناطق شرق و نیمه شمالی استان شدیدتر و در جنوب

خفیف‌تر است. الگوی مکانی خشک‌سالی ۴۸ ماهه تقریباً مشابه به ۹ ماهه است، اما در نیمه غربی شدیدتر است و به سمت شرق کاهش می‌یابد. خشک‌سالی هواشناسی که با توجه به بارش‌ها در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه‌شده است نشانگر الگوی حاکم بر بارش در مناطق مختلف استان است. در بازه‌های زمانی ۱ تا ۹ ماه خشک‌سالی در مناطق غربی استان که به ارتفاعات زاگرس نزدیک‌تر است کمتر و در نیمه شرقی بیشتر است. با افزایش مقیاس خشک‌سالی در بازه‌های ۹ و ۴۸ ماه قسمت‌های غربی استان نیز خشک‌سالی با شدت‌های بیشتری مشاهده می‌شود که بیانگر الگوی زمانی بارش در بازه زمانی موردبررسی، در طولانی‌مدت است. با افزایش مقیاس زمانی، در قسمت‌های غربی استان نیز خشک‌سالی با شدت‌های بیشتری مشاهده می‌شود.

تغییرات زمانی SPI در مقیاس‌های مختلف نشان داد که در غالب ایستگاه‌ها با افزایش مقیاس زمانی از فراوانی وقوع و شدت خشک‌سالی و ترسالی‌ها کاسته می‌شود. همچنین در بازه زمانی موردبررسی با گذشت زمان شدت خشک‌سالی‌های ۱ و ۳ ماهه کاهش و شدت خشک‌سالی‌های ۹ و ۱۲ ماهه افزایش یافته است. خشک‌سالی‌های ۲۴ و ۴۸ ماهه نیز رو به آغاز است. تحلیل کلی کوتاه‌مدت خشک‌سالی (خشک‌سالی‌های ۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه) نشان داد که در ایستگاه‌های پرباران دارشاهی، چیتاب و قلعه رئیسی خشک‌سالی‌های کوتاه‌مدت عمیق‌تری رخداده است. در تحلیل خشک‌سالی‌های بلندمدت (خشک‌سالی‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) نیز نتایج دال بر وجود خشک‌سالی‌های ممتد و گاهی طولانی‌مدت خشک‌سالی است که اعلام هشداری برای بهره برداران رودخانه‌های کارون، مارون و زهره است. از نقشه‌های پهنه‌بندی SPI در بازه‌های زمانی مختلف می‌توان جهت برنامه‌ریزی تأمین آب کشاورزی، همچنین انتخاب مکان مناسب برای تأسیس دامداری و دیگر صنایع کوچک و بزرگ در منطقه بهره برد.

جهت ادامه کار می‌توان به بررسی سایر شاخص‌های خشک‌سالی ازجمله شاخص‌های خشک‌سالی هیدرولوژیک، آب‌های زیرزمینی و کشاورزی پرداخت و نتایج آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد. منطقه موردمطالعه به لحاظ منابع آب در استان و کشور دارای اهمیت ویژه‌ای است به همین دلیل توصیه می‌شود برای دستیابی به نتایج بهتر سناریوهای تغییر اقلیم در منطقه بررسی و نتایج در برنامه‌ریزی‌های بهره‌برداری از منابع آب به کار گرفته شود. این تحقیق با استفاده از اندازه‌گیری‌های زمینی انجام گرفت. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، شاخص‌های مربوط و نحوه رفتار آن‌ها در مقایسه با شاخص‌های زمینی موضوعی است که در ادامه قابل پیشنهاد است. نهایتاً و مهم‌ترین آن، پایش خشک‌سالی فرآیندی است فرابخشی. در ایران وزارتخانه‌های نیرو، جهادکشاورزی و کشور بخش‌هایی هستند که در مدیریت ریسک خشک‌سالی به‌طورجدی می‌توانند از این سیستم-ها استفاده جویند. برای حصول به یک سیستم پایش خشک‌سالی مطلوب، لازم است تا وزارتخانه‌های مزبور همراه با سازمان هواشناسی و دانشگاه‌ها به تعریف هماهنگی از خشک‌سالی برسند و عملیات اجرایی آن در مرکزی موردقبول این دستگاه‌ها برای کل کشور به انجام رسد.

Reference

Abramowitz, M. & Stegun, A. (1965). Handbook of Mathematical Formulas, Graphs, and Mathematical Tables. Dover Publications, Inc, New York, USA.

Beheshtirad, M. (2015). Investigation spatial variation of drought using geostatistics methods and Z index in Kerman province. *J Irrigation and Water Engineering*, 5(20), 118-130.

Benjamin, L. H. & Saunders, A. (2002). A drought climatology for Europe Int. *J. climatol*. 22, 1571-1592.

Farajzadeh, M. (1997). Drought study methods. Forest and Range, 32, 22-28 (In Persian).

Ghahremani, E. (2015). *Analysis of meteorological and hydrological drought in zohreh river basin*. M.S. Thesis, Water Science and Engineering, Islamic Azad University, Marvdasht branch, Marvdasht, Iran (In Persian).

Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A. & Vanyarkho, O. V. (1999). Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80, 429–438.

Henriques, A. G. & Santos, M. J. (1999). Regional drought distribution Model. *Phys, Chem, Earth*, 24(1-2), 19-22.

Janbozorgi, M., Hanifepour, M. & Khosravi, H. (2021). Temporal changes in meteorological-hydrological drought (case study: Guilan province). *Water and Soil Management and Modeling*, 1(2), 1-14 (In Persian).

Keshtkar, A.R., Moazami, N. & Afzali, A. (2021). Assessment of spatial interpolation techniques for drought severity analysis in Iran's Salt Lake Basin. *Desert,* 26(1), 85-97 (In Persian).

Khan, S., Gabriel, H.F. & Rana, T. (2008). Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on water tables in irrigation areas, Irrig Drainage Syst, 159–17.

Matalas, N. C. (1991). Drought description. Stochastic Hydrology and Hydraulics, 5, 255-260.

Mckee, T.B., Doesken, N.J. & Kleist, J. (1993). *The Relationship of drought Frequency and Duration to Time Scales*, 8th Conference on Applied Climatology, 179-184.

Mckee, B. T., Nolan, J. & Doesken, Kleist, J. (1995). *Drought monitoring with multiple timescales*, 9th Conference on Applied Climatology, Boston, Massachusett.

Mehry, S., Haji, K., Alizadeh, V. & Mostafazadeh, R. (2017). Assessment of spatial variations of meteorological drought periods severity in Kurdistan Province at different time scales. Geographical Data, 26(102), 151-162 (In Persian).

Mesbahzadeh, T. & Soleimani Sardoo, F. (2018). Temporal Trend Study of Hydrological and Meteorological Drought in Karkheh Watershed. Iran-Watershed Management Science and Engineering, 12(40), 105-114 (In Persian).

Mostafazadeh, R., Shahabi, M. & Zabihi, M. (2015). Analysis of meteorological drought using Triple Diagram Model in the Kurdistan Province, Iran. Geographical Planning of Space, 5(17), 129-140 (In Persian).

Mishra, A.K. & Desai, V.R. (2005). Drought Forecasting Using Stochastic Models, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment (SERRA), 19(5), 326-339.

Moradi, H. R., Rajabi, M. & Faragzadeh, M. (2011). Investigation of meteorological drought characteristics in Fars province, Iran, Catena 84, 35–4.

Razmkhah, H., Akhond Ali, A.M. & Saghafian, B. (2009). *Evaluation of yearly precipitation regional variation using Kriging geostatistical technique, case study: Fars Province*, The Second National Seminar on Drought Effects/Management, Esfahan (In Persian).

Razmkhah, H. & Safi, Z. (2012). *Analysis if Bakhtegan basin Hydrological drought*. 4th Iran Water Resources Management Conference, Tehran, Iran (In Persian).

Razmkhah, H. & Saghafian, B. (2011). *Assessing spatial variation of SPI 3-months, using geostatistic technique, case study: Fars Province*. 4th Iran Water Resources Management Conference, Tehran, Iran (In Persian).

Razmkhah, H. (2016). Preparing stream flow drought severity-duration-frequency curves using threshold level method, *Arabian J. of Geosciences*, 9, 513.

Razmkhah, H. (2017). Comparing threshold level

methods in development of stream flow drought severity-duration-frequency curves, Water Resources Management, 31, 4045–406.

Rostami, E. (2013). *Monitoring and prediction of hydrological drought in Kohgilouyeh and BoyerAhmad province, using meteorological drought indexes and Artificial Neural Networks*. M.S. Thesis, Water science and engineering, Islamic Azad University, Marvdasht branch, Marvdasht, Iran (In Persian).

Subedi, M.R., Xi, W., Edgar, Ch. B., Rideout-Hanzak, S. & Hedquist, B.C. (2019). Assessment of geostatistical methods for spatiotemporal analysis of drought patterns in East Texas, USA. *Spatial Information Research*: 27, 11–21.

Zamani, R., Akhondali, A.M., Solaimani, K., Ansari, F. & Allahbakhshian, P. (2012). Application of geostatistics in zone classification of drought severities (case study: Fars province). *J Watershed Management Research*, 3(6), pp. 15-29 (In Persian).

Zandifar, S., Fijani, E., Naeimi, M. & Khosroshahi, M. (2020). Spatiotemporal variations of groundwater drought indices, Case study: Zohreh- Jarrahi watershed. *Hydrogeology*, 4(2), 180-130 (In Persian).

Zarea Abyaneh, H., Mahboubi, A.A. & Neyshabouri, M.R. (2004). Evaluation of drought situation and its process in Hamadan region on the basis of drought statistical indexes. *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 17(3), 2-17 (In Persian).

Integrated Watershed Management, winter, 2023, 2(4), 36-48

Article Type: Research

doi: 10.22034/IWM.2023.1983474.1052

Online ISSN: 2783-4581

Evaluating the Implementation Success of the Plan to Stop Forest Exploitation in Northern Iran (Case Study: Guilan Province)

Mohammadreza Keshavarz[1], Soleiman Mohammadi Limaei[*2], Teymour Rostami Shahraji[2]

1- Ph.D. Candidate, Forest Sciences and Engineering-Forest Management,, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran.

2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran

*** Corresponding author**: s.m.lemaei20@gmail.com

(Received: 27 December 2022 Revise: 24 January 2023 Accepted: 06 February 2023)

Extended Abstract

Introduction: The concept of "breathing the forest" in Iran was first proposed by the Environmental Protection Organization in the early 80s. Specialists in biological sciences believe that by implementing this plan, the lost parts of the forests can be restored.They say that the forests of the north need a 10-year rest period during which the industrial exploitation of the forests in this area should be stopped and managed with full supervision. On the other hand, the opponents of this idea believe that abandoning the forest under any title is contrary to conservation. From the point of view of this group, the implementation of the plan to stop exploitation means the closure of forestry projects, while they believe that forestry projects are a tool for managing forest areas.

Materials and methods: The purpose of this research is to investigate whether the plan in question from the point of view of different stakeholders such as natural resources departments, environmental departments, and the forest dwellers have been successful or not after several years of the implementation of the plan to stop exploitation in the forests of the north of the country. In this research, data on the amount of wood smuggling, the number of land use changes and encroachment on forest areas, the number of fires, and also the amount of wood supply to the wood and paper industries of Gilan province during the two periods before the plan to stop exploitation and after the implementation of the plan to stop exploitation were collected from the General Directorate of Natural Resources of Gilan Province. Then, the data were analyzed using the comparison of averages (t-test) in SPSS software version 26.

Results and Discussion: The results showed that the plan to stop exploitation in some cases shows a significant difference based on the reduction of damage such as cases of destruction and seizure of national lands, slashing and burning, cutting saplings, and the release of national lands shows a noticeable change (P- Value≤0.5. Also, the results of this research indicated that this project did not cause a significant difference compared to the past in terms of tree and shrub cutting, firewood and wood discoveries, and the number and area of fires (P-Value≥0.5). It can be stated that based on the studies and using the background of the research, the criteria in a questionnaire were provided to the forest science and engineering experts and they were given points according to the opinion of the experts and the main factors that were above 80 % had obtained the highest score and were identified as the main effective indicators. Regarding the second question of the research, it can be said that the secondary factors were extracted from the library sources and past research background according to the main factors, and they were given points according to the opinion of the experts, and the factors that were above 80% received the highest score andwere identified as influential indicators.

Conclusions: This research is particularly important from the point of view of creating a perspective for decision-making for managers in the field of forest management because it examines the effectiveness of plans and decisions, and this process can be repeated periodically to help decision-making. Finally, with the implementation of the forest rest plan, any harvesting of the forest will be stopped within 10 years, with the justification that the forest can repair the damage caused by illegal harvesting during this time. What is the main content of this idea or demand is to stop wood exploitation in the form of existing forestry plans. However, what adds to the importance of this issue is that if people who are not experts in forestry introduce a solution, it is rejected from a scientific point of view. We give the right environmentalists and those who sympathize with the forest to shout that the state of the forest is not good, but it is the responsibility of the forest experts to provide the solution. Since forest management covers a wide range of economic, social, ecological, and employment issues, this issue should be dealt with more sensitively and all aspects should be taken into account in this respect. Using the opinion of experts in this field and determining the desired hierarchy, criteria, and indicators in this regard can be a good solution for this problem. In order to achieve sustainable management, it is necessary to extract and examine the opinions of experts. The results of this research, which were taken from the experts and experts in the forest field, also showed that considering all the criteria and indicators, from their point of view, any plan in the forest with the names of rest and breathing does not have a scientific basis, and a revision in this field is necessary. Although all the experts have acknowledged the existence of disadvantages in the existing plans, they have considered the solution to be updating and fixing the disadvantages of the current plans.

Keywords: Forest Management, Sustainability, Statistical Analysis, Plan To Stop Exploitation.

Citation: Keshavarz, M., Mohammadi Limaei, S., & Rostami Shahraji, T. (2023). Evaluating the Implementation Success of the Plan to Stop Forest Exploitation in Northern Iran (Case Study: Guilan Province). *Integrated Watershed Management*, 2 (4), 36-48. doi: 10.22034/iwm.2023.1983474.1052

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات (۴۸-۳۶) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: 2783-4581 doi: 10.22034/IWM.2023.1983474.1052

ارزیابی میزان موفقیت اجرای طرح توقف بهره‌برداری از جنگل‌های شمال کشور (مطالعه موردی: استان گیلان)

محمدرضا کشاورز[۱]، سلیمان محمدی لیمائی[۲*]، تیمور رستمی شاهراجی[۲]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی جنگل-مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

۲- استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

***نویسنده مسئول:** s.m.lemaei20@gmail.com

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۱۰/۰۶ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۱۱/۰۴ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۱/۱۷)

چکیده

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی اجرای طرح توقف بهره‌برداری در جنگل‌های شمال کشور از دیدگاه ذینفعان مختلف مانند ادارات منابع طبیعی، ادارات محیط‌زیست و جنگل‌نشینان است. در این تحقیق آمار و اطلاعات قاچاق چوب، تغییرات کاربری اراضی و تجاوز به عرصه‌های جنگلی، آتش‌سوزی‌های صورت گرفته و همچنین عرضه چوب به کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ استان گیلان در طول دو دوره قبل از طرح توقف بهره‌برداری (۱۳۹۵-۱۳۸۵) و بعد از اجرای طرح توقف بهره‌برداری (۱۴۰۰-۱۳۹۶) از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گیلان جمع‌آوری شد. سپس داده‌ها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها (آزمون t-test) در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ مورد آنالیز قرارگرفته است. نتایج نشان داد که طرح توقف بهره‌برداری در برخی موارد اختلاف معنی‌دار مبتنی بر کاهش آسیب‌رسانی ازجمله پرونده‌های تخریب و تصرف اراضی ملی (افزایش)، کت زدن و سوزاندن (کاهش)، قطع نهال (کاهش)، و آزادسازی اراضی ملی (افزایش) تغییر محسوسی را نشان می‌دهد (P-Value≤0.5). همچنین نتایج این تحقیق مشخص نمود که این طرح در زمینه‌ی قطع درخت و درختچه، کشفیات هیزم و چوب، و تعداد و مساحت حریق‌ها اختلاف معنی‌داری با گذشته ایجاد نکرده است (P-Value≥0.5). این تحقیق از منظر ایجاد چشم‌اندازی برای تصمیم‌گیری برای مدیران حوزه مدیریت جنگل‌ها حائز اهمیت ویژه است، چراکه کارایی طرح‌ها و تصمیمات را موردبررسی قرار داده و می‌تواند این فرآیند و روش‌شناسی به‌منظور کمک به امر تصمیم‌گیری به‌صورت دوره‌ای تکرار شود. پیشنهاد می‌گردد علی‌رغم وجود معایب در طرح‌های موجود، حذف آن‌ها منطقی به نظر نمی‌رسد و راه‌حل آن به‌روزرسانی و رفع معایب طرح‌های فعلی است

واژه‌های کلیدی: مدیریت جنگل، پایداری، طرح توقف بهره‌برداری.

استناد: کشاورز، م.، محمدی لیمائی، س؛ رستمی شاهراجی، ت. (۱۴۰۱). ارزیابی میزان موفقیت اجرای طرح توقف بهره‌برداری از جنگل‌های شمال کشور (مطالعه موردی: استان گیلان). *مدیریت جامع حوزه های آبخیز*، (۴)۲، ۴۸-۳۶.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ‌شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در مدیریت جنگل‌های هیرکانی ادامه روند بهره‌برداری یا تنفس جنگل است. مفهوم تنفس یا استراحت جنگل در ایران نخستین بار از سوی سازمان حفاظت محیط‌زیست در اوایل دهه ۸۰ پیشنهاد شد. متخصصین علوم زیستی معتقدند که با اجرای این طرح می‌توان بخش‌های ازدست‌رفته جنگل‌ها را احیا کرد و بیان می‌کنند جنگل‌های شمال نیاز به یک دوره استراحت ۱۰ ساله دارند و طی این مدت باید بهره‌برداری صنعتی از جنگل‌های این ناحیه به‌طور کامل قطع و با نظارت کامل مدیریت شوند. در مقابل مخالفان این ایده معتقدند که رها کردن جنگل تحت هر عنوانی مغایر با صیانت و حفاظت است. اجرای طرح توقف بهره‌برداری از دیدگاه این گروه به معنای تعطیل شدن طرح‌های جنگلداری است، درحالی‌که آن‌ها معتقدند طرح‌های جنگلداری ابزار و مدیریت بر عرصه‌های جنگلی است. (Amiri, 2013).

ارزیابی درونی سیستم به‌عنوان یکی از قابل‌اعتمادترین رویکردها در آسیب‌شناسی (Mirhosseini *et al*, 2021, Taghipour *et al*, 2022) نشان داده است بارزترین قوت و ضعف رویکرد بهره‌برداری از جنگل به ترتیب افزایش پویایی و پایداری توده و صدمه به زادآوری جنگل بود. بهره‌برداری جنگل سبب اشتغال‌زایی در سطح ملی و منطقه‌ای می‌شود که در زمینه‌ی ضعف‌های بهره‌برداری عملیات بهره‌برداری به زادآوری جنگل و درختان مجاور آسیب میزند. در مورد ارزیابی درونی سیستم برای برنامه تنفس جنگل، مهم‌ترین قوت و ضعف آن، به ترتیب کاهش فرسایش خاک و افزایش قاچاق چوب بوده است (Kiadaliri *et al*., 2011). با این وجود، مخالفان ایده استراحت جنگل عنوان می‌کنند که سطح جنگل بعد از اجرای طرح توقف بهره‌برداری از نیروهای حفاظتی مجریان طرح‌ها و پایش مستمر فعالیت آنان توسط نیروهای منابع طبیعی در سطوح مختلف خالی گشته و این خود سبب تجاوز بیشتر به عرصه‌های جنگلی، تغییر کاربری اراضی و افزایش قاچاق چوب می‌شود (Mohammadi *et al*., 2014)؛ لذا تضادهای موجود در نظرات موافقان و مخالفان این طرح، ضرورت مطالعه در این خصوص را دوچندان نموده است. در ادامه پیشینه داخلی و خارجی به تفکیک موردبررسی قرار می‌گیرد و سعی بر این شده است تا بر سال‌های اخیر تأکید بیشتری صورت گیرد.

در پژوهشی Mohammadi Tamari و Ahmadvand (2015) از SWOT در واکاوی راهبردی جنگلداری اجتماعی استفاده نمودند، نتایج نشان می‌دهد که مهم‌ترین نقطه قوت از نظر کارشناسان، اجرای طرح‌های مختلف احیا و توسعه جنگل نظیر طرح‌های طوبی، مهم‌ترین نقطه قوت بوده درحالی‌که از دیدگاه مردم محلی، زمینه‌سازی برای توسعه فعالیت‌های جنبی نظیر زنبورداری، شیلات، صنایع‌دستی و غیره مهم‌ترین نقطه قوت توسعه جنگلداری اجتماعی است. همچنین مهم‌ترین نقطه‌ضعف، کمبود اعتبارات لازم برای اجرای طرح‌های جنگلداری اجتماعی است.

Sotoudeh Foumani (2016) در پژوهشی عنوان می‌کند با در نظر گرفتن زیرمعیار سود روند ادامه طرح‌های جنگلداری به علت اینکه بیشترین سود را عاید دست‌اندرکاران می‌کند بهترین گزینه بوده و در تحلیل حساسیت فرصت نیز ادامه فعالیت طرح‌های جنگلداری به جهت معیار اشتغال‌زایی بهترین انتخاب است و در باب تحلیل هزینه و حساست ریسک نیز ادامه طرح‌های جنگل‌داری گزینه مطلوب است. Khayati Nezhad و همکاران (2018) در مطالعه‌ای تحت عنوان تصمیم‌گیری راهبردی در زمینه توسعه تولید چوب صنوبر در شهرستان ارومیه از روش تلفیقی SWOT-ANP که از روش‌های روزآمد مدیریت درزمینه ارائه راهبرد دقیق به شمار می‌آید استفاده نمودند. همچنین Sotoudeh Foumani و همکاران (2019) در پژوهشی به‌منظور ارزیابی سه سناریو پیش رو (ادامه برنامه‌های مدیریت جنگل، ممنوعیت قطع جنگل و توقف برنامه‌های مدیریت جنگل) ازنظر تغییر سیاست‌ها و

انتخاب بهترین روش مبتنی بر استراتژی‌های مدیریت پایدار جنگل در جنگل‌های هیرکانی ایران مطالعه‌ای را انجام دادند. آنان به این نتیجه رسیدند که مزایا و خطرات ازنظر تصمیم‌گیری در مقایسه با فرصت‌ها و هزینه‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است و سرانجام سناریوی "تداوم برنامه‌های مدیریت جنگل" به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه انتخاب شد.

در عرصه خارجی نیز پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته است. Bugayong (2006) در بررسی توقف بهره‌برداری کامل در کشورهای سریلانکا، تایلند، فیلیپین و ویتنام و کشورهای زلاندنو و چین که توقف کامل صورت نگرفت ولی با استفاده از روش‌های همچون زراعت چوب کاهش فشار به جنگل‌های طبیعی را در پیش گرفتند به این نتیجه رسید که در یک بازه زمانی ۲۰ ساله (۲۰۰۰-۱۹۸۰) کشورهایی که توقف کامل بهره‌برداری را اعمال نمودند با رشد منفی درصد پوشش جنگلی مواجه شده ولی درصد پوشش جنگلی در چین و زلاندنو افزایش یافت. Irland (2008) به بررسی پتانسیل رویشگاه و طبقه‌بندی آن بر اساس محدودیت‌های قانونی و فنی به‌منظور انتخاب رویکرد بهینه جهت بهره‌برداری در سطح جنگل‌های کوهستانی کرواسی همت گماردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که سیستم بهره‌برداری کنترل‌شده و بهینه در ۸۸,۷۰ درصد از منطقه قابل‌اجرا بوده است. سیاست توقف بهره‌برداری از جنگل، در سالیان گذشته توسط برخی کشورها مانند سوئد، فنلاند، روسیه و لیتوانی استفاده‌شده و تحقیقاتی نیز دراین‌ارتباط صورت گرفته است (Anugwa *et al.*, 2022; Brandt *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2022; Brandt *et al.*, 2015; Teucher *et al.*, 2020; Zhang and Chen, 2021; Yang *et al.*, 2021). ولی در ایران تاکنون هیچ‌گونه تحلیل و ارزیابی در خصوص موفقیت یا عدم موفقیت طرح توقف بهره‌برداری جنگل در شمال کشور انجام نشده است. همچنین، تاکنون پژوهشی داخلی با رویکردهای تلفیقی کیفی و کمی به مسئله اثربخشی طرح توقف بهره‌برداری نپرداخته است که در این پژوهش مورد هدف قرارگرفته است. ازاین‌رو هدف از انجام این تحقیق این است که پس از گذشت چند سال از اجرای طرح توقف بهره‌برداری، آیا طرح موردنظر از دیدگاه ذینفعان مختلف مانند ادارات منابع طبیعی، ادارات حفاظت از محیط‌زیست، جنگل‌نشینان و مردم عادی موفقیت‌آمیز بوده است یا خیر؟ نتایج چنین پژوهشی می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری مدیران اجرایی استانی و قانون‌گذاران ذی‌ربط در سطوح ملی قابل استفاده باشد. همچنین رویکرد و روش مورداستفاده در این پژوهش می‌تواند به‌منظور ارزیابی عملکرد دوره‌ای طرح توقف بهره‌برداری مورداستفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سطح منطقه‌ای و استانی (استان گیلان) به‌عنوان استان پیشرو درزمینه طرح توقف بهره‌برداری از جنگل‌های شمال انجام خواهد شد. در سطح منطقه‌ای محدوده طرح جنگلداری در حوزه آبخیز ۲۸ پلی‌رود به مساحت ۷۳۷۳/۱۳۲۱ هکتار که شامل چهار سری نرماش، لوسرا، شلیشه و چهل کوه است که دو سری اولی در حوزه منابع طبیعی رودسر و دو مورد بعدی در حوزه منابع طبیعی املش قرار دارند.

شکل ۱- نقشه محدوده اجرای طرح در سطح منطقه‌ای

Figure 1- Map of the scope of implementation of the project at the regional level

در این تحقیق لازم است تا مبتنی بر قوانین ابلاغی، بررسی گردد که آیا تفاوت معنی‌داری پیش و پس از

ابلاغ این قانون در داده‌های ثبت‌شده رخداده است یا خیر (Dehghan Nayeri *et al.*, 2020, Khazaei *et al.*, 2021). در این راستا ابتدا پرونده‌های تخریب و تصرف اراضی ملی از طریق واحد انفورماتیک و پایگاه داده وزارت جهاد کشاورزی به دست آمد. سپس داده‌های حاضر به دو گروه قبل از سال ۱۳۹۶ و بعد از سال ۱۳۹۶ مطابق ابلاغیه مجلس تقسیم‌بندی شدند. در مرحله بعد با استفاده از تحلیل t زوجی نمره پس‌آزمون با پیش‌آزمون مقایسه شد تا مشخص گردد که آیا تغییری در تعداد و مساحت پرونده‌های تخریب و تصرف اراضی ملی ایجادشده است یا خیر.

پرونده‌های تخریب و تصرف اراضی ملی

در جدول ۱ آمار پرونده‌های مربوط به تخریب و تصرف اراضی ملی مشخص‌شده است. در این راستا حدود چهار سلول از داده‌های مربوطه خالی از مقدار بود که به جهت ارزیابی در نرم‌افزار می‌بایست کامل می‌شد. برای تکمیل جدول و مقادیر فقدان داده با استفاده از میانگین متحرک سه دوره‌ای، این سلول‌ها تکمیل گردید.

جدول ۱ - پرونده‌های تخریب و تصرف اراضی ملی طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰

Table 1- Cases of destruction and seizure during 2006-2021

سال	تعداد (فقره)	مساحت (هکتار)	سال	تعداد (فقره)	مساحت (هکتار)
1385	278	134.88	1393	189	98.425
1386	240	165.37	1394	267	60.85
1387	259	150.125	1395	154	61.04
1388	250	157.75	1396	107	136.6
1389	157	58.19	1397	153	101.111
1390	204	107.968	1398	97	22.55
1391	183	95.33	1399	163	58.66
1392	194	101.645	1400	247	69.05

گزارش آماری ماده ۴۶ (کت زدن و سوزاندن درخت)

در جدول ۲ آمار کت زدن و سوزاندن درختان طبق ماده ۴۶ مشخص‌شده است. در این راستا ۶ سلول از داده‌های مربوطه خالی از مقدار بود که به جهت ارزیابی در نرم‌افزار می‌بایست کامل می‌شد. برای تکمیل جدول و مقادیر فقدان داده با استفاده از میانگین متحرک ۳ دوره‌ای، این سلول‌ها تکمیل گردید.

جدول ۲- گزارش آماری ماده ۴۶ (کت زدن و سوزاندن درخت) طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰

Table 2- Statistical report of Provision 46 (cutting and burning trees) during 2006-2021

سال	تعداد (فقره)	کت زدن (اصله)	سوزاندن (اصله)	سال	تعداد (فقره)	کت زدن (اصله)	سوزاندن (اصله)
1385	29	723	590	1393	16	442	183
1386	17	304	31	1394	10	363	50
1387	23	514	311	1395	9	121	1
1388	20	409	171	1396	29	369	4
1389	35	1186	1175	1397	21	496	7
1390	28	798	673	1398	4	24	0
1391	12	323	19	1399	11	117	12
1392	20	561	346	1400	45	2625	62

گزارش آماری ماده ۴۸ (کشفیات چوب و هیزم و زغال حاصل از درختان جنگلی)

در جدول ۳ آمار کشفیات چوب و هیزم و زغال حاصل از درختان جنگلی طبق ماده ۴۸ مشخص‌شده است. در این راستا ۱۰ سلول از داده‌های مربوطه خالی از مقدار بود که به جهت ارزیابی در نرم‌افزار می‌بایست کامل می‌شد. برای تکمیل جدول و مقادیر فقدان داده با استفاده از میانگین متحرک ۳ دوره‌ای، این سلول‌ها تکمیل گردید.

جدول ۳- گزارش آماری ماده ۴۸ (کشفیات چوب و هیزم و زغال حاصل از درختان جنگلی) طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰

Table 3- Statistical report of Provision 48 (Discovery of wood, firewood and charcoal from forest trees) during 2006-2021

سال	تعداد		کاتین		هیزم	زغال	سال	تعداد		کاتین		هیزم	زغال
	(فقره)	تعداد	حجم (مترمکعب)		(استر)	(کیلوگرم)		(فقره)	تعداد	حجم (مترمکعب)		(استر)	(کیلوگرم)
1385	555	72913	781.36		302.6	1325	1393	628	35496	110.08		238.84	9479
1386	614	44513	1780.15		402.8	9877	1394	211	42008	206.26		217.6	7587
1387	585	58713	1280.75		352.7	5601	1395	390	30303	886.33		169.54	3904
1388	600	51613	1530.45		377.75	7739	1396	368	31920	912		285.5	10698
1389	481	22532	678.76		213	10019	1397	533	19845	667		27505	285
1390	541	37073	1104.60		295.37	8879	1398	1265	406	1583.5		1042.2	2061
1391	657	34970	1057.24		220	9679	1399	1547	41497	1322.51		1322.1	9705
1392	599	36022	1080.92		257.68	9279	1400	1643	47852	1423.55		1562.93	8074

گزارش آماری ماده ۴۲ (قطع درخت و نهال)

در جدول ۴ آمار قطع درخت و نهال طبق ماده ۴۲ مشخص‌شده است. در این راستا ۶ سلول از داده‌های مربوطه خالی از مقدار بود که به جهت ارزیابی در نرم‌افزار می‌بایست کامل می‌شد. برای تکمیل جدول و مقادیر فقدان داده با استفاده از میانگین متحرک ۳ دوره‌ای، این سلول‌ها تکمیل گردید.

جدول ۴- گزارش آماری ماده 42 (قطع درخت و نهال) طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰

Table 4- Statistical report of Provision 42 (cutting trees and saplings) during 2006-2021

سال	تعداد	درخت و درختچه	نهال	سال	تعداد	درخت و درختچه	نهال
	فقره)	(اصله)	(اصله)		(فقره)	(اصله)	(اصله)
1385	966	9900	108103	1393	755	8938	63001
1386	910	24997	107072	1394	508	6180	33870
1387	938	17449	107588	1395	503	4594	16491
1388	924	21223	107330	1396	561	7615	27062
1389	687	6414	50530	1397	525	4933	5258
1390	806	13819	78930	1398	175	2862	1414
1391	738	7310	57691	1399	469	7030	5712
1392	772	10565	68311	1400	508	3362	8730

آمارهای آزادسازی اراضی ملی

در جدول ۵ آمارهای آزادسازی اراضی ملی مشخص‌شده است. در این راستا ۸ سلول از داده‌های مربوطه خالی از مقدار بود که به جهت ارزیابی در نرم‌افزار می‌بایست کامل می‌شد. برای تکمیل جدول و مقادیر فقدان داده با استفاده از میانگین متحرک ۳ دوره‌ای، این سلول‌ها تکمیل گردید.

جدول ۵- آمار آزادسازی اراضی ملی طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰

Table 5- Dispossession of national lands during 2006-2021

سال	تعداد	بر اساس تبصره ذیل ماده 55 قانون حفاظت - مساحت (هکتار)	تعداد	بر اساس احکام قضایی - مساحت (هکتار)	مجموع اراضی ملی رفع تصرف‌شده	سال	تعداد	بر اساس تبصره ذیل ماده 55 قانون حفاظت - مساحت (هکتار)	تعداد	بر اساس احکام قضایی - مساحت (هکتار)	مجموع اراضی ملی رفع تصرف‌شده
1385	219	44.29	115	34.97	79.26	1393	314	43.76	164	64.24	108.01
1386	363	113.41	393	231.7	345.11.	1394	293	69.08	156	98.6	155.98
1387	291	78.85	254	133.33	212.18	1395	426	126.4	34	15.15	141.55
1388	327	96.13	324	182.51	278.64	1396	320	140.08	39	18.24	158.32
1389	318	178.48	74	33.65	212.13	1397	498	261.31	49	29.36	290.67
1390	323	137.30	199	108.08	245.39	1398	672	219.26	45	24.18	243.44
1391	311	12.58	152	49.63	62.21	1399	1600	1004	146	58.13	1062.13
1392	317	74.94	176	78.85	153.80	1400	2043	430.74	174	82.89	513.63

جدول ۶- گزارش آماری حریق‌های منابع طبیعی استان گیلان طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰

Table 6- Statistical report of natural resource fires in Gilan province during 2006-2021

سال	تعداد	مساحت (هکتار)	سال	تعداد	مساحت (هکتار)
1382	41	63.86	1392	40	125.75
1383	2	10	1393	296	690.57
1384	101	119.90	1394	170	316.73
1385	118	118	1395	65	117.28
1386	53	79.31	1396	125	346.92
1387	84	206.65	1397	177	322.97
1388	84	141.58	1398	256	659.30
1389	160	494.64	1399	285	419.97
1390	30	53.65	1400	139	236.10
1391	80	124.4			

آمار حریق‌های منابع طبیعی استان گیلان

در جدول ۶ آمار حریق‌های منابع طبیعی استان گیلان مشخص‌شده است. جدول زیر بدون داده‌های نامعلوم بوده و مستقیماً وارد تحلیل نرم‌افزاری شد.

نتایج

در این بخش نتایج مربوط به آزمون‌ها به‌صورت یک‌به‌یک مرور می‌شود و درنهایت به جمع‌بندی مربوط به‌تمامی آزمون‌ها پرداخته خواهد شد. توضیحات مربوط به هر آزمون در بخش روش‌ها مطرح شده است.

نتایج تحلیل پرونده‌های تخریب و تصرف اراضی ملی

همان‌گونه که مشاهده می‌گردد تعداد پرونده‌های تخریب و تصرف اراضی ملی در پیش‌آزمون مقدار ۶۵/۵ بود که در پس‌آزمون به ۲۱۰ افزایش‌یافته است و این افزایش ازنظر آماری طبق آزمون صورت گرفته نیز معنادار است (p=0.003) و(p=0.001) (جدول ۷).

جدول۷- مقایسه میانگین‌های پرونده‌های تخریب و تصرف اراضی ملی قبل و بعد از آزمون با استفاده از آزمون تی غیر جفتی

Table 7- Comparing the averages of cases of destruction and occupation of national lands before and after the test using unpaired t-test

Paired Differences	Paired Samples Test		
Std. Error Mean	Mean		
20.82	-145. 25	قبل ۱۳۹۶-بعد ۱۳۹۶	تعداد
62.94	-353. 65	قبل ۱۳۹۶-بعد ۱۳۹۶	مساحت

نتایج تحلیل گزارش آماری ماده ۴۶ (کت زدن و سوزاندن درخت)

همان‌گونه که در جدول ۸ مشاهده می‌گردد میانگین تعداد، کت زدن، و سوزاندن در پس‌آزمون به مقدار قابل‌توجهی کاهش‌یافته است و این کاهش ازنظر آماری طبق آزمون صورت گرفته نیز معنادار است (p=0.002) و (p=0.001) و (p=0.000).

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های کت زدن و سوزاندن درخت قبل و بعد از آزمون با استفاده از آزمون تی غیر جفتی

Table 8- Comparison of the averages of coating and burning the tree before and after the test using unpaired t-test

Paired Differences	Paired Samples Test		
Std.Deviation	Mean		
34.156	449.50	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	تعداد
81.200	26935.50	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	کت زدن
58.106	96695.0	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	سوزاندن

نتایج تحلیل گزارش آماری ماده ۴۸ (کشفیات چوب و هیزم و زغال حاصل از درختان جنگلی)

همان‌گونه که در جدول ۹ مشاهده می‌گردد کشفیات چوب و هیزم و زغال حاصل از درختان جنگلی تغییرات مقادیر آن با توجه به آزمون آماری مشخص شده تغییر معناداری نداشته است (p>0.05).

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های کشفیات چوب و هیزم و زغال حاصل از درختان جنگلی قبل و بعد از آزمون با استفاده از آزمون تی غیر جفتی

Table 9- Comparing the averages of wood, firewood and charcoal obtained from forest trees before and after the test using unpaired t-test

Paired Differences	Paired Samples Test		
Std. Error	Mean		
274.02	548.05	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	تعداد
195.29	390.59	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	کاتین (تعداد)
55.27	110.55	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	کاتین (حجم)
38.07	76.14	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	هیزم
193.19	386.39	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	زغال

نتایج تحلیل گزارش آماری ماده ۴۲ (قطع درخت و نهال)

همان‌گونه که در جدول ۱۰ مشاهده می‌گردد قطع درخت و نهال در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در مورد تعداد کل و درخت و درختچه اختلاف معنی‌داری ندارند ($p>0.05$)؛ لکن در خصوص نهال‌ها نتایج نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری وجود دارد که با توجه به مقادیر میانگین نشان‌دهنده کاهش است ($p=0.004$).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های قطع درخت و نهال قبل و بعد از آزمون با استفاده از آزمون تی غیر جفتی

Table 10- Comparing the averages of cutting trees and saplings before and after the test using unpaired t-test

Paired Differences	Paired Samples Test		
Std. Error Mean	Mean		
5.11534	6.00000	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	تعداد
148.53731	236.00000	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	درخت درختچه
120.54529	270.00000	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	نهال

نتایج تحلیل آمارهای آزادسازی اراضی ملی

همان‌گونه که در جدول ۱۱ مشاهده می‌گردد که تعداد کل و مجموع اراضی ملی رفع تصرف‌شده اختلاف معنی‌داری با گذشته (قبل از سال ۱۳۹۶) ندارند ($p>0.05$). در مورد مساحت‌ها بر اساس ماده ۵۵ و احکام قضایی، اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌گردد که در اولی کاهش مقدار و در دومی افزایش مقادیر مشاهده می‌گردد ($p=0.001$) و ($p=0.003$).

جدول ۱۱- مقایسه میانگین‌های آمارهای آزادسازی اراضی ملی قبل و بعد از آزمون با استفاده از آزمون تی غیر جفتی

1 **Table 11- Comparing the averages of national land dispossession statistics before and after the test using unpaired t-test**

Paired Differences Std. Error Mean	Paired Samples Test Mean		
279.73481	-339.75000	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	تعداد
10393.69286	33521.00000	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	بر اساس تبصره ذیل ماده ۵۵ قانون حفاظت مساحت
315.44389	221.92688	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	تعداد
6643.93346	-7179.73750	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	بر اساس احکام قضایی مساحت (هکتار)
4035.80472	448.25000	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	مجموع اراضی ملی رفع تصرف‌شده

نتایج تحلیل آمار حریق‌های منابع طبیعی استان گیلان

همان‌گونه که در جدول ۱۲ مشاهده می‌گردد آمار حریق‌های منابع طبیعی استان گیلان در پیش و پس از مصوبه سال ۱۳۹۶ در مقادیر میانگین بر اساس آزمون مشخص‌شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد ($p>0.05$).

جدول ۱۲- مقایسه میانگین‌های حریق‌های منابع طبیعی استان گیلان قبل و بعد از آزمون با استفاده از آزمون تی غیر جفتی

Table 12- Details of comparisons, averages and standard deviations of the pre-test and post-test statistics of natural resource fires in Gilan province

	Paired Samples Test	Paired Differences	
		Mean	Std.Error Mean
تعداد	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	126.75000	23.02309
مساحت	قبل۱۳۹۶ - بعد ۱۳۹۶	72.30037	27.86353

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق آمار و اطلاعات میزان قاچاق چوب، میزان تغییرات کاربری اراضی و تجاوز به عرصه‌های جنگلی، میزان آتش‌سوزی‌های صورت گرفته و همچنین میزان عرضه چوب به کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ استان در طول دو دوره قبل از طرح توقف بهره‌برداری و بعد از اجرای طرح توقف بهره‌برداری از اداره کل منابع طبیعی استان گیلان جمع‌آوری شد و با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها (آزمون t-test) مورد ارزیابی قرارگرفته است.

بر اساس مطالعات صورت گرفته و با استفاده از پیشینه تحقیق معیارها در پرسشنامه‌ای در اختیار خبرگان علوم و مهندسی جنگل قرار گرفت و طبق نظر خبرگان به آن‌ها امتیاز داده شد و عوامل اصلی که بالاتر از ۸۰٪ بالاترین امتیاز را کسب کرده بودند به‌عنوان شاخص‌های اصلی تأثیرگذار شناسایی شدند. همین‌طور می‌توان چنین عنوان نمود که عوامل فرعی با توجه به عوامل اصلی از منابع کتابخانه‌ای و پیشینه تحقیقات گذشته استخراج گردید و با توجه به نظر خبرگان به آن‌ها امتیاز داده شد و عواملی که بالاتر از ۸۰٪ بالاترین امتیاز را کسب کرده بود به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار شناسایی شدند که در بخش نتایج قابل‌مشاهده است. برای پاسخ به سایر سؤالات تحقیق پس از غربال کردن معیارها توسط خبرگان، پرسشنامه دوم برای ارزیابی معیارهای اصلی و فرعی توسط ۷ خبره تکمیل شد که نتایج آن به‌طور کامل تشریح گردیده است.

همچنین مشخص گردید که طرح توقف بهره‌برداری درزمینه کت زدن، سوزاندن و همچنین در تصرف اراضی اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. در برخی موارد دیگر نظیر مساحت اراضی تصرف‌شده بر اساس حکم قضایی نیز اختلاف معنی‌دار نشان داده‌شده است. لکن مشخص است که این طرح در سایر موارد مؤثر عمل‌نکرده و اختلاف معنی‌داری را در میانگین‌های پیش و پس از اجرای طرح نشان نمی‌دهد.

درنهایت اینکه با اجرایی شدن طرح استراحت جنگل طی ۱۰ سال هرگونه برداشتی از جنگل متوقف می‌شود، با این توجیه که جنگل بتواند طی این زمان تخریب‌های ناشی از برداشت‌های بی‌رویه را ترمیم کند. آنچه محتوای اصلی این ایده یا مطالبه است توقف بهره‌برداری چوبی در قالب طرح‌های جنگلداری موجود است.

در مقایسه با پژوهش‌های پیشین، پژوهش حاضر در مقایسه با پژوهش Mohammadi و همکاران (2018) که به‌منظور ارزیابی سه سناریو (ادامه برنامه‌های مدیریت جنگل، ممنوعیت قطع جنگل و توقف برنامه‌های مدیریت جنگل) ازنظر تغییر سیاست‌ها و انتخاب بهترین روش مبتنی بر استراتژی‌های مدیریت پایدار جنگل در جنگل‌های هیرکانی ایران مطالعه‌ای را انجام دادند، دارای جنبه‌هایی از اهمیت و نوآوری است. اولین مسئله این است که پژوهش حاضر به‌صورت دقیق و با مقایسات زوجی به‌صورت جزئی به بررسی کارایی و اثربخشی طرح توقف بهره‌برداری پرداخته است و بجای ارائه پیشنهادهای دستوری، فضای یاریگر تصمیم را برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان به وجود آورده است.

همچنین ازنظر متدولوژی نیز این پژوهش نسبت به سایر پژوهش‌های پیشین برتری‌هایی دارد که ازجمله آن می‌توان به تلفیق فضای کمی و کیفی در مقایسات و برآوردها اشاره نمود. در انتها این پژوهش با مقایسه دقیق آماری عملکرد طرح توقف را با ذکر جزئیات مورد ارزیابی قرار داده است که در پژوهش‌های پیشین در منطقه شمال ایران بی‌سابقه بوده است.

در مطالعه دیگری Arsić و همکاران (2018) برای اولویت‌بندی مدیریت اکوسیستم و مطالعه موردی پارک ملی Djerdap صربستان، مطالعه‌ای را انجام دادند. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه آن‌ها سناریوهای با بالاترین اولویت توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست را شناسایی کرد که این امر باعث می‌شود این پارک ملی به چشم‌انداز خود برسد. Oettel و Lapin (2021) با هدف ارزیابی بزرگی مطالعات بر روی شاخص‌های تنوع زیستی در اکوسیستم‌های جنگلی اروپا، ایجاد و تجزیه‌وتحلیل ارتباط بین تنوع زیستی و اقدامات مدیریت جنگل‌ها و تعریف شاخص‌هایی برای مدیریت که هدف حمایت از تنوع زیستی در سطح توده است، بررسی‌هایی انجام دادند. نتایج نشان داد که تنوع ساختاری بالا با افزایش تنوع، به‌ویژه با توجه به گیاهان آوندی، پرندگان و گونه‌های زمین‌نشین همراه است. انطباق مدیریت جنگل برای تنوع زیستی مستلزم نظارت فعال منظم برای ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی و ارزیابی اثربخشی اقدامات است.

همچنین Iranmanesh و همکاران (2021) به بررسی الگوی تولیدی سازه‌های جوامع محلی جنگل‌های زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری پرداختند. نتایج نشان داد که از بین سه الگوی تولیدی (دستی، ناب و چابک) سازه‌های سنتی جوامع محلی بیشترین تناسب را با الگوی تولید دستی دارند. این در حالی است که الگوی تولید چابک در بیشتر معیارهای ارزیابی تولید بهترین الگوی فرایند تولید در اکوسیستم‌ها را نشان داد. لازمه تغییر از الگوی دستی به الگوی چابک، در نظر گرفتن عدم اطمینان‌های محیطی و اهرمی کردن اثر اطلاعات در مدیریت جنگل‌های زاگرس است.

در پژوهشی Abdollahi و همکاران (2022) به پیش‌بینی زوال روسازی جاده جنگلی در دوره زمانی توقف بهره‌برداری چوبی در جنگل‌های کوهستانی شمال کشور پرداختند. نتایج این تحقیق، ضرورت تسریع در تخصیص بودجه جهت مرمت و نگهداری جاده موجود را تأکید می‌کند و همچنین مدل پیش‌بینی عملکرد زنجیره مارکوف با خطای مربع میانگین‌ها ۰/۰۱، قابلیت‌های لازم جهت پیش‌بینی دقیق روند واقعی زوال جاده را دارا است. به‌کارگیری دیگر مدل‌های پیش‌بینی و ارزیابی در دوره‌های زمانی بیشتر، نتایج دقیق‌تری به همراه خواهد داشت.

ازآنجاکه مدیریت جنگل دامنه وسیعی از مسائل اقتصادی، اجتماعی، اکولوژیکی و اشتغال را در برمی‌گیرد باید با حساسیت بیشتری با این موضوع برخورد نمود و کلیه جوانب را دراین‌ارتباط لحاظ نمود. استفاده ازنظر کارشناسان این رشته و تعیین سلسله‌مراتب، معیارها و شاخص‌های موردنظر در این رابطه می‌تواند راهگشای خوبی برای این مسئله باشد. دراین‌ارتباط برای رسیدن به مدیریت پایدار لازم است دیدگاه کارشناسان استخراج و موردبررسی قرار گیرد. نتایج حاصل از این پژوهش که برگرفته ازنظر صاحب‌نظران و کارشناسان رشته جنگل است نیز نشان داد که با در نظر گرفتن تمامی معیارها و شاخص‌ها از دیدگاه آنان هرگونه طرحی در جنگل با اسامی استراحت و تنفس پایه علمی نداشته و بازنگری در این زمینه ضروری است. اگرچه تمامی کارشناسان به وجود معایبی در طرح‌های موجود اذعان داشته‌اند، لیکن راه‌حل آن را نیز به‌روزرسانی و رفع معایب طرح‌های کنونی دانسته‌اند.

References

Abdollahi, M., Hosseini, S. A. O. & Najafi, A. (2022). Predicting the decline of forest road pavement during the logging ban period in the north mountain forests of Iran. *Journal of Natural Environment*, *75*(3), 502-514. (In Persian)

Amiri, M. (2013). *Changes in the structural characteristics of the unexploited natural mass of eastern beech in a statistical period of 5 years in the forest of Shasat Kalate, Gorgan*. Ph.D. dissertation, Faculty of Forestry and Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)

Anugwa, I., Igwe, A. E. & Igbokwe, E. (2022). Perception of Forest Stakeholders on Illegal Practices Prevalent in the Rainforest of Southern Nigeria. Available at SSRN 4085436.

Arsic, S., Nikolic, D., Mihajlovic, I., Fedajev, A. & Zivković, Z. (2018). A new approach within ANP-SWOT framework for prioritization of ecosystem management and case study of National Park Djerdap, Serbia. *Ecological Economics*, *146*, 85-95.

Brandt, J. S., Butsic, V., Schwab, B., Kuemmerle, T. & Radeloff, V. C. (2015). The relative effectiveness of protected areas, a logging ban, and sacred areas for old-growth forest protection in southwest China. *Biological Conservation*, 181, 1-8.

Brandt, J. S., Kuemmerle, T., Li, H., Ren, G., Zhu, J. & Radeloff, V. C. (2012). Using Landsat imagery to map forest change in southwest China in response to the national logging ban and ecotourism development. *Remote Sensing of Environment*, 121, 358-369.

Bugayong, L. A. (2006). *Effectiveness of logging ban policies in protecting the remaining natural forests of the Philippines.* In Proceedings of the 2006 Berlin Conference on Human Dimensions of Global Environmental Change Resource Policies: Effectiveness Efficiency, and Equity, Freie University, Berlin, Germany (pp. 17-18).

Dehghan Nayeri, M., Khazaei, M. & Alinasab-Imani, F. (2020). The critical heuristics of iranian banking credit system: analysis of the antithetical opinions of the beneficiaries. *Systemic Practice and Action Research*, 33(3), 363-392.

Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M., Jahanbazi, H., Zandebasiri, M. & Talebi, M. (2021). Investigating the production pattern of structures of local communities in Zagros forests (Case study of Chaharmahal and Bakhtiari province). *Forest and Wood Products*, *74*(3), 275-290. (In Persian)

Irland, L. C. (2008). State failure, corruption, and warfare: challenges for forest policy. *Journal of Sustainable Forestry*, 27(3), 189-223.

Khayati Nezhad, S., Hosseinzadeh, O., Hajjarian, M. & Abdi, M. R. (2018). Strategic planning for wood farming development (Case study: Urmia), Iranian *Journal of Wood and Paper Industries*, 8(4), 533-548. (In Persian)

Khazaei, M., Ramezani, M., Padash, A. & DeTombe, D. (2021). Creating shared value to redesigning IT-service products using SYRCS; Diagnosing and tackling complex problems. *Information Systems and e-Business Managemen*t, 19(3), 957-992.

Kiadaliri, H., Akhwan, R. & Anisi, A. (2011). Investigating the method of marking trees and its effect on the forest mass (Case study: Parcel 941 of Shorab Golband series *Iranian Forestry Magazine*, 3(1), 49-59 (In Persian)

Mirhosseini, S. S., Ramezani, M., Khazaei, M. & Azar, A. (2021). Exploring and analysing the risks and challenges of implementing ERP systems: critical system thinking. *International Journal of Information Systems and Change Management*, 12(3), 234-258.

Mohammadi Tamari, Z. & Ahmadvand, M. (2015). Strategic analysis of social forestry by using SWOT and Entropy: The case study: villages of Margon in Boyer-Ahmad County. *Rural Development Strategies*, 2(3), 299-318. (In Persian)

Mohammadi, J., Shataei Jouibari, Sh. & Namiranian, M. (2014). Comparison of quantitative and qualitative characteristics of forests structure in natural managed and unmanaged forest stands (Case study:

Shast Kalate forests of Gorgan). Journal of *Wood and Forest Science and Technology*, 21(1), 65-83. (In Persian)

Mohammadi, Z., Mohammadi Limaei, S., Lohmander, P., & Olsson, L. (2018). Estimation of a basal area growth model for individual trees in uneven-aged Caspian mixed species forests. *Journal of Forestry Research*, 29(5), 1205-1214.

Oettel, J. & Lapin, K. (2021). Linking forest management and biodiversity indicators to strengthen sustainable forest management in Europe. *Ecological Indicators*, *122*, 107275.

Sotoudeh Foumani, A. (2016). *Optimal policy making in the sustainable management of northern forests.* Ph.D. dissertation, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Guilan. (In Persian)

Sotoudeh Foumani, B., Mohammadi Limaei, S. & Rostami Shahraji, T. (2019). Assessment of logging moratorium using analytical network process in Iranian Hyrcanian forests. *Journal of Sustainable Forestry*, 38(2), 130-148.

Taghipour, A., Khazaei, M., Azar, A., Rajabzadeh Ghatari, A., Hajiaghaei-Keshteli, M. & Ramezani, M. (2022). Creating Shared Value and Strategic Corporate Social Responsibility through Outsourcing within Supply Chain Management. *Sustainability*, 14(4), 1940.

Teucher, M., Schmitt, C. B., Wiese, A., Apfelbeck, B., Maghenda, M., Pellikka, P. & Habel, J. C. (2020). Behind the fog: Forest degradation despite logging bans in an East African cloud forest. *Global Ecology and Conservation*, *22*, e01024.

Yang, L., Yin, Z., Gan, J. & Wang, F. (2020). Asymmetric price transmission of hardwood lumber imported by china after imposition of the comprehensive commercial logging ban in all natural forests. *Forests*, 11(2), 200.

Zhang, Y. & Chen, S. (2021). Wood trade responses to ecological rehabilitation program: Evidence from China's new logging ban in natural forests. *Forest Policy and Economics*, *122*, 102339.

Zhu, L. & Lo, K. (2022). Workplace attachment and the eco-restructuring of people-workplace relationships in China's extractive forestry. *The Extractive Industries and Society*, *10*, 101072.

Integrated Watershed Management, winter, 2023, 2(4), 49-66 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.560295.1044 **Online ISSN: 2783-4581**

Investigating the relationship between the effect of geological formations on groundwater quality (Study area: Yazd province)

Hassan Fathizad*, Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani

Department of arid and desert regions management, College of Natural Resources and Desert, Yazd University, Yazd, Iran

*** Corresponding author**: H.fathizad@stu.yazd.ac.ir

(Received: 14 September 2022 Revise: 19 January 2023 Accepted: 04 March 2023)

Extended Abstract

Introduction: Groundwater is one of the most important natural resources in the world. In the current situation, a significant part of Iran's consumption in the drinking sector is provided by underground water sources. In the last 20 years, salinization and reduction of groundwater quality have become one of the serious environmental problems around the world. This issue adds to the importance of proper management of groundwater consumption. Proper management of groundwater consumption is not possible without having sufficient knowledge of the distribution and expansion of saline and fresh groundwater and determining the processes influencing its evolution. Atmospheric precipitation and surface water, passing through different geological formations, dissolve the salts in them. Therefore, the chemical quality of underground water depends on the type of formation that passes through its empty spaces. Also, the time the water stays in the basement has an effective role in the quality and salinity of the water, because the longer the water stays in the sediments, the saltier it becomes. Groundwater in arid and semi-arid areas, especially in Yazd province, is the main and reliable source of water supply for various uses due to low rainfall and lack or absence of surface water sources. In order to check the condition of underground water, it is necessary to check the concentration and type of solutes in the water. One of the factors affecting the quality of underground water in Yazd province is the existence of destructive geological formations. Therefore, the purpose of this research is to investigate the relationship between the quality of underground water in Yazd province and the type of formations.

Materials and methods: Yazd province, with an area of about 737.54 square kilometers, is located in the central part of Iran's central plateau, between 29 degrees and 52 minutes to 33 degrees and 27 minutes north latitude and 52 degrees and 55 minutes to 56 degrees and 37 minutes east longitude. Yazd province is bordered by Semnan and Isfahan provinces from the north and west, Khorasan Razavi province from the northeast, Kerman and South Khorasan provinces from the east, Fars province from the southwest, and Kerman from the southeast. It varies from about 666 meters above the level of the open sea (Zarin sand desert near Aqda) to 4075 meters (Shirkoh peak). The present research is about investigating the impact of geological formations and units on the quality of underground water in Yazd province based on the statistics, information, and reports available in the Geological Organization using a 1:100000 geological map. In order to check the quality of underground water samples, 217 wells and aqueducts of Yazd Region Water Company's monitoring network in July 2013, the measured parameters of cations (sodium, potassium, calcium and magnesium), anions The main elements (bicarbonate, chloride and sulfate) present in water, electrical conductivity (EC), dissolved solids (TDS), sodium absorption ratio (SAR) and pH were used. To check the quality of underground water, sampling has been done in 18 regions of Yazd province. RockWorks 14, ArcGIS 10.3 and Excel software were used to draw and prepare maps.

Results and Discussion: To check the groundwater type of 217 sampled points in Yazd province, the average data of each region was used. By using the main ions, samples of the type of underground water in each region have been obtained in such a way that by separating the ions and their amount in each region and then implementing them in the Piper diagram, the type of groundwater in the region is obtained. As it is clear in Piper's diagram, the predominant type of underground water in Yazd province is chloride+sulfate and calcium+magnesium. These types cover the largest area in the plains and playas, which have limestone and marl. There is also carbonate type in the region due to the presence of granite formation heights that have better quality water. The interesting point in this graph is that none of the samples are in the fresh water category. The Piper diagram shows that the groundwater of the studied area is located in the hard and completely hard water type due to the existence of terrace deposits and new low-altitude foothill alluvial cones, which cover about 3,383,512 hectares of the entire area of the region. According to the Wilcox diagram of the study area, C2S2 and C4S2 classes have the lowest and highest shares with 0.46 percent and C3S4 and C4S4 classes with 32.26 and 56.22 percent, respectively. According to the results of the Wilcox diagram of underground water in Yazd province, the water quality of the region is too salty and unsuitable for agricultural use. The results show that the high amount of salts is one of the problems of the water that is used for irrigation in this area. High concentration of salt in irrigation water can reduce the growth of crops or even prevent the growth of some crops, which results in soil decomposition and groundwater pollution. In such water, the growth of plants and their quality will be improved by increasing irrigation for washing or using intermittent water with low salinity and good drainage.

Conclusions: If there is a trend of pollution and over-harvesting of the underground water table in the region, in the next few years, with the increase of TDS in the region, the condition of the water in terms of drinking will become worse. The best quality of water for drinking is in the central and southwestern regions where the normal gneiss granite formation with eye grain structure is located in the mountainous area of Shirkoh, and the further we move away from the center, the worse the water quality is. The formation of these areas is of the type of terrace deposits and alluvial cones of new foothills.

Keywords: Arid and semi-arid, Wilcox diagram, Piper charts, graphs Schuler, Yazd Province.

Citation: Fathizad, H., & Hakimzadeh Ardakani, M.A. (2023). Investigating the relationship between the effect of geological formations on groundwater quality (Study area: Yazd province). *Integrated Watershed Management*, 2(4), 49-66. doi: 10.22034/iwm.2023.560295.1044

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات (۶۶-۴۹) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.560295.1044

بررسی رابطه اثر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت آب زیرزمینی (منطقه موردمطالعه: استان یزد)

حسن فتحی زاد*، محمدعلی حکیم‌زاده اردکانی

گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

***نویسنده مسئول:** H.fathizad@stu.yazd.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۰۶/۲۳ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۱۰/۲۹ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۲/۱۳)

چکیده

آب زیرزمینی از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان است. آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه استان یزد با بارش اندک و ناکافی بودن منابع آب سطحی، منبع اصلی تأمین آب در مصارف مختلف به شمار می‌رود. هدف از این تحقیق بررسی رابطه بین کیفیت آب زیرزمینی استان یزد با نوع سازندها است. در این تحقیق برای بررسی کیفی نمونه آب زیرزمینی، ۲۱۷ حلقه چاه و قنات شبکه پایش شرکت آب منطقه‌ی یزد در تیرماه سال ۱۳۹۱، از پارامترهای اندازه‌گیری شده کاتیون‌ها (سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم)، آنیون‌ها (کربنات و بی‌کربنات، کلرید و سولفات) اصلی موجود در آب، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، کل نمک‌های محلول در آب (TDS)، نسبت جذب سدیم (SAR) و pH استفاده شد. ارزیابی کیفیت آب با روش‌های دیاگرام پایپر، دیاگرام ویلکاکس و دیاگرام شولر انجام گرفت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بیش‌ترین ضریب تغییرات مربوط به EC، TDS و Ca^{2+} با مقدار به ترتیب ۱۰۲/۲۹، ۱۰۱/۶۴ و ۱۰۰/۸۴ است و بر اساس نمودار پایپر آب زیرزمینی منطقه موردمطالعه در تیپ آب‌های سخت و کاملاً سخت واقع‌شده است. با توجه به نمودار ویلکوکس آب زیرزمینی استان یزد، کیفیت آب منطقه برای مصارف کشاورزی خیلی شور و نامناسب است و در کلاس‌های C2S2 و C4S2 با ۰/۴۶ درصد و کلاس‌های C3S4 و C4S4 به ترتیب با ۳۲/۲۶ و ۵۶/۲۲ درصد کم‌ترین و بیش‌ترین سهم را دارند. در بررسی نمودار شولر غالب آب‌های نمونه‌برداری شده با کیفیتی در رده خوب تا غیرقابل‌شرب قرار دارند. این آب‌ها ازنظر بی‌کربنات و منیزیم نسبت به سایر وضعیت بهتری دارند.

واژه‌های کلیدی: خشک و نیمه‌خشک، نمودار ویلکوکس، نمودار پایپر، نمودار شولر، استان یزد.

استناد: فتحی‌زاد، ح؛ حکیم‌زاده اردکانی، م.ع. (۱۴۰۱). بررسی رابطه اثر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت آب زیرزمینی (منطقه مورد مطالعه: استان یزد). *مدیریت جامع حوزه های آبخیز*، (۴)۲، ۶۶-۴۹.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

آب زیرزمینی از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان است. در شرایط کنونی، بخش قابل‌ملاحظه‌ای از مصارف کشور ایران در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تأمین شود (Glynn and Plummer, 2006). در ۲۰ سال اخیر، شور شدن و کاهش کیفیت آب زیرزمینی به یکی از مشکلات محیطی جدی در سرتاسر جهان تبدیل‌شده است. این موضوع بر اهمیت مدیریت مناسب مصرف آب زیرزمینی می‌افزاید. مدیریت مناسب مصرف آب زیرزمینی بدون داشتن دانش کافی از توزیع و گسترش آب‌های زیرزمینی شور و شیرین و تعیین فرآیندهای تأثیرگذار در سیر تکاملی آن، امکان‌پذیر نمی‌باشد (Karami *et al*., 2017). نزولات جوی و آب‌های سطحی در عبور از سازندهای مختلف زمین‌شناسی، املاح موجود در آن‌ها را در خود حل می‌کنند. ازاین‌رو، کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی، به نوع سازندی بستگی دارد که از میان فضاهای خالی آن عبور می‌کند. هم‌چنین مدت توقف آب در زیر زمین نیز در کیفیت و شوری آب نقش مؤثری دارد، زیرا آب هر چه در میان رسوبات زمین بیش‌تر باقی بماند شورتر می‌شود (Velayati, 2010). ازآنجاکه سازندهای زمین‌شناسی ازنظر خصوصیات سنگ‌شناسی متفاوت‌اند، آب حاصل از آن‌ها نیز دارای کیفیت گوناگونی است (Velayati, 2010). به‌عنوان نمونه سنگ‌های آذرین و کانی‌های موجود در آن‌ها، نسبت به سنگ‌های رسوبی کمتر در آب حل می‌شوند؛ بنابراین املاح آبی که از این نوع سنگ‌ها عبور می‌کنند، کم‌تر است (Kardavani, 2007). معمولاً آب‌های زیرزمینی متشکل از سنگ‌های آذرین، سنگ‌های کربناته و مواد آبرفتی متشکل از سنگ‌های آذرین هوازده یا سنگ‌های کربناته به دست می‌آید (Karami *et al*., 2017). سنگ‌های رسوبی شامل ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک و شیل می‌شود. از هوازدگی سنگ‌آهک مقدار زیادی کلسیم و گاهی به مقدار کم منیزیم وارد آب می‌شود (Abbasnejad, 2005). آب به‌دست‌آمده از ماسه‌سنگ نیز به مقدار زیادی دارای کاتیون سدیم و آنیون بی‌کربنات است (Bouwer, 1987).

مطالعاتی مختلفی در داخل و خارج کشور در موردبررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی و همچنین رابطه آن با سنگ‌شناسی و ساختمان زمین‌شناسی سازندها انجام‌شده است (Khodaei et al, 2006). Cloutier و همکاران در سال ۲۰۰۶، در تحقیقی به نقش ساختارهای زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی در تغییرات کمی و کیفی آبخوان‌های منطقهٔ اشتهارد پرداختند. نتایج نشان داد که نواحی شمالی دشت دارای تیپ کلرور سدیک است و این منطقه ازنظر شرب در رده متوسط تا کاملاً نامطبوع و ازلحاظ کشاورزی در رده شور و مضر برای کشاورزی قرار دارد. بررسی‌ها نشان داد که وجود پهنهٔ نمکی در شمال دشت به همراه افت ایجادشده در مرکز دشت که ناشی از برداشت بی‌رویه از منابع آبی است، تأثیر زیادی در کاهش کیفیت آب منطقه داشته است. Moghani Bilesua در سال ۲۰۱۳، در تحقیقی به پایش مکانی ویژگی‌های کیفی آب زیرزمینی در سازندهای مختلف زمین‌شناسی بالادست حوضه‌ی آجی‌چای، شرق دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که املاح آب‌های زیرزمینی در مسیر حرکت از پای کوه‌های اطراف به سمت غرب منطقه افزایش‌یافته و ترکیبات شیمیایی آن‌ها تغییر می‌یابد. دلیل این تغییر، وجود سنگ‌های رسوبی و نهشته‌های تبخیری میوسن در غرب منطقه است. Ansari و Mozaffarizadeh در سال ۲۰۱۴، به مطالعه‌ی هیدروژئوشیمی و تعیین نقش سازندهای زمین‌شناسی اطراف آبخوان دشت مرند در کیفیت آب زیرزمینی پرداختند. بر اساس نتایج حاصل، فرآیندهایی مانند انحلال ژیپس، هالیت، سنگ‌های آهکی همچون دولومیت و هوازدگی پلاژیوکلازهای غنی از سدیم، کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی منطقه را به‌خصوص در بخش‌های غربی، تحت تأثیر

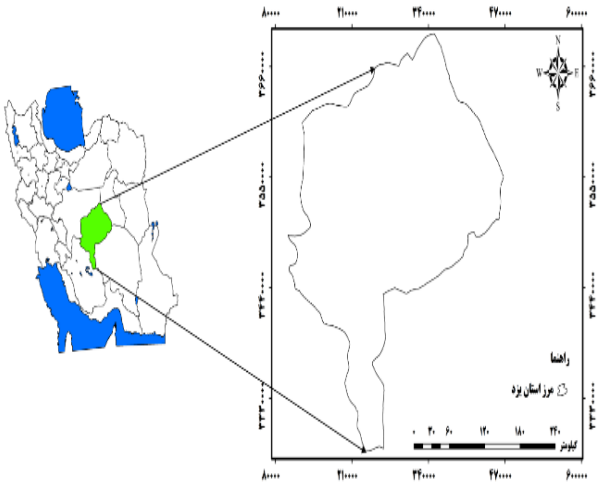
قرار می‌دهند. Ebadati و Sepavandi در سال ۲۰۱۵، به بررسی برهم‌کنش هیدروژئوشیمیایی آبخوان دشت گله‌دار و سازندهای زمین‌شناسی جنوب استان فارس پرداختند. نتایج نشان داد که دلایل تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی در این دشت، مختلف و ناشی از ورود آب‌های عبوری از نمکزارها، پساب کشاورزی و آب شور رودها و رواناب‌هایی که از سازندهای گچی اطراف وارد منطقه شده و انحلال هالیت و ژیپس این سازندها است. Lecomte و همکاران (۲۰۰۹) ویژگی‌های هیدروشیمی آب‌های زیرزمینی و روابط بین تیپ‌های مختلف آب-های زیرزمینی، زمین‌شناسی و ترکیبات هیدروژئوشیمی را با موضوع شناسایی منشأ آب‌های زیرزمینی در سیستم آبخوانه‌ی منطقه‌ی Basses-Laurentides نشان دادند. Tayebi و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر متغیرهای ژئومورفولوژی را در شیمی آب رودخانه‌های کوهستانی آرژانتین بررسی کردند. در ارزیابی اثرات گنبدهای نمکی جهان، کنار سیاه و کوه گچ جنوب شرقی شیراز بر محیط‌زیست با استفاده از مدل شبکه عصبی و تصاویر رقومی، بر آلوده شدن آب رودخانه فیروزآباد توسط این سه گنبد تأکید کرده و امکان مطالعه گنبدهای نمکی با روش‌های مختلف را با دقت‌های متفاوت ارزیابی کردند. Fathizad و Hakimzadeh Ardakani در سال ۲۰۲۲، به بررسی کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی در پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان پرداختند. نتایج نشان داد که کاهش کیفیت آب در این ناحیه، خشک‌سالی‌های اخیر و اراضی کشاورزی تحت کشت پسته در میبد و اردکان به علت آبیاری نامناسب است که در کل روی کیفیت منابع آب تأثیر گذاشته و باعث کاهش کیفیت آب شده است. وضعیت پارامترهای نسبت جذب سدیم، سولفات، کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی در قسمت مرکزی، شمال و شمال غربی منطقه موردپژوهش بیشترین میزان هدایت الکتریکی را دارا است و چون بافت اصلی خاک در این مناطق از نوع لومی، شنی-لومی، سیلت- لومی و سیلتی است، نفوذ آب در این مناطق کم بوده و درنتیجه منابع زیرزمینی در این مناطق توسط بارش‌ها احیاء نمی‌شوند و درنهایت روزبه‌روز کیفیت آب در این نواحی رو به کاهش است. Aghamirzadeh و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تغییرات عنصر آلومینیوم در آب‌های سطحی و زیرزمینی حوزه آبخیز سرچشمه استان کرمان پرداختند. نتایج نشان داد که آب‌های سطحی و زیرزمینی این منطقه بیش‌ازحد مجاز سازمان بهداشت جهانی آلومینیوم دارند و قابل آشامیدن نیستند. همچنین میزان غلظت عنصر آلومینیوم در فصل تر در آب‌های سطحی منطقه موردمطالعه بیشتر از فصل خشک و میزان غلظت عنصر آلومینیوم در قنات‌ها و چاه منطقه موردمطالعه در فصل خشک بیشتر از فصل تر است.

آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه-خشک به‌ویژه استان یزد به بارش اندک و کمبود یا نبود منابع آب سطحی، منبع اصلی و قابل‌اعتمادی برای تأمین آب در مصارف مختلف به شمار می‌رود. به‌منظور بررسی وضعیت آب-های زیرزمینی لازم است غلظت و نوع املاح موجود در آب بررسی شود. از عوامل تأثیرگذار در کیفیت آب‌های زیرزمینی استان یزد وجود سازندهای زمین‌شناسی مخرب است. توسعه استان یزد در سال‌های اخیر و وسعت زیاد فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی از یکسو و وجود واحدهای زمین‌شناسی از سوی دیگر، بررسی کیفیت آب زیرزمینی این منطقه را ضروری می-سازد. تاکنون مطالعه جامعی بر روی رابطه بین کیفیت آب زیرزمینی استان یزد با نوع واحدهای زمین‌شناسی صورت نگرفته است؛ لذا هدف از انجام این تحقیق، بررسی رابطه بین کیفیت آب زیرزمینی استان یزد با نوع سازندها است.

مواد و روش‌ها

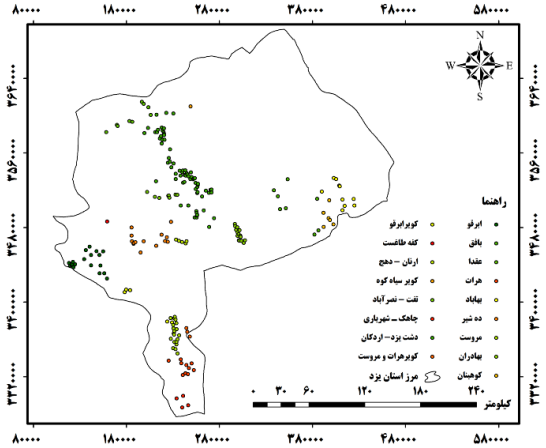
معرفی منطقه موردمطالعه

استان یزد با مساحتی در حدود ۷۳۷/۵۴ کیلومترمربع در قسمت مرکزی فلات مرکزی ایران، مابین عرض‌های ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی واقع‌شده است (شکل ۱). استان یزد از شمال و غرب به استان‌های سمنان و اصفهان، از شمال شرق به استان خراسان رضوی، از شرق به استان کرمان و خراسان جنوبی، از جنوب غربی استان فارس و از سمت جنوب شرقی به کرمان محدود می‌شود. ازنظر پستی‌وبلندی دارای تنوع است و از حدود ۶۶۶ متر از سطح دریای آزاد (کویر ریگ زرین در نزدیکی عقدا) تا ۴۰۷۵ متر (قله شیرکوه) تغییر می‌کند. مقدار متوسط بارندگی سالانه بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر است. نوسان درجه حرارت در زمستان و تابستان و حتی در شب و روز بسیار زیاد است. یزد دارای اقلیم گرم و خشک و بیابانی است و نوسان دما در تابستان و زمستان و حتی در شب و روز بالا و متغیر است و این از ویژگی‌های آب و هوایی منطقه به شمار می‌رود. یزد دارای دو فصل بلند گرما (از اسفند تا مهر) و کوتاه سرما (از آبان تا اواخر بهمن) بوده و خشکی اقلیمی استان یزد دو علت اساسی و عمده دارد: یکی این‌که روی کمربند خشک جهانی قرار دارد و دیگر آن‌که از دریاهای آزاد عمان و خلیج‌فارس و دریاچه‌های داخلی و بادهای رطوبت‌زای دریایی دور است. عامل مهم اعتدال نسبی آب‌وهوای یزد، که قابلیت زیست نسبتاً مناسبی به آن بخشیده است (Fathizad *et al.*, 2021). استان یزد، با قرار گرفتن در بخش مرکزی فلات ایران دربرگیرنده نامناسب‌ترین عوامل طبیعی چیره بر فلات مرکزی ایران است. کویرهای بزرگ لوت و دشت کویر تا دریاچه نمک قم و کویر نمک هرات و مروست تا کویر نمک ابرکوه و باتلاق گاوخونی استان یزد را فراگرفته‌اند. بارش اندک همراه با تبخیر شدید، دور بودن از دریا، نزدیکی با کویر خشک و پهناور نمک، رطوبت نسبی کم همراه با گرمای بسیار، از عواملی هستند که استان یزد را به خشک‌ترین استان ایران تبدیل کرده است.



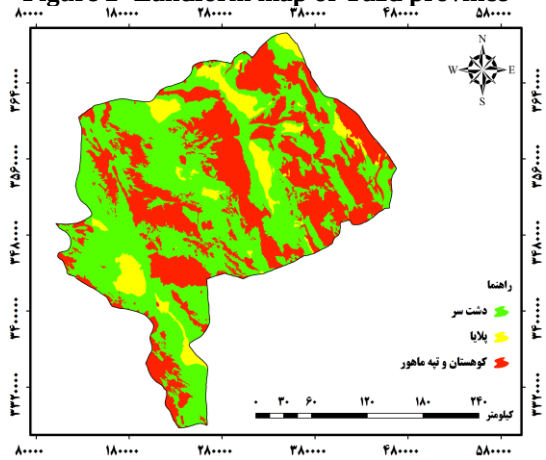
شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه در ایران
Figure 1- Location of the study area in Iran

پژوهش حاضر درباره‌ی بررسی تأثیر سازندها و واحدهای زمین‌شناسی بر کیفیت آب زیرزمینی استان یزد بر اساس آمار و اطلاعات و گزارش‌های موجود در سازمان زمین‌شناسی با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ انجام‌شده است. در شکل ۲ نقشه لندفرم استان یزد ارائه شده است. برای بررسی کیفی نمونه‌ی آب زیرزمینی، ۲۱۷ حلقه چاه و قنات شبکه پایش شرکت آب منطقه‌ی یزد در تیرماه سال ۱۳۹۱، از پارامترهای اندازه‌گیری شده کاتیون‌ها (سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) و آنیون‌های (بی‌کربنات، کلرید و سولفات) اصلی موجود در آب، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، مواد جامد حل‌شده در آب (TDS)، نسبت جذب سدیم (SAR) و pH استفاده شد. برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی، نمونه‌برداری در ۱۸ منطقه استان یزد انجام شده است (شکل ۳). جهت ترسیم و تهیه نمودار-ها نقشه از نرم‌افزارهای RockWorks14، ArcGIS10.3 و Excel استفاده شده است.



شکل ۲- نقشه لندفرم استان یزد

Figure 2- Landform map of Yazd province



شکل ۳- موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده

Figure 3- Location of sampled points

استان یزد دارای قدیمی‌ترین سازند زمین‌شناسی (پرکامبرین) تا جوان‌ترین آن (هولوسن) است. سازند پرکامبرین از سنگ‌های دگرگونی به فرم‌های مختلف و سنگ‌های آذرین تشکیل‌شده که حتی لایه‌های گچ در آن‌ها نیز دیده می‌شود. سازند پرمین، دونین و کربونیفر در مقیاس محدودتری اغلب به‌صورت سنگ‌های آهکی و سنگ‌های شنی قرمزرنگ، کنگلومرا تا سنگ‌های دولومیتی و بالاخره مارن و شیل وجود دارند. کرتاسه و ژوراسیک که قسمت اعظم سازند زمین‌شناسی استان را تشکیل می‌دهد شامل سنگ‌های آهکی، مارنی، شیلی، شنی، کنگلومرا، کوارتزیت و سنگ‌های آذرین (گرانیت) می‌باشد. سازند تریاس محدود بوده و اغلب شامل سنگ‌های آهکی تیره متراکم، شیل و دولومیت می‌شود. سازند پالئوژن (ائوسن، الیگوسن و پالئوسن) از سنگ‌های رسوبی و سنگ‌های آذرین (بازی) تشکیل می‌گردند. در بعضی موارد همراه با گنبدهای نمکی و لایه‌های گچ است که وجود این گنبدهای نمک سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی و رسوبات سطحی شده که درنهایت بر شدت و گسترش دامنه کویری می‌افزاید. رسوبات مربوط به سازند نئوژن (پلیوسن و میوسن) شامل سنگ‌های شنی، مارنی، کنگلومرایی همراه با لایه‌ها و عدسی‌های گچ و نمک می‌باشد. رسوبات کواترنر شامل تراس‌های آبرفتی، رسوبات آبی (به‌ویژه سیلابی) عهد حاضر تپه‌های ماسه‌ای کویر و شولاب بوده که قسمت‌های کم ارتفاع و دشت‌های منطقه‌ای را تشکیل می‌دهد (Fathizad, 2019).

از نظر زمین‌شناسی، استان یزد بخشی از ایران مرکزی بوده و دارای ویژگی‌های مختلفی است. محدوده بسیار کوچکی از قسمت جنوبی استان در جنوب هرات جزء منطقه زاگرس است. از دیدگاه ریخت‌شناسی می‌توان ارتفاعات استان را به رشته‌کوه‌های با روند تقریبی شمال غربی- جنوب شرقی و کوه‌های جدا مانده که در سطح دشت‌های استان پراکنده‌اند، تقسیم نمود.

تحلیل مکانی

در این تحقیق برای بررسی تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی استان یزد از نظر مکانی، روش معکوس فاصله وزنی (IDW[1]) مورد استفاده قرارگرفته است. مدل IDW یکی از معمول‌ترین روش‌های میان‌یابی نقاط پراکنده در فضاست که اساس آن بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح میان‌یابی، اثر یک پارامتر بر نقاط اطرافش یکسان نیست و هرچه فاصله از مبدأ افزایش یابد اثر کمتر خواهد شد (Ly *et al*., 2010).

تجزیه‌وتحلیل پارامترهای کیفی آب

روش‌های گرافیکی با هدف آسان کردن تفسیر و نمایش نتایج تجزیه‌وتحلیل پارامترهای کیفیت آب ارائه

1. Inverse Distance Weighted

شده‌اند. روش‌های مورداستفاده در این تحقیق عبارتند از نمودار پایپر، نمودار ویلکاکس و نمودار شولر.

نمودار پایپر

نمودار پایپر[1] جهت دسته‌بندی نمونه‌ها و تعیین تیپ شیمیایی آب استفاده می‌شود. مقدار کل آنیون‌ها و کاتیون‌ها ۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود و درصد یون‌ها روی مثلث‌های کناری علامت‌گذاری شده و نقاط متناظر روی مثلث‌های کناری بر روی لوزی میانی تصویر می‌شوند. درنهایت قضاوت در مورد تیپ کیفی آب توسط نمودار پایپر با توجه به منطقه تمرکز نقاط انجام می‌شود. در این طبقه‌بندی، آب‌ها بر اساس کاتیون‌ها به سه رخساره منیزیم، کلسیک و سدیک و نیز بر پایه آنیون‌ها به سه تیپ بی‌کربناته، سولفاته و کلروره تقسیم‌بندی می‌شوند (Piper, 1944).

نمودار ویلکوکس

طبقه‌بندی ویلکوکس[2] در سال ۱۹۴۸ توسط ویلکوکس ارائه گردیده و سه سال بعد توسط تورن تکمیل شده است. این شاخص امروزه روش بسیار متداولی در طبقه‌بندی آب‌ها به لحاظ کشاورزی محسوب می‌گردد. در این طبقه‌بندی دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم لحاظ شده که هر یک از آن‌ها به چهار قسمت تبدیل می‌گردند که درمجموع باعث پدید آمدن ۱۶ گروه می‌گردد (Todd and Mays 2004; Cloutier *et al*., 2006).

۱. کلاس و طبقه C_1S_1 آب‌های خیلی خوب.

۲. کلاس‌ها و طبقه‌های C_1S_2 ، C_2S_2، C_2S_1 آب‌های خوب.

۳. کلاس‌ها و طبقه‌های C1S3، C_2S_3، C_3S_1، C_3S_2 آب‌های متوسط.

۴. کلاس‌ها و طبقه‌های C1S4، C_2S_4، C_3S_4، C_4S_4، C_4S_1، C_4S_2، C_4S_3 آب‌های نامناسب برای زراعت.

به‌طورکلی هرچقدر مقدار اندیس‌های حرف S و C بزرگ‌تر می‌شود به این معنی است که شوری آب بیشتر شده و برای زراعت نامناسب‌تر می‌شود.

با توجه به تأثیری که سدیم روی خاک و روی تولید محصول در گیاهان می‌تواند بگذارد یکی از عوامل تعیین کیفیت آب آبیاری محسوب می‌شود (Panahi *et al*., 2010). کیفیت منابع آب برای آبیاری بر اساس نسبت جذب سدیم (SAR) و هدایت الکتریکی (EC) و با استفاده از نمودار ویلکوکس قابل ارزیابی است. با توجه به غلظت یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، با استفاده از رابطه (۱) می‌توان مقدار SAR را محاسبه کرد.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

رابطه (۱)

از دیدگاه کشاورزی افزایش میزان سدیم نسبت به عناصر کلسیم و منیزیم موجب پراکندگی ذرات خاک، کاهش نفوذپذیری و قابلیت زهکشی آن می‌گردد (Rahmani *et al*., 2012). زیادی میزان این عنصر همچنین باعث سوختگی برگ می‌شود. هر چه مقدار این عامل در آب بالا باشد، آب کیفیت پایین‌تری در مصارف کشاورزی خواهد داشت (Le Roux *et al*., 2007; Qian and Mecham, 2005; Younger and Casey, 2003). در این نمودار محور افقی به میزان هدایت الکتریکی (EC) و محور عمودی به نسبت جذب سدیم (SAR) اختصاص دارد. نمودار ویلکوکس به ۱۶ رده تقسیم می‌شود که آب‌های رده C_1S_1 بهترین و آب‌های رده C_4S_4 بدترین آب برای استفاده آبیاری است (Cloutier *et al*., 2006).

1. Piper
2. Wilcox

نمودار شولر

نمودار شولر[1]، یک نمودار نیمه لگاریتمی است که غلظت یون‌های اصلی را برحسب میلی اکی والان گرم در لیتر، نشان می‌دهد. در این نمودار بر اساس پنج پارامتر شیمیایی سدیم، کلر، سولفات، باقیمانده خشک (TDS) و سختی، آب‌ها از نظر مصرف آشامیدنی، طبقه‌بندی می‌شوند. در این تقسیم‌بندی، آب‌های موردبررسی به شش گروه شامل خوب، قابل‌قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطبوع و غیرقابل‌شرب تقسیم می‌شود (Schoeller, 1964). نمودارهای پایپر، شولر و ویلکاکس نیز با استفاده از نرم‌افزارهای Aq.qa و AquaChem ترسیم گردیدند.

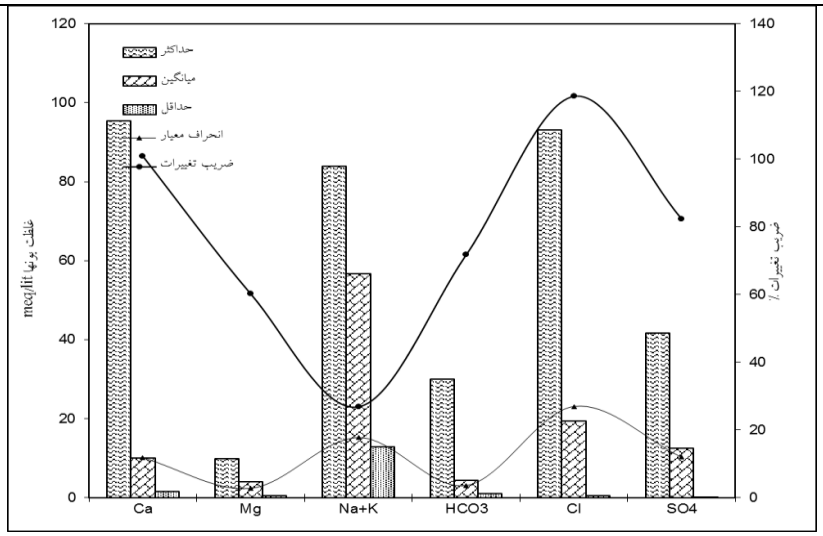
نتایج

برای بررسی وضعیت کلی منطقه و چگونگی تغییرات کیفیت شیمیایی در نمونه‌های برداشت‌شده، پارامترهای آماری مهم برای هر شاخص کیفی محاسبه‌شده که در جدول ۱ و شکل ۴ آمده است. با توجه به جدول (۱) بیشترین ضریب تغییرات مربوط به EC، TDS و Ca^{2+} با مقدار به ترتیب ۱۰۲/۲۹، ۱۰۱/۶۴ و ۱۰۰/۸۴ است.

جدول ۱- مشخصه‌های آماری پارامترهای مختلف شیمیایی استان یزد (برحسب ppm)

Table 1- Statistical characteristics of different chemical parameters in Yazd province (ppm)

SO_4^{2-} (meq/lit)	Cl^- (meq/lit)	HCO_3^- (meq/lit)	K^+ (meq/lit)	Na^+ (meq/lit)	Mg^{2+} (meq/lit)	Ca^{2+} (meq/lit)	pH	T.D.S (meq/lit)	EC (us/cm)	پارامتر
217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	تعداد نمونه‌ها
10.45	19.48	4.29	0.1	56.66	3.95	10.02	7.61	3394.7	5282.1	میانگین حسابی
10.26	23.09	3.08	0.1	15.19	2.38	10.1	0.43	3450.4	5403.2	انحراف معیار
82.41	118.5	71.79	100	26.81	60.25	100.8	5.65	101.64	102.29	ضریب تغییرات (درصد)
41.65	93.06	30	0.75	83.88	9.86	95.41	8.3	21200	36800	حداکثر
0.21	0.45	1.04	0	12.86	0.47	1.6	6.28	180	298	حداقل
5.21	6.35	3.2	0.05	75.52	2.37	5.67	8.3	1100	3180	مد
8.33	8.88	3.52	0.05	58.51	3.16	6.79	7.62	1850	2940	میانه
41.43	92.61	28.96	0.75	71.02	9.39	93.81	2.02	21020	3502	دامنه تغییرات
1.17	1.54	4.61	2.46	0.29	0.69	3.85	0.47	1.75	1.93	چولگی



شکل ۴- نمودار آنالیز آماری پارامترهای مختلف شیمیایی استان یزد

Figure 4- Chart of statistical analysis of different chemical parameters of Yazd province

1. Schoeller

محاسبه پارامترهای مختلف شیمیایی حاصل از آزمایش تجزیه شیمیایی

هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی آب نشان‌دهنده میزان املاح هادی موجود در آب است. این شاخص به‌سادگی قابل‌اندازه‌گیری بوده و به‌طورمعمول با مجموع مواد حل‌شده در آب رابطه مستقیم دارد، به‌گونه‌ای که با افزایش مواد محلول، میزان هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. بیشترین و کمترین میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در استان یزد به ترتیب ۱۱۵۰ و ۲۹۸ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر است. همان‌گونه که در شکل ۵ نشان داده شده است در ارتفاعات شیرکوه و مناطق کوهستانی میزان هدایت الکتریکی پایین و در دشت و پلایا میزان هدایت الکتریکی بسیار بالا است.

آنیون‌ها و کاتیون‌ها

نمک‌های محلول در آب به‌صورت کاتیون و آنیون تجزیه می‌شوند و هرچه نمک آب بیشتر باشد یون‌ها افزایش می‌یابند (Lashkaripour and Lashkaripour, 2012; Sepahvand, 2015). آنیون‌ها شامل Cl^-، So_4^{2-}، HCO^{3-} و کاتیون‌ها شامل مجموع غلظت یون‌های Ca^{2+}، Na^+، Mg^{2+}و K^+است.

کلرید (Cl^-)

کلرید در آب آشامیدنی، از منابع طبیعی، فاضلاب-های خانگی، روناب‌های شامل نمک‌های ذوب کننده یخ و ورود آب‌های شور ناشی می‌شود. غلظت‌های اضافی کلرید، بسته به قلیایت آب، سرعت خورندگی فلزات را در شبکه توزیع افزایش می‌دهد. درنتیجه، این امر منجر به افزایش غلطت فلزات در آب می‌شود. بیشترین و کمترین میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در استان یزد به ترتیب ۶۸ و ۱/۱۸ میلی اکی‌والان در لیتر است. در مرکز منطقه موردمطالعه که جنس ساختار زمین‌شناسی از نوع گرانیت و سنگ‌آهک ضخیم لایه تا توده‌ای الیت‌دار خاکستری است مقدار یون کلرید کم و هر چه از مرکز دور می‌شویم که مقدار یون کلرید به دلیل ساختار زمین‌شناسی نوع ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع است بیشتر می‌شود (شکل ۶).

سولفات (SO_4^{2-})

سولفات به‌طور طبیعی در بسیاری از مواد معدنی وجود دارد و در آب‌های زیرزمینی با غلظت زیاد مشاهده می‌شود. سولفات از آنیون‌هایی است که کمترین سمیت را دارد. وجود سولفات ممکن است طعم قابل‌تشخیصی را در مقادیر بیش از ۲۵۰ میلی اکی‌والان در لیتر ایجاد کند. مقادیر بیش از ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات همراه با منیزیم، سبب ناراحتی‌های گوارشی و از دست رفتن آب بدن می‌شود. بیشترین و کمترین میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در استان یزد به ترتیب ۲۸ و ۰/۲۱ میکروزیمنس بر ثانیه است (شکل ۷).

بی‌کربنات (HCO^{3-})

بی‌کربنات‌ها باعث افزایش سختی آب می‌شوند. افزایش یون بی‌کربنات به دلیل تغذیه از سازندهای آهکی و کربناته است. بیشترین و کمترین میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در استان یزد به ترتیب ۱۵ و ۱ میلی اکی‌والان در لیتر است (شکل ۸). همان‌گونه که در شکل مشخص است هر کجایی که جنس سازند زمین‌شناسی از مارن، مارن ژیپس‌دار، سنگ آهک و ماسه سنگ می‌باشد مقدار یون بی-کربنات بیشتر است.

کاتیون‌های کلسیم Ca^{2+}، سدیم Na^+، منیزیم Mg^{2+}و پتاسیم K^+

در مقایسه نسبت کاتیونی در محدوده موردمطالعه یون سدیم نسبت به یون‌های کلسیم، سدیم و پتاسیم گسترش بیشتری دارد ولی یون سدیم نسبت به سایر

یون‌ها بیشترین مقدار را دارد. بیشترین مقدار یون‌های کلسیم، سدیم، منیزیم و پتاسیم آب زیرزمینی در استان یزد به ترتیب ۳۳، ۷۶، ۷ و ۰/۲۸ و کمترین مقدار به ترتیب ۲، ۱۲، ۰/۴۷ و ۰ میلی اکی‌والان در لیتر است (شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲). در این شکل‌ها مشاهده می‌شود که در سازندهای مناطق مرتفع و کوهستانی که جنس سازند مقاوم و معمولاً از گرانیت هست مقدار همه کاتیون‌ها کم، ولی در دشت و پلایا مقدار آن‌ها بالا است.

مواد جامد حل‌شده در آب (TDS)

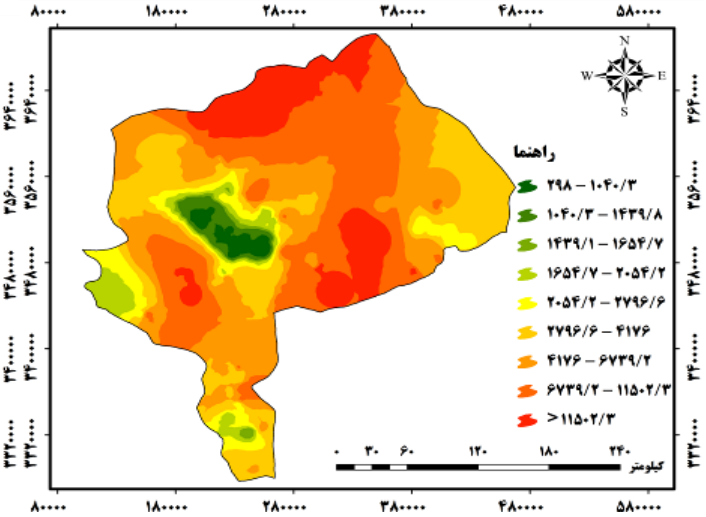
به‌طورکلی غلظت نمک‌های کلیسم و منیزیم محلول، سختی کل آب را تشکیل می‌دهند که برحسب کربنات کلسیم بیان می‌شود. با توجه به نقشه TDS منطقه موردمطالعه (شکل ۱۳) کمترین مقدار TDS در مرکز و هر چه از مرکز دور می‌شویم مقدار آن افزایش می‌یابد. بیشترین و کمترین مقدار TDS منطقه به ترتیب برابر با ۱۲۲۰۶ و ۱۸۰ است. در مناطقی که جنس سازند آن‌ها از آهک و مارن است به دلیل وجود کانی سولفات و کلسیم و منیزیم غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها و به‌تبع آن باقی‌مانده خشک نیز افزایش می‌یابد (World health organization, 1993).

نسبت جذب سدیم (SAR)

نسبت جذب سدیم که با محاسبه کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم حاصل می‌گردد بیانگر شوری آب است. حداقل نسبت جذب سدیم برابر ۰/۳۷ و حداکثر ۲۷ است. نقشه SAR منطقه موردمطالعه در شکل ۱۴ آمده شده است.

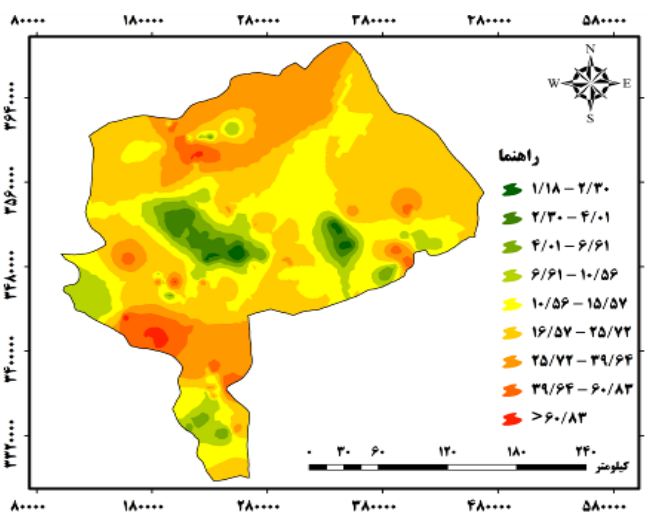
pH

pH آب در واقع معیاری است نشان‌دهنده میزان خاصیت اسیدی یا قلیائی آب و بر اساس غلظت یون هیدروژن محاسبه می‌شود. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که در بخش‌های مرکزی به‌طرف شمال شرقی میزان pH بالا است (شکل ۱۵). مقدار pH در بیشتر آب‌های زیرزمینی به تعادل دی اکسیدکرین، کربنات و بی-کربنات‌ها بستگی دارد (Ebadati and Sepavandi, 2015). در بخش‌هایی که میزان بی‌کربنات کم است، میزان pH بالا است و در منطقه‌ای که میزان بی-کربنات‌ها بالا است میزان pH کمتر است. میزان pH برای آب شرب در استانداردهای جهانی بین ۵/۸-۵/۶ است. ازاین‌رو بر اساس این استاندارد، pH در محدوده مطالعاتی زیاد است (World health organization, 1993, 2004).



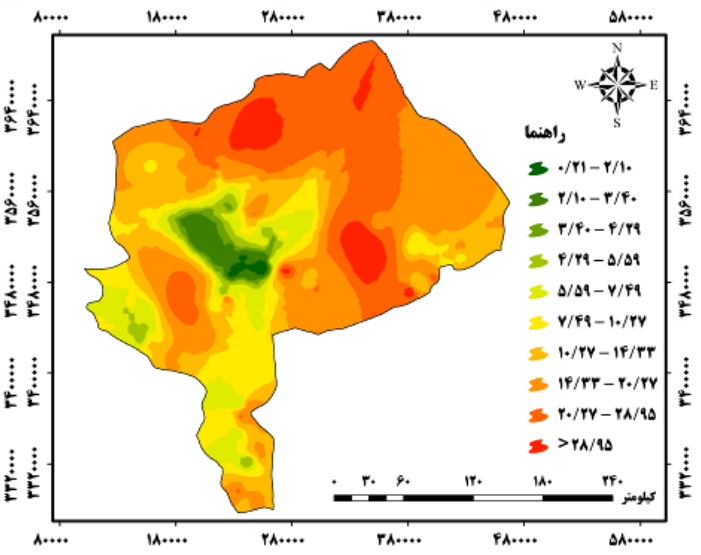
شکل ۵- نقشه EC آب زیرزمینی استان یزد

Figure 5- Map of EC groundwater in Yazd province



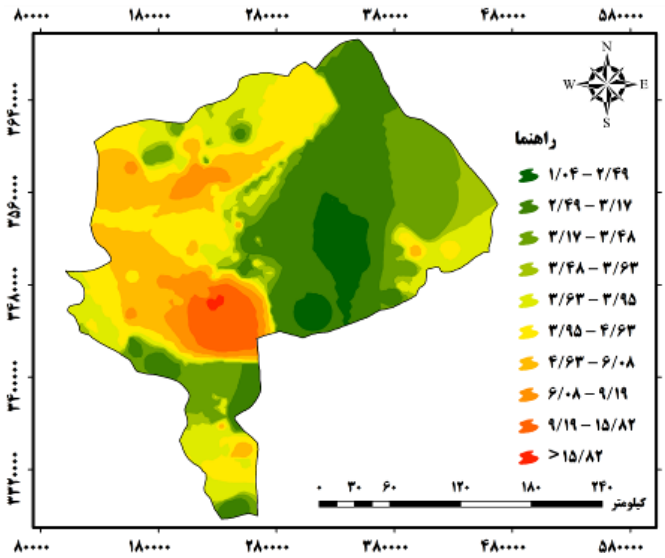
شکل ۶ – نقشه Cl^- آب زیرزمینی استان یزد

Figure 6- Map of Cl- groundwater in Yazd province



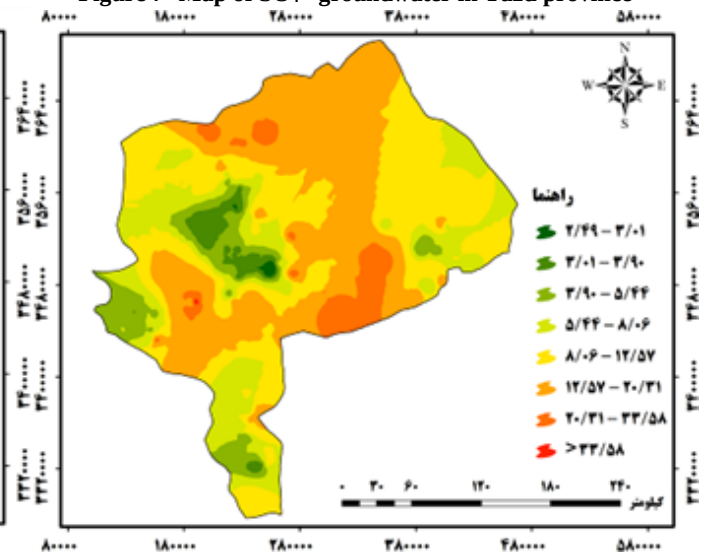
شکل ۷- نقشه SO_4^{2-} آب زیرزمینی استان یزد

Figure 7- Map of SO_4^{2-} groundwater in Yazd province



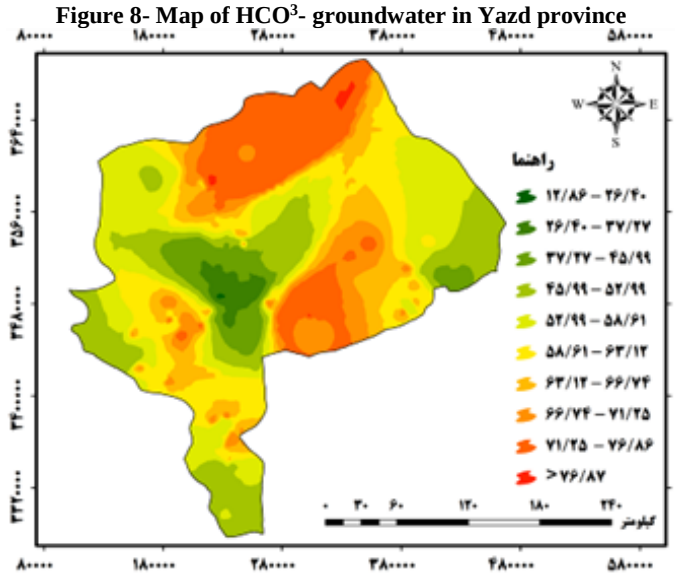
شکل ۸ – نقشه HCO^3 آب زیرزمینی استان یزد

Figure 8- Map of HCO^3- groundwater in Yazd province



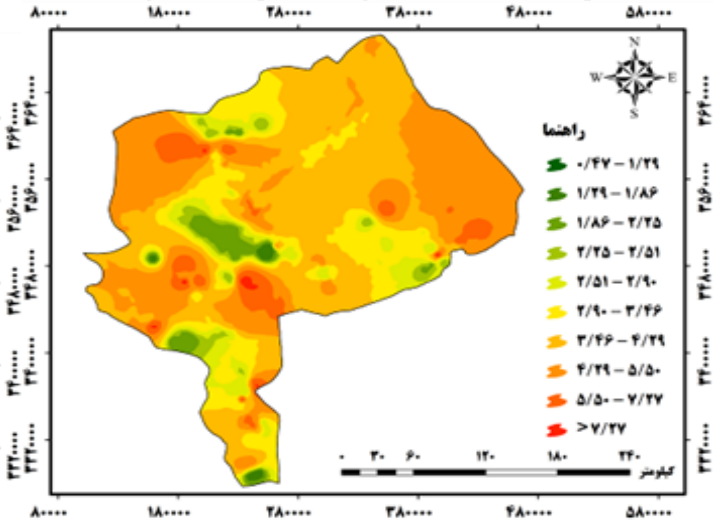
شکل ۹- نقشه Ca^{2+} آب زیرزمینی استان یزد

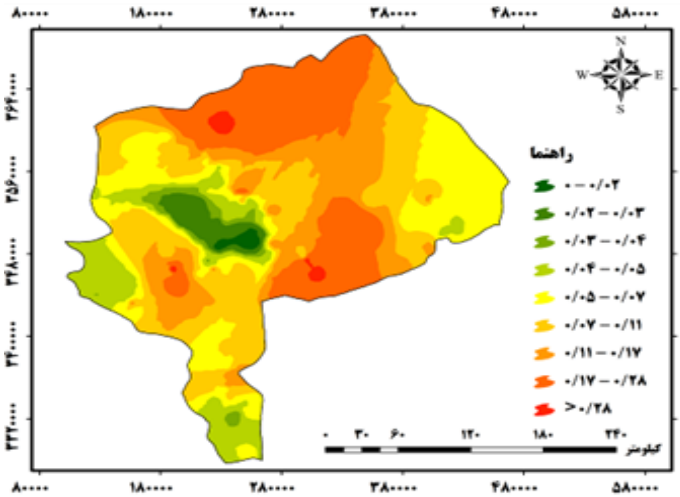
Figure 9- Map of Ca^{2+} groundwater in Yazd province



شکل ۱۰ – نقشه Na^+ آب زیرزمینی استان یزد

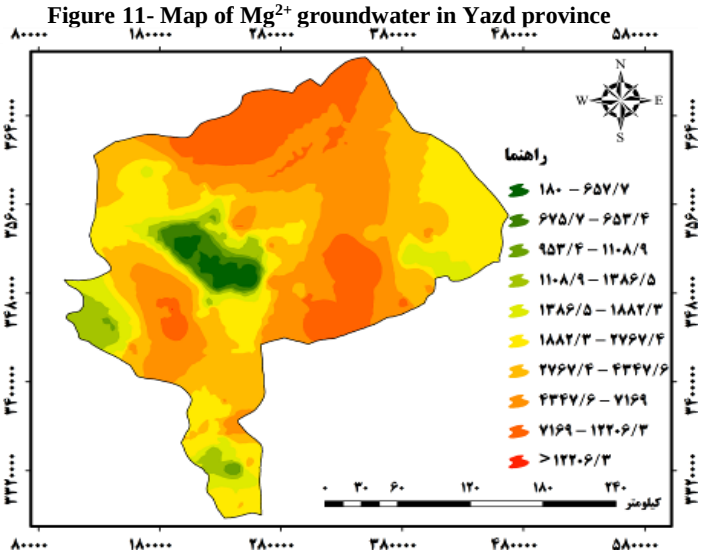
Figure 10- Map of Na^+ groundwater in Yazd province





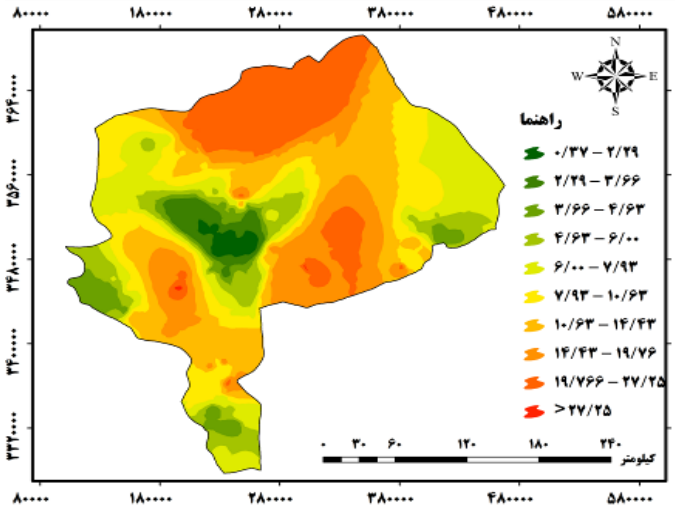
شکل ۱۱- نقشه Mg^{2+} آب زیرزمینی استان یزد

Figure 11- Map of Mg^{2+} groundwater in Yazd province



شکل ۱۲ – نقشه K^{+}آب زیرزمینی استان یزد

Figure 12- Map of K^{+} groundwater in Yazd province

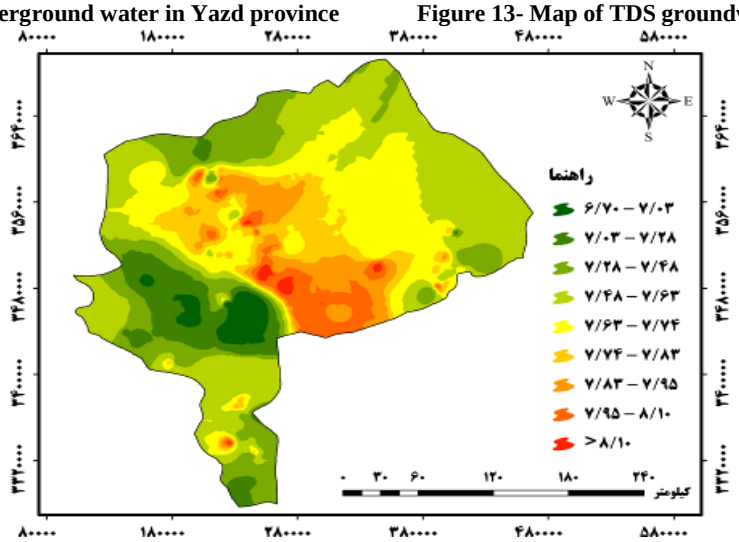


شکل ۱۳- نقشه TDS آب زیرزمینی استان یزد

Figure 13- Map of TDS groundwater in Yazd province

شکل ۱۴. نقشه SAR آب زیرزمینی استان یزد

Figure 14. SAR map of underground water in Yazd province

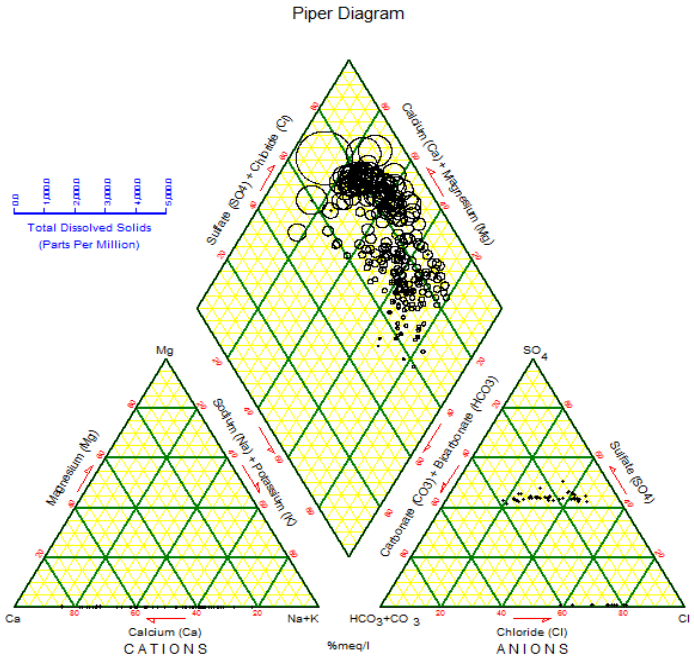


شکل ۱۵. نقشه pH آب زیرزمینی استان یزد

Figure 15. pH map of underground water in Yazd province

تیپ املاح محلول در آب زیرزمینی استان یزد

برای بررسی تیپ آب زیرزمینی ۲۱۷ نقطه نمونه‌برداری شده استان یزد، از میانگین داده‌های هر منطقه استفاده شد. با استفاده از یون‌های اصلی، نمونه-های تیپ آب زیرزمینی در هر منطقه به‌دست‌آمده است، به‌نحوی‌که با تفکیک یون‌ها و مقدار آن‌ها در هر ناحیه و سپس پیاده کردن آن‌ها در نمودار پایپر تیپ آب زیرزمینی منطقه به دست می‌آید (Sadaghat, 2006; Alizadeh, 2011). همان‌گونه که در نمودار پایپر (شکل ۱۶) مشخص است تیپ غالب آب زیرزمینی استان یزد کلراید+ سولفات و کلسیم+ منیزیم است. این تیپ‌ها در دشت و پلایاها که جنس آهکی و مارن دارند بیش‌ترین وسعت منطقه را در برگرفته است. در منطقه تیپ کربناته هم وجود دارد و دلیل آن وجود ارتفاعات با سازند گرانیتی است که دارای آب باکیفیت‌تری است. نکته جالب در این نمودار این است که هیچ‌کدام از نمونه‌های در تیپ آب شیرین قرار ندارند.



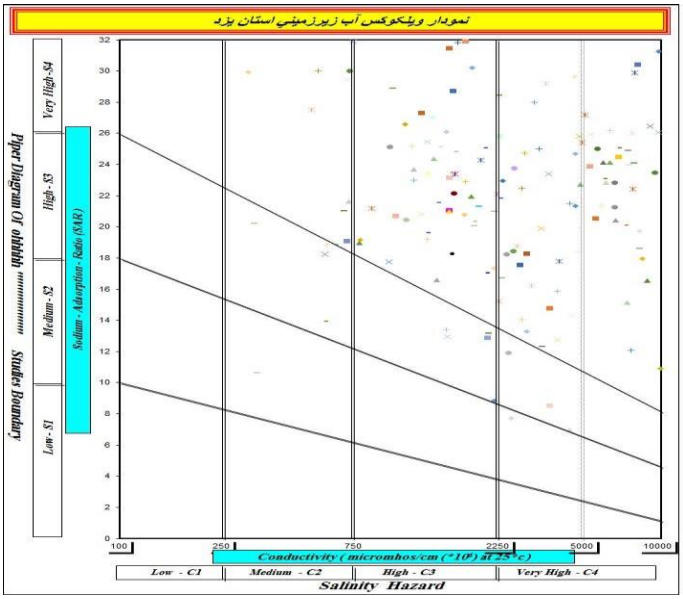
شکل ۱۶- نمودار پایپر آب زیرزمینی استان یزد

Figure 16- Piper diagram of groundwater in Yazd province

نمودار پایپر (شکل ۱۶) نشان می‌دهد که آب زیرزمینی منطقه موردمطالعه در تیپ آب‌های سخت و کاملاً سخت واقع شده است. دلیل آن وجود سازند ذخایر تراسی و مخروطه افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع دانست که حدود ۳۳۸۳۵۱۲ هکتار از مساحت کل منطقه را در برگرفته‌اند.

بررسی کیفیت آب زیرزمینی از نظر مصارف کشاورزی

نمودار ویلکوس منطقه موردمطالعه در شکل ۱۷ و درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در کل محدوده در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۱۷- نمودار ویلکوکس آب زیرزمینی استان یزد

Figure 17- Wilcox diagram of groundwater in Yazd province

جدول ۲- درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی ویلکوکس برای مصارف کشاورزی در محدوده استان یزد

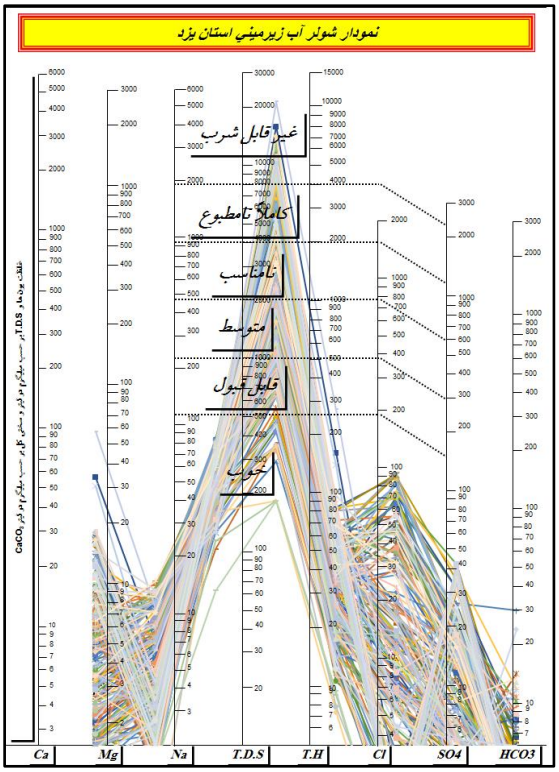
Table 2- The percentage of each Wilcox classification class for agricultural uses in the Yazd province.

C4				C3				C2				C1			
S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1
56.22	2.76	0.46	0	3.26	0.92	0	0	4.61	2.3	0.46	0	0	0	0	0

بر اساس نمودار ویلکوکس منطقه موردمطالعه (شکل ۱۷)، کلاس‌های C_2S_2 و C_4S_2 با ۰/۴۶ درصد و کلاس‌های C_3S_4 و C_4S_4 به ترتیب با ۳۲/۲۶ و ۵۶/۲۲ درصد کمترین و بیش‌ترین سهم را دارند. با توجه به نتایج نمودار ویلکوکس آب زیرزمینی استان یزد، کیفیت آب منطقه برای مصارف کشاورزی خیلی شور و نامناسب است. نتایج بیان‌گر این مطلب است که مقدار بالای نمک‌ها یکی از مشکلات آبی است که در این منطقه برای آبیاری مورداستفاده قرار می‌گیرد. غلظت بالای نمک در آب آبیاری می‌تواند رشد محصولات را کاهش داده و یا حتی از رشد برخی محصولات جلوگیری کند که نتیجه آن تجزیه خاک و آلودگی آب زیرزمینی است. در چنین آبی رشد گیاهان و کیفیت آن‌ها با افزایش آبیاری برای شستشو و یا استفاده متناوب از آب با شوری کم و زهکشی خوب بهبود خواهد یافت.

بررسی کیفیت آب زیرزمینی از نظر مصارف شرب

جهت مشخص نمودن کیفیت آب علاوه بر استانداردهای ملی و بین‌المللی از استانداردهای دیگری هم استفاده می‌شود که نمودار شولر یک مورد از آن است که جهت رسم نمودار شولر از نرم‌افزار RockWare AqQA استفاده گردید (شکل ۱۸). درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای مصارف شرب در استان یزد در جدول ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۱۸- نمودار شولر آب زیرزمینی استان یزد

Figure 18- Schuler diagram of groundwater in Yazd province

جدول ۳. درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای مصارف شرب در کل محدوده استان یزد
Table 4- The percentage of each of Schuler's classification classes for drinking purposes in the entire area of Yazd province

طبقه‌بندی آب	TDS (meq/lit)	TH (meq/lit)	pH	Na (meq/lit)	Cl (meq/lit)	SO_4 (meq/lit)
خوب	7.37	11.98	63.59	0	28.57	12.9
قابل‌قبول	16.59	28.57	17.97	0	23.04	23.04
متوسط	28.11	41.01	12.44	0.46	19.35	19.35
نامناسب	17.05	17.05	2.3	13.36	10.6	32.26
کاملاً نامطبوع	17.97	0.92	1.38	82.95	14.75	12.44
غیرقابل‌شرب	12.9	0.46	2.32	0	3.69	0

در بررسی نمودار شولر (شکل ۱۸)، غالب آب‌های نمونه‌برداری شده با کیفیتی در رده خوب تا غیرقابل‌شرب قرار دارند. این آب‌ها از نظر بی‌کربنات و منیزیم نسبت به سایر وضعیت بهتری دارند. همچنین نمودار نشان‌دهنده غنی بودن آب زیرزمینی منطقه از TDS و سولفات است.

بحث

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی سبب شده سرعت مطالعه و بروزرسانی داده‌های منابع آب زیر-زمینی، نسبت به روش‌های سنتی و دستی که پرهزینه، وقت‌گیر و کم‌دقت‌تر است افزایش یابد. با استفاده از نقشه‌های ترسیمی در محیط نرم‌افزار ArcGIS به‌راحتی می‌توان مکان‌های بهینه جهت بهره‌برداری از آبخوان برای مصارف کشاورزی را تشخیص داد و با بروز کردن اطلاعات، مدیریت بهتری را بر روی کیفیت آب منطقه اعمال کرد و در هر زمان از وضعیت کیفی آب زیرزمینی در هر منطقه آگاه شد و الگوی کشت اصلاحی، متناسب با کیفیت آب پیشنهاد نمود. جهت پهنه‌بندی مجدد کیفی آب آبخوان جهت مصارف کشاورزی و یا سایر مصارف (از قبیل شرب و بهداشت، صنعت و...) منابع انتخابی به تعداد بیشتر و با پراکندگی مناسب‌تر، جهت بررسی دقیق‌تر تغییرات کیفیت آب زیرزمینی مشخص گردد.

بیلان آب زیرزمینی نشان می‌دهد که تغییرات سطح آب در مرکز استان یزد (دشت یزد-اردکان) مربوط به تغذیه دشت، ناشی از نزولات جوی جریان‌های زیرزمینی، سیلاب‌ها و آب‌های برگشتی کشاورزی بوده که سبب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی می‌شود و تخلیه آب زیرزمینی دشت به علت بهره‌برداری از چاه‌ها، تخلیه قنوات و چشمه‌ها است که سبب پائین رفتن آب زیرزمینی در سفره می‌گردد.

چنانچه روند آلودگی و برداشت بیش‌ازحد از سفره آب زیرزمینی منطقه وجود داشته باشد، در چند سال اخیر با افزایش TDS منطقه، وضعیت آب از نظر شرب در وضعیت بدتری قرار می‌گیرد. با نتایج تحقیق Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) که نشان دادند که غلظت‌های بیش‌ازحد TDS باعث شده است تا آب‌های زیرزمینی بعضی از مناطق دشت قزوین برای مصارف آشامیدنی نامطلوب شوند، همخوانی دارد. نتایج جدول بالا نشان می‌دهد که مقدار درصد pH و Cl در وضعیت خوب، TDS و TH در وضعیت متوسط، SO_4 در وضعیت نامناسب و Na در وضعیت کاملاً نامطبوع قرار دارد.

بهترین کیفیت آب برای شرب در مناطق مرکزی و جنوب غربی جایی که سازند گرانیت گنیس نرمال با ساختار دانه‌چشمی که در ناحیه کوهستانی شیرکوه قرار دارد است و از مرکز به اطراف کیفیت آب بدتر

خواهد شد. سازند این مناطق از نوع ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع است. از دلایل کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌توان به تجمع مناق مسکونی و زمین‌های کشاورزی در مرکز استان یزد اشاره کرد که بهره‌برداری بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی در این بخش نسبت به سایر نواحی دشت صورت می‌گیرد که با نتایج Jahanshahi و همکاران (۲۰۱۴) که به ارزیابی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی با استفاده از GIS و زمین‌آمار در آبخوان دشت شهر بابک پرداختند همخوانی دارد.

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه و با توجه به این‌که عوامل گوناگونی مانند میزان کاتیون‌ها و آنیون‌ها در کیفیت آب مؤثر می‌باشند پیشنهاد می‌گردد که پهنه‌بندی و تعیین کیفیت آب با در نظر گرفتن مجموع عوامل برای هر منطقه انجام گیرد. در مورد آب‌های کشاورزی و صنعتی نیز بهتر است که پهنه‌بندی کیفیت آب کشاورزی و صنعتی نیز در هر منطقه با توجه به فاکتورهای استاندارد مؤثر بر آن‌ها انجام گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

عامل اصلی کاهش‌دهنده کیفیت آب زیرزمینی استان یزد وجود سازندهای زمین‌شناسی تبخیری شامل کانی ژیپس و نمک است. پیشنهاد می‌گردد در جهت استفاده از آب منطقه نهایت برنامه‌ریزی صورت گیرد تا در سال‌های متمادی مشکلی در جهت کاهش کیفیت منطقه رخ ندهد.

دشت یزد-اردکان که منطقه اصلی صنعتی استان یزد است به دلیل تمرکز جمعیت و افزایش نیاز آبی، رخداد خشک‌سالی‌های شدید به‌ویژه در طی دهه اخیر و تأمین آب بخش صنعت و کشاورزی به‌شدت تحت‌فشار قرار دارد و ادامه روند موجود علاوه بر تشدید تنگناهای تأمین آب بخش‌های اقتصادی و جمعیتی باعث قرار گرفتن آن در محدوده دشت‌های ممنوع توأم با افت کیفیت آب خواهد شد؛ بنابراین می‌توان با تغذیه مصنوعی، توسعه شیوه‌های بهره‌برداری از منابع آب به‌صورت چند مصرفی (فاضلاب تولیدی) و افزایش ورودی هیدرولوژیکی به دشت از طریق تسریع در عملیات انتقال آب به مرکز کشور در احیا دشت اقدام نمود.

References

Abbasnejad.A. (2005). Soil for geology. Shahed Bahonar University Press. 535 pp. (In Persian).

Aghamirzadeh. S., Ganjeizadeh Rohani, F., Saeediyan. H. & Ganjeizadeh, K. (2022). Investigation of aluminum element changes in surface and groundwater of sarcheshmeh watershed in Kerman province. Integrated Watershed Management, 2(1). 61-72. doi: 10.22034/IWM.2022.551640.1026

Alizadeh. A. (2011). Principles of Applied Hydrology, Astan Quds Razavi Publications. 432 pp. (In Persian).

Ansari. A. & Mozaffarizadeh. J. (2014). Assessment of Hydrochemical Interactions between Galendar's Aquifer and Geological Formations. Journal of Geochemist, 3(2). 152-162. https://doi.org/10.3390/w14152395

Bouwer. H. (1987). Groundwater Hydrology. McGraw-Hill, Inc. 525 pp.

Cloutier. V., Lefebvre. R., Savard. M. M., Bourque. É. & Therrien. R. (2006). Hydrogeochemistry and groundwater origin of the Basses-Laurentides sedimentary rock aquifer system, St. Lawrence Lowlands, Québec, Canada. Hydrogeology Journal, 14(4). 573-590. https://doi.org/10.1007/s10040-005-0002-3

Ebadati. N. & Sepavandi. S. (2015). Role of geological structures and lithology in the quantitative and qualitative changes of Eshtehard aquifers. Iranian journal of Ecohydrology, 2(1). 117-128. (In Persian). 10.22059/ije.2015.55133

Fathizad. H., Tavakoli. M., Hakimzadeh Ardakani. M.A., Taghizadeh-Mehrjardi. R. & Sodaiezadeh. H. (2021). Evaluation of the

Effects of Climate Change on Meteorological Parameters under Different Scenarios in Yazd Meteorological Station. Journal of Water and Soil Science. 24 (4). 1-17. (In Persian). 10.47176/jwss.24.4.42131

Fathizad. H. & Hakimzadeh Ardakani. M. A. (2022). Evaluation of the efficiency of artificial neural network and random forest models in predicting groundwater quality parameters of Yazd-Ardakan plain. Integrated Watershed Management, 1(2). 1-19. doi: 10.22034/iwm.2022.250822

Fathizad. H. (2019). Evaluating the trend of soil degradation in the plain of Yazd-Ardakan using remote sensing and with emphasis on drought and land use change. Thesis PH. D in Combat Desertification.Yazd University. (In Persian).

Glynn P.D. & Plummer. L.N. (2005). Geochemistry and the understanding of groundwater system. Hydrogeol j. 13: 2005, 263–287. https://doi.org/10.1007/s10040-004-0429-y

Jahanshahi. A. Rohimoghaddam. E. & Dehvari. A. (2014). Investigating groundwater quality parameters using GIS and geostatistics (case study: Shahr-Babak plain aquifer). Water and soil science, 24(2). 183-197. (In Persian).

Karami. F., Bayati Khatibi. M. & Talebzadeh Shoushtari. A. (2017). Determining and prioritizing factors affecting the development of medical tourism with an emphasis on domestic tourists (Case study: City of Mashhad). Journal of Geography and Regional Development. 14(2). 109-128. (In Persian). 10.22067/geography.v14i2.49871

Kardavani. P. (2007). Geohydrology. Tehran University Press. 286 pp. (Persian).

Khodaei. K., Shahsavari. A. A. & Etebari. B. (2006). Evaluation of aquifer vulnerability of JOVEIN PLAIN using DRASTIC and Gods methods. Iranian Journal of Geology. 2(4): 73-87 (In Persian).

Lashkaripour. M. & Lashkaripour. GH. (2012). Check the quality of groundwater geological formations Iranshahr and the impact on water quality. Thirty gathering of Earth Sciences. 1-7. (Persian).

Le Roux. P. A. L., du Preez. C., Strydom. M., Rensburg, L. & Bennie. A. (2007). Effect of irrigation on soil salinity profiles along the Lower Vaal River, South Africa. Water SA. 33(4). http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v33i4.52942

Lecomte. K. L., García. M. G., Formica. S. M. & Depetris. P. J. (2009). Influence of geomorphological variables on mountainous stream water chemistry (Sierras Pampeanas, Córdoba, Argentina). Geomorphology. 110(3-4).195-202. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.04.016

Ly. S, Charle, C. & Degr. A. (2010). Spatial interpolation of daily rainfall at catchment scale: a case study of the Ourthe and Ambleve catchments, Belgium. Hydrology and Earth System Sciences Discussions. 7(5). 7383-7416.

Moghani Bilesuar. V. (2013). Hydrogeochemistry study and determine the role of geological formations surrounding aquifer groundwater quality Marand. Thesis *Masters College of Agriculture and Natural Resources*, University researcher Ardabil. (In Persian).

Mohammadi. M., Mohammadi Ghaleney. M. & Ebrahimi. K. (2011). Spatial and temporal variations of groundwater Quality of Qazvin plain. Quality of Qazvin plain. 5(8). 41-52. (In Persian).

Panahi. M., Nasseri. A., Behnia. A., Hoshmand. A. & Veisi. SH. (2010). Qualitative assessment of groundwater resources in the central regions of Kermanshah for agricultural purposes. Conference on water resources applied research in Iran. (In Persian).

Piper. A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Eos, Transactions American Geophysical Union. 25(6). 914-928.

Qian. Y. L. & Mecham. B. (2005). Long-term effects of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties on golf course fairways. Agronomy Journal. 97(3). 717-721. http://dx.doi.org/10.2134/agronj2004.0140

Rahmani. A.R, Samadi M.T. & Heydari. M. (2012). Water Quality Assessment of Hamadan-Bahar Plain Rivers Using Wilcox Diagram for Irrigation. Agriculture Research. 8 (1): 27-35. (In Persian).

Sadaghat. M. (2006). Earth and water resources (groundwater). Publishers Payamenoor. 355 pp. (Persian).

Schoeller, H. (1964). La classification géochimique des eaux. IASH publication. 64. 16-24.

Sepahvand. S. (2015). Role of Geology and petrology of qualitative and quantitative changes aquifer area Eshtehard. Thesis of Environmental Geology, Islamic Azad

University, Science and Research Branch of Tehran. 132 pp. (In Persian).

Tayebi. M. H., Tangestani. M. H. & Roosta. H. (2010). Environmental impact assessment using Neural Network Model: A case study of the Jahani, konarsiah and Kohe Gach salt plugs, SE Shiraz, Iran.

Todd. D. K. & Mays. L. W. (2004). Groundwater hydrology. John Wiley & Sons.

Velayati. S. (2010). Hydrology hard and soft formations. Publications University of Mashhad. 395 pp. (In Persian).

World health organization. (1993). Study protocol for the World Health Organization project to develop a Quality of Life assessment instrument (WHOQOL). Quality of life Research. 2. 153-159.

World health organization. (2004). Guidelines for drink water W.H.O, wuliy, 102 (3), WHO, GENEVA.

Younger. P. & Casey. V. (2003). A simple method for determining the suitability of brackish groundwaters for irrigation. Waterlines, 11-13. 10.3362/0262-8104.2003.051

Integrated Watershed Management, winter, 2023, 2(4), 67-78 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.1988382.1059 **Online ISSN: 2783-4581**

The effect of saline water and type of irrigation on soil moisture and physico-chemical properties

Mansour Jahantigh[1]*, Moien Jahantigh[2]

1- Department Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture and edition Natural Resources Research Center, AREEO, Zabol, Iran.

2- Watershed Management Department, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Gorgan, Gorgan, Iran.

* **Corresponding author**: mjahantigh2000@yahoo.com

(Received: 25 January 2023 Revise: 17 February 2023 Accepted: 06 March 2023)

Extended Abstract

Introduction: With rapid population growth and increasing demand for food, water shortage is one of the challenges of development in countries, because more than 98% of the water on the earth is salt water. In addition, the use of some fresh water sources is also limited. Such a situation will worsen with time. This limitation is more in dry and desert areas that have little rainfall and their distribution is not suitable. The country of Iran, which is located on a dry belt and its rainfall is less than a third of the global amount, is one of those areas that is facing a lot of water stress. Due to the lack of rainfall in the country and, on the other hand, the lack of scientific use of the country's natural and agricultural areas, the ground has been laid for the destruction of natural ecosystems. Accordingly, due to the limited supply of fresh water for agricultural purposes in the world, especially in dry areas, saline water is widely used to irrigate crops to provide the water needed by plants. Due to the use of saline water with a high concentration of salt, especially sodium salt in the soil, it causes a decrease in production efficiency and destruction of the physical and chemical properties of the soil. Since most of the water resources are consumed in the agricultural sector, an appropriate irrigation pattern should be used to prevent soil degradation and erosion in addition to increasing crop yields. Clay pot irrigation is one of the methods that has a better performance than other irrigation methods such as surface and drip type. This type of irrigation is suitable in dry areas that have high evaporation and transpiration and are associated with water crisis.

Materials and methods: In order to carry out this research, first, 36 holes with a depth of 60 cm and a diameter of 50 cm were dug, and in 18 holes, a clay pot was placed with a height of 40 cm and a diameter of 5 cm, and 18 holes were selected as control and without clay pot. Three soil samples were taken from a depth of 50 cm at the beginning and at the end of the research period. Soil changes were made by irrigation with saline water and the characteristics of pH, EC, Na, SAR, organic matter, P, K, Ca, Mg and soil texture were measured. Considering that three types of water with different salinity (1200, 2200 and 3200 umho/cm) were used, three sources of water each with a volume of 200 liters were placed beside the location of implementation. By using the variety of saline water that existed in this area, bringing the EC of water to the level required for the research was done in the laboratory and stored in the relevant water sources. Cultivation of two plants, *Rosa damascena* and *Hibiscus sabdariffa*, was tested. Soil moisture (by weight) was measured monthly at a depth of 60 cm.

Results and Discussion: Examining the pH of the soil samples shows that there is not much difference in the value of this characteristic of the soil of the research area, such that the range of this characteristic varied between 8-8.4. Changes in the EC of the investigated area at the beginning of the project fluctuated between 4.4 and 5.2 mg/liter. After the implementation of the saline water plan, it has been affected, such that the range of this feature has been varying between 16.5-9.7 mg/liter. Measuring the amount of Na at the time of starting the work showed that the range of changes fluctuated between 43.3-43.85 mg/liter. Total Ca and K were measured as 19.7-24.2 mg/liter, while the amount of this feature changed between 26.5-18.4 mg/liter after the completion of the project.

The amount of SAR of soil samples at the beginning of the implementation of the project was between 13-3-17, but after the implementation of the project, this range changed between 12-7-18-4. The range of total cations of the soil samples collected at the beginning of the research varied between 43.5-43.5 mg/liter. But after the end of the project, this range changed to 103.5-72.8 mg/liter. Examining the texture of the soil samples at the start of the project showed that the range of clay changes varied between 14-15%, but after the completion of the research, it changed between 10-14%.

The amount of silt in the soil samples at the time of starting the project was 43-47%, while this value changed to 44-48% in the samples after the end of the plan. Examining the amount of sand in the soil samples at the beginning of the research showed that the range of changes was between 42-39%, which did not change at the end of the project.

Conclusions: In this research, the effect of two irrigation methods with saline water on soil moisture and physical and chemical properties was investigated. The results showed that compared to the average of all characteristics, clay pot irrigation performance was better. The work process in this irrigation method is such that the clay pot plays the role of a filter and suitable water is provided for the plant. In this type of irrigation, the transfer of water is limited to the area of the plant's roots, which causes an increase in soil moisture in this area, and improves the plant's performance. In other words, the distribution of moisture in the soil during percolation clay irrigation is such that the water enters the root area of the plant uniformly, which, in addition to meeting the water requirement, also reduces the temperature of the soil. But in drip irrigation, moisture is placed on the soil surface, after which the moisture spreads horizontally on the soil surface and the water does not penetrate deep into the soil. This situation causes evaporation and transpiration to increase and plant roots face water stress. Also, soil solutes cause the soil to become salty through evaporation. In addition, water salinity also increases the intensity of soil salinity, which leads to soil degradation and erosion. Therefore, for the continuation of exploitation in dry and desert areas, it is necessary to use the appropriate method of irrigation in order to sustainably exploit the land without harming its ecosystem components, including the soil. Therefore, according to the existing methods of irrigation, the clay pot type is more important than other types of methods. It can thus be concluded that due to the lack of fresh water resources in Sistan and the limited flow of water from Afghanistan and the existence of subsurface saline water sources, it is necessary to use them, that the use of clay irrigation method has a positive effect on the vegetation and the improvement of the environmental situation and the continuation of exploitation.

Keywords: Clay pot irrigation, drip irrigation, soil properties.

Citation: Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2023). The effect of saline water and type of irrigation on soil moisture and physico-chemical properties. *Integrated Watershed Management*, 2 (4), 67-78. doi: 10.22034/iwm.2023.1988382.1059

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات (۷۸-۶۷) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.1988382.1059

تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک

منصور جهان تیغ [1*]، معین جهان تیغ [2]

۱- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

۲- گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان، گرگان، ایران

***نویسنده مسئول:** mjahantigh2000@yahoo.com

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۱۱/۰۵ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۱۱/۲۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۲/۱۵)

چکیده

یکی از چالش‌های زیست‌محیطی منطقه سیستان، کمبود منابع آب شیرین است. با توجه به این‌که آب این منطقه وابسته به کشور افغانستان است، استفاده از منابع آب شور برای بهبود وضعیت منطقه ضروری است. استفاده از آب شور شاید اثراتی منفی بر روی خاک داشته باشد که نیاز به بررسی و استفاده از روش آبیاری مناسب دارد. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک بود. به همین منظور ۳۶ چاله به عمق ۶۰ و قطر ۵۰ سانتی‌متر حفر و در ۱۸ چاله سفال‌هایی به ترتیب به ارتفاع و قطر ۴۰ و ۵ سانتی‌متر داخل آن‌ها گذاشته شد و ۱۸ چاله نیز به‌عنوان شاهد انتخاب شد. سه نمونه خاک از عمق ۵۰ سانتی‌متری در ابتدا و پایان پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری با آب شور بر روی خاک، برداشت و ویژگی‌هایی مانند اسیدیته، شوری، سدیم، نسبت جذب سدیم، مواد آلی، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و بافت خاک اندازه‌گیری شد. برای آبیاری از آبی با سه دامنه شوری استفاده شد. برای رسیدن به هریک از درجات شوری، در آزمایشگاه درصد موردنیاز مشخص و در سه منبع ذخیره شد. در این پژوهش کشت دو گیاه گل محمدی و چای ترش با دو روش آبیاری قطره‌ای و سفالی آزمایش شد. گیاهان به‌طور ماهانه آبیاری شدند. رطوبت خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر به‌طور ماهانه اندازه‌گیری شد. این پژوهش با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار و به روش فاکتوریل انجام شد. نتایج نشان داد که بین ویژگی‌های شوری، کربن آلی، سدیم و مجموع کاتیون‌های نمونه‌های خاک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت ولی بر سایر ویژگی‌ها بی‌اثر بود. همچنین روش‌های آبیاری در سطح یک درصد بر تغییرات رطوبت خاک اثر معنی‌داری داشت. نتیجه‌گیری می‌شود مدیریت آبیاری سفالی با توجه به اینکه سفال‌ها نمک‌های محلول در آب را جذب می‌نمایند، قادرند میزان شوری آب در خاک را تعدیل نماید.

واژه‌های کلیدی: آب شور، آبیاری سفالی، رطوبت خاک، ویژگی‌های خاک.

استناد: جهان تیغ، م؛ جهان تیغ، م. (۱۴۰۱). تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، (۴)۲، ۷۸-۶۷.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

جهان تیغ و جهان تیغ

مقدمه

با رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، کمبود آب یکی از چالش‌های توسعه کشورها است زیرا بیش از ۹۸ درصد از آب موجود روی کره زمین را آب دریا تشکیل می‌دهد (Hanafiah *et al.*, 2011; Greenlee et al., 2009). علاوه بر آن به‌کارگیری برخی از منابع آب‌های شیرین نیز با محدودیت همراه است. چنین وضعیتی با گذشت زمان نیز حادتر خواهد شد. این محدودیت در مناطق خشک و بیابانی که از بارندگی کمی برخوردار بوده و پراکنش آن‌ها نیز مناسب نیست، حادتر است. کشور ایران که در کمربند خشکی قرارگرفته، بارندگی آن نیز کمتر از یک‌سوم مقدار جهانی است، یکی از این نواحی است که با تنش آبی فراوانی روبرو است. با توجه به کمبود بارندگی در کشور و از سویی عدم مدیریت علمی در خصوص استفاده صحیح از عرصه‌های طبیعی و کشاورزی کشور، زمینه تخریب زیست‌بوم‌های طبیعی فراهم‌شده است؛ بنابراین با توجه به کاهش منابع آب شیرین کشور، استفاده از آب‌های شور ضروری است. بر این اساس با توجه به محدودیت تأمین آب شیرین برای مصارف کشاورزی در دنیا به‌ویژه مناطق خشک، از آب شور به‌طور گسترده‌ای برای آبیاری محصولات زراعی برای تأمین آب موردنیاز گیاهان استفاده می‌شود (Wei *et al.*, 2019). استفاده از آب شور با غلظت بالای نمک به‌ویژه نمک سدیم در خاک سبب کاهش بازده تولید و تخریب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌شود (Haj-Amor *et al.* 2018; Khamidov *et al.*, 2022). ازآنجایی‌که بخش عمده‌ای از منابع آبی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، باید از الگوی آبیاری مناسبی استفاده شود تا علاوه بر افزایش عملکرد محصول، از تخریب و فرسایش خاک نیز جلوگیری شود (Mansouri, 2011). آبیاری سفالی یکی از روش‌هایی است که عملکرد بهتری نسبت به روش‌های دیگر آبیاری ازجمله نوع سطحی و قطره‌ای دارد (Jahantigh, 2021; Jahantigh et al., 2022; Vafaei *et al.*, 2020). این نوع آبیاری در مناطق خشک که تبخیر و تعرق بالایی دارد و با بحران آب همراه می‌باشند، مناسب است (Bainbridge et al., 2001). در پژوهشی در خصوص تأثیر آبیاری سفالی با آب شور بر روی رطوبت خاک مشاهده شد که با افزایش سطح شوری آب، پیشروی رطوبت در خاک کاهش یافت. همچنین کمینه غلظت نمک خاک در نزدیکی سفال و بیشینه آن در سطح خاک و حاشیه منطقه مرطوب بود (Naik *et al.*, 2013). درحالی‌که آبیاری با آب شور در روش سنتی بر روی ویژگی‌های خاک تأثیر منفی دارد (Dayana *et al.*, 2022). Cheraghi و Dehghanisanij (۲۰۱۷) گزارش کردند آبیاری قطره‌ای با آب شور در مقایسه با سایر روش‌ها عملکرد متفاوتی دارد. به‌طوری‌که در این نوع آبیاری تحمل به شوری گیاه افزایش‌یافته و راندمان تولید آن ارتقاء می‌یابد. در این نوع آبیاری، شوری خاک در منطقه ریشه کمتر شده و با فاصله از قطره‌چکان رابطه مستقیمی دارد. آن‌ها بیان نمودند که این تغییرات به دلیل آبشویی خاک شور به‌وسیله قطره‌چکان‌ها است که چنین وضعیتی باعث بهبود عملکرد محصول می‌شود. مطالعات متعددی در خصوص استفاده از آب شور برای آبیاری گیاهان مناطق خشک و بیابانی صورت گرفته است. در همین خصوص Li و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که آبیاری با آب شور زیرزمینی به روش قطره‌ای در مناطق خشک و بیابانی مناسب‌ترین آب در این نواحی با توجه به محدودیت آب شیرین است. در مطالعه دیگری Ataee و همکاران (۲۰۱۹) عملکرد دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در ارتباط با رطوبت و شوری خاک را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که با توجه به افزایش میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در سطح زمین، مقدار رطوبت عمق خاک محدوده‌ای که با روش قطره‌ای سطحی آبیاری شده بود کمتر از نوع دیگر بود. همچنین از

لحاظ شوری نیز عملکرد نوع زیرسطحی از کارآیی بالاتری برخوردار بود. علاوه بر آن Zhang و Shen (۲۰۲۲) گزارش کردند که آبیاری با آب شور علی‌رغم این‌که رطوبت خاک را تأمین می‌کند، سبب شور شدن خاک نیز می‌شود. بررسی سابقه تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از آب شور یکی از نیازهای اساسی پایداری محیط‌زیست نواحی خشک و بیابانی است. ازاین‌رو، با توجه به کمبود منابع آب شیرین در سیستان و به دنبال آن محدودیت دریافت حق‌آبه از افغانستان، یکی از چالش‌های زیست‌محیطی این منطقه کمبود آب است. از سوی دیگر، در این ناحیه منابع آب شور زیرسطحی وجود دارد که استفاده از آن‌ها برای بهبود این زیست‌بوم ضروری است. ازاین‌رو، این پژوهش در پی آن است که اثرات این آب‌های شور بر روی خاک را مورد آزمایش قرار دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

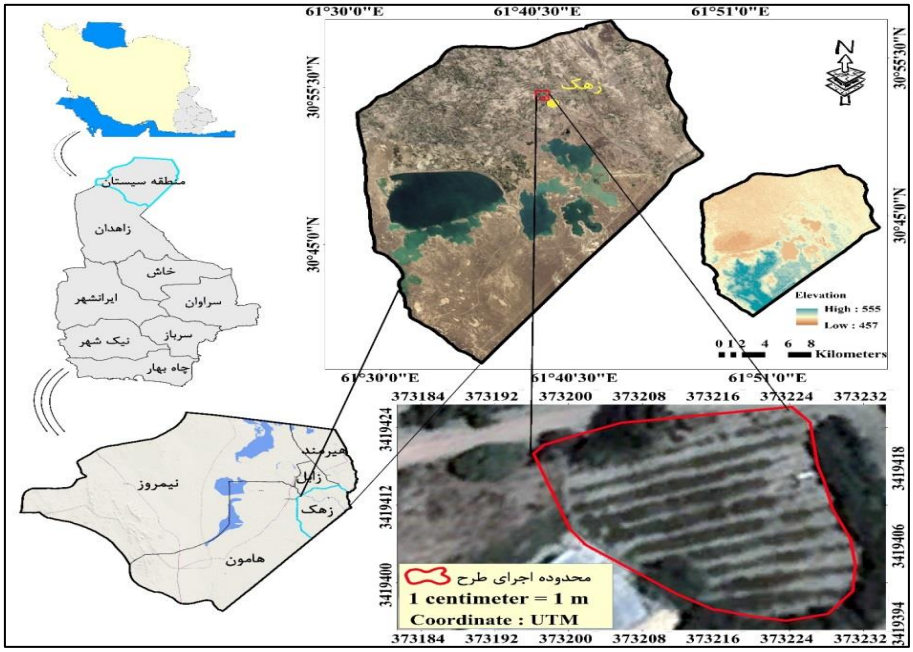
محدوده موردپژوهش در شمال استان سیستان و بلوچستان از توابع شهرستان زهک با مختصات جغرافیایی "۳۵ '۴۰ °۶۱ تا "۳۹ '۴۰ °۶۱ طول شرقی و "۰۸ '۵۴ °۳۰ تا "۰۶ '۵۴ °۳۰ درجه عرض شمالی و در ارتفاع حدود ۴۸۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این محدوده فاقد ناهمواری و در نزدیک رودخانه هیرمند قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه حدود ۵۰ میلی‌متر است که عمدتاً در فصل زمستان ریزش می‌نماید. تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه منطقه حدود ۵۰۰۰ میلی‌متر است که عمدتاً در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد اتفاق می‌افتد. کمینه و بیشینه درجه حرارت این منطقه به ترتیب برابر ۸ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد است (Jahantigh *et al.*, 2022). میزان رطوبت نسبی منطقه کم و حدود ۲۷ درصد است. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان از ویژگی‌های اقلیمی منطقه محسوب می‌شود. به‌طوری‌که سرعت وزش آن در برخی از ایام سال به بیش از ۱۲۰ کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد که اثرات زیانباری بر زیست‌بوم این منطقه دارد. منطقه موردبررسی فاقد سفره آب زیرزمینی است ولی دارای آب زیرسطحی شور است. خاک منطقه ماحصل رسوباتی است که از کشور افغانستان به‌وسیله رودخانه هیرمند انتقال یافته است. پوشش گیاهی منطقه شامل انواع گونه‌های شور پسندی است که دامنه بردباری زیادی نسبت به شوری دارند.

روش پژوهش

برای اجرای این پژوهش، ابتدا ۳۶ چاله به عمق ۶۰ و قطر ۵۰ سانتیمتر حفر و در ۱۸ چاله سفال‌هایی به ترتیب به ارتفاع و قطر ۴۰ و ۵ سانتی‌متر قرار داده شد و ۱۸ چاله نیز به‌عنوان شاهد و بدون سفال انتخاب شد. سه نمونه خاک از عمق ۵۰ سانتی‌متری در ابتدای زمان پژوهش به‌منظور بررسی تغییرات خاک با آبیاری با آب شور برداشت و ویژگی‌های pH، شوری، سدیم، نسبت جذب سدیم، مواد آلی، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و بافت خاک اندازه‌گیری شد که این کار در انتهای پژوهش نیز انجام شد. با توجه به اینکه از سه نوع آب با شوری متفاوت (۱۲۰۰، ۲۲۰۰ و ۳۲۰۰ میکرو موس بر سانتی‌متر) استفاده شد، سه منبع آب هر یک با حجم ۲۰۰ لیتر در کنار محل اجرای طرح قرار داده شد. با استفاده از تنوع آب شوری که در این محدوده وجود داشت، رساندن مقدار هدایت الکتریکی آب به میزان موردنیاز پژوهش در آزمایشگاه انجام گرفت و در منابع آبی مربوطه ذخیره شد. کشت دو گیاه گل محمدی و چای ترش با توجه به سازگاری با این زیست‌بوم مورد آزمایش قرار گرفت. نهال گل محمدی به‌صورت گلدانی تهیه شد و بذر چای ترش در سینی کشت در گلخانه کاشته شد و پس از حدود دو هفته به عرصه انتقال یافت. آبیاری گیاهان به‌صورت ماهانه انجام شد. رطوبت خاک (به‌صورت وزنی) در عمق ۶۰ سانتی‌متر به‌طور ماهانه اندازه‌گیری شد. این پژوهش با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار و به روش فاکتوریل اجرا شد. تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس

جهان تیغ و جهان تیغ

(ANOVA[1]) و آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) و همچنین برای مقایسه میانگین ویژگی‌های موردبررسی نرم‌افزار MSTAT-C و SPSS به کار گرفته شد.



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه در کشور، استان و شهرستان

Figure 1- Study area in the country, province and city

نتایج

بررسی میزان اسیدیته نمونه‌های خاک نشان‌دهنده آن است که مقدار این ویژگی خاک در محدوده پژوهش اختلاف زیادی وجود ندارد، به‌طوری‌که دامنه این خصوصیت بین ۸/۴ - ۸ متغیر بوده است. پس از اجرای طرح دامنه تغییرات آن بین ۸/۱- ۸ در نوسان بوده است؛ بنابراین با استفاده از آب شور تغییری در اسیدیته خاک صورت نگرفته است. دامنه تغییرات میزان هدایت الکتریکی خاک محدوده موردبررسی در شروع طرح بین ۴/۴ و ۵/۲ میلی‌گرم در لیتر در نوسان بوده است. پس از اجرای طرح آب شور بر آن تأثیر گذاشته، به‌طوری‌که دامنه این ویژگی بین ۱۶/۵- ۹/۷ میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده است که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ (P<0.05) معنی‌دار بوده است (جدول ۱).

قابل‌ذکر است که در شوری خاک اطراف سفال‌ها تغییر کمتری صورت گرفته است. بررسی میزان کربن آلی نمونه‌های خاک دو زمان مورد پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ (P<0.05) بین آن‌ها وجود دارد. قابل ذکر است به‌علت فقر کربن آلی نمونه‌ها، خاک‌های منطقه شدیداً نیاز به تقویت این ویژگی را دارد. بررسی فسفر قابل‌جذب نشان داد که مقدار آن در زمان اجرای طرح ۷/۹-۷/۵ میلی‌گرم در لیتر در نوسان بوده است که این مقدار پس از اتمام طرح ۸/۱-۷/۶ میلی‌گرم در لیتر تغییر داشته است. پتاسیم قابل‌جذب در زمان شروع طرح بین ۱۶۸-۱۶۳ میلی‌گرم در لیتر قرار داشت، ولی بعد از اتمام این پژوهش به ۱۷۸- ۱۶۵ میلی‌گرم در لیتر تغییر یافت.

1-Analysis of variance

اندازه‌گیری میزان سدیم در زمان شروع کار نشان داد که دامنه تغییرات بین ۸۵/۵-۴۳/۳ میلی‌گرم در لیتر در نوسان بوده است. این مقدار پس از اتمام طرح بین ۳/۶-۹۹/۱۱۱ میلی‌گرم در لیتر تغییر یافت. درصد سدیم محلول در نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده در زمان شروع طرح بین ۷۰-۴۲ در نوسان بوده است، ولی در زمان خاتمه طرح به دامنه ۹۰-۷۷ تغییر یافته است ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. در زمان شروع طرح دامنه تغییرات مجموع کلسیم و پتاسیم ۷/۲-۱۹/۲۴ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. درحالی‌که مقدار این ویژگی پس از اتمام طرح بین ۲۶/۵- ۱۸/۴ میلی‌گرم در لیتر تغییر یافت. آبیاری با آب شور سبب افزایش میزان سدیم شده است که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۱ ($P<0.01$) معنی‌دار بود. مقدار نسبت جذب سدیم نمونه‌های خاک در ابتدای اجرای طرح بین ۱۷-۱۳/۳ بوده است، ولی پس از اجرای طرح این دامنه بین ۱۸/۴-۱۲/۷ تغییر یافته است. دامنه مجموع کاتیون‌های نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده در ابتدای انجام پژوهش بین ۸۰/۶- ۴۳/۵ میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده است، ولی پس از خاتمه طرح این دامنه به ۱۰۳/۵- ۷۲/۸ میلی‌گرم در لیتر تغییر یافت که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ ($P<0.05$) اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود است.

درحالی‌که بین ویژگی‌های اسیدیته خاک، فسفر قابل‌جذب، پتاسیم قابل‌جذب، درصد سدیم محلول، مجموع کلسیم و پتاسیم، نسبت جذب سدیم، رس، سیلت و شن نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده اختلاف وجود دارد، ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

بررسی بافت نمونه‌های خاک در زمان شروع طرح نشان داد که دامنه تغییرات رس بین ۱۵-۱۴ درصد متغیر بوده است ولی پس از اتمام پژوهش بین ۱۴-۱۰ درصد تغییریافته است. میزان دامنه سیلت نمونه‌های خاک در زمان شروع طرح ۴۷-۴۳ درصد بوده است. درحالی‌که این مقدار در نمونه‌های پس از خاتمه طرح به ۴۸-۴۴ درصد تغییر یافت. بررسی میزان شن نمونه‌های خاک در ابتدای پژوهش نشان داد که دامنه تغییرات آن بین ۳۹-۴۲ درصد بوده است که این مقدار در زمان پایان طرح نیز تغییری نداشته است.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین ویژگی‌های خاک زمان شروع و خاتمه طرح

Table 1- Variance analysis of average soil characteristics at the start and end of the project

ویژگی خاک	زمان شروع طرح	زمان پایان طرح	t	Sig
میانگینpH	8.3	8.1	1.512	^{ns}0.270
میانگین شوری	6.8	11	3.154	*0.048
کربن آلی	0.54	0.57	-8.000	*0.015
سدیم	59.5	110.5	8.588	**0.000
فسفر قابل‌جذب	7.7	7.8	0.500	^{ns}0.667
پتاسیم قابل‌جذب	166	170	-1.750	^{ns} 0.222
درصد سدیم محلول	0.33	81.66	-2.831	^{ns}0.105
کلسیم + پتاسیم	22	19.8	0.770	^{ns}0.522
نسبت جذب سدیم	14.9	15.2	-0.141	^{ns}0.901
جمع کاتیون‌ها	65.96	91.3	-6.078	*0.026
رس	14.3	12.6	-1.000	^{ns} 0.423
سیلت	44.6	46.3	-1.000	^{ns} 0.423
شن	41	41	_	_

*،** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد،۵ درصد و عدم معنی‌داری

در ابتدای شروع طرح و قبل از آبیاری اقدام به اندازه-گیری میزان رطوبت خاک چاله‌ها در عمق ۶۰ سانتی-متری زمین شد. داده‌ها نشان داد که دامنه میزان رطوبت خاک تیمار $I_2P_2W_3$ در سال اول اجرای طرح بین ۱۳/۱-۱۱/۹ و میانگین آن ۱۲/۶ درصد بوده است، ولی در سال دوم اجرای طرح میانگین آن به ۱۱/۸ درصد رسیده است. میزان رطوبت تیمار $I_2P_2W_2$ بین ۱۳/۴-۱۱/۸ درصد در نوسان بوده است. نتایج حاصل از بررسی تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک در تیمارهای موردمطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. میزان متوسط رطوبت این تیمار در سال اول نیز ۱۲/۸ درصد بوده است ولی در سال دوم این مقادیر به‌ترتیب به ۱۲/۳-۱۱/۱ و ۱۱/۸ درصد تغییر یافته است. بررسی رطوبت تیمار $I_2P_2W_1$ نشان داد که دامنه تغییرات آن در سال اول بین ۱۳/۴-۱۲/۳ با میزان متوسط ۱۳ درصد متغیر بوده است. درحالی‌که در سال دوم دامنه نوسانی آن تنزل یافته و به ۱۲/۷-۱۰/۸ و متوسط ۱۱/۹ درصد رسیده است. بررسی وضعیت رطوبت تیمار $I_2P_1W_3$ نشان داد که دامنه تغییرات رطوبتی این تیمار در سال اول بین ۱۳/۳-۱۲/۱ با متوسط ۱۲/۷ درصد متغیر بوده است و این میزان در سال دوم به ترتیب به ۱۲/۴-۱۰/۸ درصد و متوسط ۱۱/۷ درصد تغییر یافته است. اندازه‌گیری میزان رطوبت تیمار $I_2P_1W_2$ حاکی از آن است که در سال اول مقدار رطوبت بین ۱۳/۴-۱۲/۵ و متوسط ۱۲/۹ درصد در نوسان بوده است. در سال دوم این رطوبت به ۱۲/۹ – ۱۰/۷ و ۱۲/۴ درصد تغییر یافته است. میزان رطوبت تیمار $I_2P_1W_1$ در سال اول در دامنه ۱۳/۷– ۱۲/۳ درصد و متوسط ۱۲/۹ درصد قرار داشت ولی در سال دوم به دامنه بین ۱۲/۷-۱۰/۸ و متوسط ۱۱/۸ درصد تغییر یافت. بررسی وضعیت رطوبت تیمار $I_1P_2W_3$ نشان داد که میزان آن بین ۱۵/۹- ۱۲ و متوسط ۱۳/۸ درصد در نوسان بوده است ولی در سال دوم مقدار آن به دامنه ۱۳/۹-۱۱/۹ و متوسط ۱۲/۶ درصد تغییر داشته است. بررسی وضعیت رطوبت تیمار $I_1P_2W_2$ نشان داد که دامنه رطوبتی آن در سال اول بین ۱۵/۱-۱۳/۶ و متوسط ۱۴/۲ درصد بوده است درحالی‌که در سال دوم مقدار آن به ۱۳/۲- ۱۲ و متوسط ۱۲/۶ درصد تغییر کرده است. اندازه‌گیری رطوبت خاک $I_1P_2W_1$ نشان داد که میزان رطوبت این تیمار در زمان‌های مختلف با دامنه تغییراتی ۱۵/۱-۱۳/۷ و متوسط ۱۴/۴ درصد همراه بوده است. این ویژگی در سال دوم به دامنه ۱۳/۱-۱۱/۸ و متوسط ۱۲/۴ درصد تغییر یافته است. دامنه تغییرات رطوبتی تیمار $I_1P_1W_3$ در سال اول بین ۱۴/۶-۱۲/۹ و متوسط ۱۳/۹ درصد در نوسان بوده است. در سال دوم میزان رطوبت این تیمار بین ۱۳/۲ تا ۱۱/۸ و متوسط ۱۲/۵ درصد متغیر بوده است. بررسی میزان رطوبت تیمار $I_1P_1W_2$ نشان داد که دامنه تغییرات رطوبتی این تیمار در سال اول بین ۱۴/۷-۱۳/۱ درصد متغیر و همچنین متوسط رطوبت این تیمار نیز ۱۳/۹ درصد بوده است. در سال دوم دامنه رطوبتی این تیمار بین ۱۳/۲-۱۲ متغیر و متوسط ۱۲/۵ درصد بوده است. بررسی وضعیت رطوبت تیمار $I_1P_1W_1$ نشان داد که این ویژگی آن بین ۱۴/۷-۱۳/۲ و متوسط ۱۴ درصد متغیر بوده است. همچنین میزان رطوبت این تیمار در سال دوم بین ۱۲/۷-۱۱/۹ و متوسط ۱۲/۴ تغییر داشته است. بر اساس نتایج تأثیر روش‌های آبیاری در سطح یک درصد بر تغییرات رطوبت خاک معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۱$). درحالی‌که اثر نوع گیاه، سطح شوری آب، اثرات متقابل نوع روش آبیاری و سطح شوری و همچنین اثرات متقابل نوع روش آبیاری و گیاه معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد روش‌های آبیاری سفالی باعث افزایش ۱۹ درصدی رطوبت خاک نسبت به روش آبیاری قطره‌ای شده است که به لحاظ آماری در سطح ۵ درصد دارای اختلاف آماری است (شکل ۲). در بررسی اثر متقابل روش آبیاری، سطح شوری و نوع گیاه، یافته‌ها بیانگر آن است که مقادیر رطوبت خاک در همه تیمارهای

آبیاری شده با استفاده از سفالی به‌طور معنی‌دار بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای است ($p \leq ۰/۰۵$). مقایسه میانگین اثر روش‌های آبیاری و سطح شوری آب بر میزان رطوبت خاک تیمارها در جدول در جدول۳ ارائه شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان رطوبت خاک تیمارها

Table 2- Variance analysis of the effects of treatments on soil moisture content of the treatments

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		رطوبت خاک
تکرار	2	^{ns} 1.99
I	1	*21.2
P	1	^{ns}0.15
W	2	^{ns}0.22
P × I	1	^{ns} 0.48
W × P	2	^{ns} 0.054
W × I	2	^{ns} 0.026
W ×P × I	2	^{ns} 0.015
خطا	72	0.48

*معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns}غیر معنی‌دار است

شوری =W آبیاری = I گیاه =P

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر روش‌های آبیاری و سطح شوری آب بر میزان رطوبت خاک در تیمارها

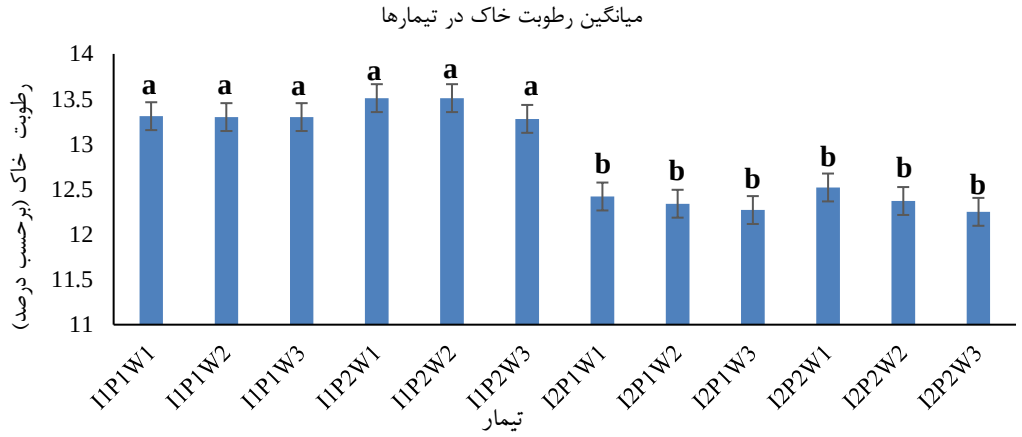
Table 3- Compare Means of irrigation methods and water salinity level effects on soil moisture of treatments

تیمار		رطوبت خاک (درصد)
I	I_1	^{a} 13.37
	I_2	^{b}11.16
P	P_1	^{b} 12.82
	P_2	^{a} 12.91
W	W_1	^{a} 12.81
	W_2	^{a} 12.76
	W_3	^{a} 12.75

W_1 = 1200 شوری تا I_1= آبیاری سفالی I_2 = آبیاری قطره‌ای P_1 = گیاه گل محمدی P_2= چای ترش

W_2 = 2200 شوری تا W_3 = 2200 میکرو موس بر سانتی‌متر مربع شوری تا

جهان تیغ و جهان تیغ



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری، سطح شوری و نوع گیاه بر میزان رطوبت خاک تیمارها (میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ازنظر آماری بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری). (روش‌آبیاری = I؛ سفالی = I_1، قطره‌ای = I_2، گیاه = P، گل محمدی = P_1، چای ترش = P_2، سطح شوری = W، شوری ۱۲۰۰ EC = W_1، شوری ۲۲۰۰ EC = W_2، شوری ۳۲۰۰ EC = W_3).

Figure 2- Compare Means of interaction effect of irrigation methods, salinity level and plant type on the soil moisture level of the treatments (averages with the same letters in each column are statistically significant differences based on the LSD test). (Irrigation method = I; clay = I1, drip = I_2, plant = P, *Rosa damascena* = P_1, *Hibiscus sabdariffa* = P_2, salinity level = W, salinity 1200 EC = 1 W, salinity 2200 EC = 2 W, salinity 3200 EC = 3W).

بحث

در این پژوهش تأثیر سطوح مختلف شوری آب و آبیاری سفالی بر ویژگی‌های خاک و استقرار گیاهان در دشت سیستان موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دامنه تغییرات میزان هدایت الکتریکی خاک محدوده موردبررسی در شروع طرح و پس از اجرای آن با هم اختلاف معنی‌داری داشته است. چنین تغییری به این دلیل است که آبیاری با آب شور سبب افزایش میزان شوری خاک می‌گردد که با نتایج پژوهش محققانی مانند Choudhary و همکاران (۲۰۰۶)، Hati و همکاران (۲۰۰۷)، Tedeschi & Aquila (۲۰۰۵) و همچنین Afzali & Kamali Maskooni (۲۰۱۹) که اعلام کردند آبیاری با آب شور باعث افزایش مقدار شوری خاک می‌گردد، مطابقت دارد. تیماری‌های آبیاری سفالی در شوری خاک تغییرات کمتری ایجاد کردند. علت آن است که دیواره‌های سفال تا حدی نمک را در خود نگه می‌دارد که نشان می‌دهد آبی که به داخل خاک می‌ریزد در مقایسه با آب مصرفی داخل سفال شوری کمتری دارد. نتایج این پژوهش با یافته‌های Vasudaven و همکاران (۲۰۱۱) که اعلام کردند سفال شوری را در دیواره‌های خود نگه می‌دارد، همخوانی دارد. آبیاری با آب شور سبب افزایش میزان سدیم شده است که از لحاظ آماری نیز معنی‌دار بود. یافته‌های این پژوهش با نتایج کارTaghizadehghasab و همکاران (۲۰۱۹) و Khademolhosseini و همکاران (۲۰۲۱) که گزارش دادند آبیاری با آب شور سبب افزایش سدیم خاک می‌شود مطابقت دارد. میزان درصد سدیم خاک در دو زمان اندازه‌گیری متفاوت بود که دلیل آن تأثیر آب شور روی این ویژگی خاک بوده است که با یافته‌های Varjavand و همکاران (۲۰۲۲) که گزارش دادند که کاربرد آب شور برای آبیاری موجب شور شدن خاک می‌شود و علاوه بر آن خاک مزرعه را به سمت سدیمی تغییر می‌دهد، مطابقت دارد. بین مجموع کاتیون‌ها اختلاف معنی‌دار بوده است که این وضعیت به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم می‌تواند بر

کاهش کیفیت خاک کشاورزی تأثیر داشته باشد که با نتایج یافته‌های Hussain و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. بررسی اثر آبیاری بر روی خاک اختلاف معنی‌دار بود. درروش آبیاری سفالی روند انتقال آب محدود به ناحیه ریشه گیاه است که با تأمین رطوبت موردنیاز در اطراف ریشه باعث بهبود عملکرد و رشد گیاه می‌شود. به‌عبارتی‌دیگر نحوه توزیع رطوبت خاک در آبیاری سفالی که به‌صورت تراوشی و به‌طور یکسان در اطراف ریشه گیاه صورت می‌گیرد باعث می‌شود رطوبت به‌طور مستقیم در اطراف ناحیه ریشه قرار گرفته و در نتیجه رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Lucieta و همکاران، ۲۰۱۸).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر دو روش آبیاری با آب شور بر روی رطوبت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مقایسه میانگین تمام ویژگی‌ها، عملکرد آبیاری سفالی بهتر بود. روند کار در این روش آبیاری به‌گونه‌ای است که سفال‌ها نقش فیلتر را ایفاء می‌نمایند و آب مناسبی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در این نوع آبیاری، انتقال آب منحصر به محدوده ریشه گیاه است که سبب افزایش رطوبت خاک در این محل می‌شود که این فرآیند بهبود عملکرد گیاه را به همراه دارد. به بیانی دیگر، توزیع رطوبت در خاک در آبیاری سفالی تراوشی بوده، به‌طوری آب به‌طور یکسان به ناحیه ریشه گیاه وارد می‌شود که این عمل علاوه بر تأمین نیاز آبی باعث کاهش درجه دمای خاک نیز می‌گردد؛ اما در آبیاری نوع قطره‌ای رطوبت در سطح خاک قرار می‌گیرد که به دنبال آن رطوبت به‌صورت افقی در سطح خاک پخش می‌شود و آب در عمق خاک نفوذ نمی‌نماید. ریشه گیاه نیز در سطح خاک مستقر می‌شود. این وضعیت باعث می‌شود تبخیر و تعرق افزایش یابد و ریشه گیاه با تنش آبی روبرو شود. همچنین املاح خاک نیز با انجام عمل تبخیر سبب شور شدن خاک می‌شود. علاوه بر آن شوری آب نیز بر شدت شوری خاک می‌افزاید که این فرآیند تخریب و فرسایش خاک را به همراه دارد؛ بنابراین برای تداوم بهره‌برداری در نواحی خشک و بیابانی نیاز به استفاده از روش مناسب آبیاری به‌منظور بهره‌برداری پایدار از اراضی بدون صدمه به اجزای زیست‌بوم آن ازجمله خاک ضروری می‌شود. ازاین‌رو با توجه به روش‌های موجود آبیاری، نوع سفالی نسبت به انواع دیگر روش‌ها، از اهمیت بیشتری برخوردار است؛ بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود با توجه به کمبود منابع آب شیرین در سیستان و محدودیت جریان آب از افغانستان و وجود منابع آب شور زیرسطحی استفاده از آن‌ها ضروری است که به‌کارگیری روش آبیاری سفالی عملکرد مثبتی بر روی پوشش گیاهی و بهبود وضعیت زیست‌محیطی و استمرار بهره‌برداری از اراضی کشاورزی منطقه خواهد داشت.

References

Ataee, A., Akbari, M., Neyshabouri, M. R., Zarehagi, D. & Onnabi Milani, A. (2019). Pistachio response to water and salinity distribution in surface and subsurface drip irrigation systems. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 13(1), 115-128.

Bainbridge, D.A., Tiszler, J., McAller, R. & Allen, M.F. (2001). Irrigation and surface mulch effects on transplant establishment. *Native Plants Journal*, 2(1), 25-29.

Cheraghi, A. M. & Dehghanisanij, H. (2017). Drip Irrigation under Saline Water Use. *Water Management in Agriculture*, 4(1), 1-8.

Choudhary, B. S., Ghuman, Josan, A.S. & Bajwa, M.S. (2006) Effect of alternating irrigation with sodic and non-sodic waters on soil properties and sunflower yield" *Journal of agricultural water management*, 85, 151–156.

Dayana, P., Lakshmi, K., Manikandan, D., Leninraja, M. & Pushpam, K. (2022). Effect of Saline and Sodic Water Irrigation on Physico-Chemical Properties of Inceptisols. *Biological Forum, an International Journal*, 14(2a), 517-520.

Hanafiah, M.M., Xenopoulos, M.A., Pfister, M., Leuven, R.S. & Huijbregts, M.A. (2011). Characterization factors for water consumption and greenhouse gas emissions based on freshwater fish species extinction. *Environ. Sci. Technol*, 45, 5272–5278.

Haj-Amor, Z., Hashemi, H. & Bouri, S. (2018). The consequences of saline irrigation treatments on soil physicochemical characteristics. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 3(22), 1-12.

Hussain, Z., Khattak, R. A., Irshad M., Mahmood, Q. & An. P. (2016). Effect of saline irrigation water on the leachability of salts, growth and chemical composition of wheat (Triticum aestivum L.) in saline-sodic soil supplemented with phosphorus and potassium, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16 (3), 604-620.

Hati, K.M., Biswas, A.K., Bandyopadhyay, K. & Misra, A.K. (2007). Soil properties and crop yields on a vertisol in India with application of distillery effluent. *Soil and Tillage Research.* 92, 60–68.

Greenlee, L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B. & Moulin, P. (2009) Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water Res*, 43, 2317–2348

Jahantigh, M. (2021). Effects of irrigation methods of subsurface, clay pot and drop on Mulberry growth in dry land region (Case study: Sistan area). *Water and Soil Management and Modelling*, 1(2), 25-35. (In Persian)

Jahanthigh, M., Najafinejad, A., jahantigh, M. & Hosseinalizadeh, M. (2022). Effect of sand mulch and nano-clay in buried clay pot irrigation on soil moisture, temperature and aggregate stability variations in arid region, case study: Nimroz City. *Watershed Engineering and Management*, 14(2), 260-281. (In Persian)

Li, J.G., Qu, Z.Y., Chen, J., Wang, F. & Jin, Q. (2018). Effect of different thresholds of drip irrigation using saline water on soil salt transportation and maize yield. *Water*, 10, 1855.

Lucieta, G., Martorano, A., Araya, A., Berhe, J., Cabral, S., Moraes, A., Rayanne, A., Lima, S., Costa, D.A., Michelle, A., Barbosa, S. & Marques, M.C. (2018). Water Replenishment in Agricultural Soils: Dissemination of the Irrigation Pot Technology, http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.80605

Khademolhosseini, Z., Jafarian, Z., Rowshan, V. & Ranjbar, G. (2021).The effect of salinity levels of irrigation water on some biochemical characteristics of medicinal plant of thyme (Thymus vulgaris L). *j.plant proc. func.* 10 (41), 97-113. (In Persian)

Kamali Maskooni, E. & Afzali, S. F. (2019). Effect of irrigation with different salinities on some soil characteristics and salt concentration factor (Case study: Bighard, Khonj). *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(4), 141-152. doi: 10.22034/jest.2019.24499.3370

Khamidov, M., Ishchanov, J., Hamidov, A., Donmez, C. & Djumaboev, K. (2022). Assessment of Soil Salinity Changes under the Climate Change in the Khorezm Region, Uzbekistan. *Int J Environ Res Public Health*, (14), 8794. doi: 10.3390/ijerph19148794. PMID: 35886646; PMCID: PMC9321814.

Mansouri, H. (2011). *Management methods of using saline water in sustainable agriculture*, the second national conference of applied research on water resources of Iran, Zanjan, Zanjan Regional Water Company, Zanjan, Iran. (In Persian)

Naik, B.S., Panda, R.K., Nayak. S.C., Sharma. S.D. & Sahu, A.P. (2013). Impact of pitcher material and salinity of water use donflowrate, wetting frontadvance, soil moisture and salt distribution in soil in pitcher irrigation. *Journal of irrigation and drainage*, 62, 687-694.

Taghizadehghasab, A., Safadoust, A. & Mosaddeghi, M. R. (2019). Effects of Saline and Sodic Water on Hydraulic Properties of Clay Loam and Sandy Loam Soils. *Iranian Journal of Soil Research*, 33(1), 115-125. doi: 10.22092/ijsr.2019.119060. (In Persian)

Tedeschi, A. & Dell'Aquila, D. (2005). Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. *Agricultural Water Management*, 77, 120-140.

Wei, C.C., Li, F.H., Yang, P.L., Ren, S.M., Wang, S.J., Wang, Y., Xu, Z., Xu, Y., Wei, R. & Zhang, Y.X. (2019). Effects of Irrigation Water Salinity on Soil Properties,

N2O Emission and Yield of Spring Maize under Mulched Drip Irrigation. *Water*. 11, 1548, doi: 10.3390/w11081548.

Vafaei, G., Babazadeh, H., Ashrafi, S. & Pazira, E. (2022). The study of permeability of sub-surface irrigation porous clay pipes under warer quality and soil texture point source. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 14(4), 1487-1498. (In Persian)

Varjavand, P., Andarzian, S. B., Mokhtaran, A. & Mosadeghi, A. (2022). Investigation of irrigation by sugarcane drainage water on soil quality specifications and yield of 20 genotypes of wheat in south of Khuzestan. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(3), 719-730. doi: 10.22077/escs.2021.

Vasudaven, P. Ka., Bhumija, S., Tandon, R.K., Mamta, S. & Sen, P. K. (2011). Buried clay pot irrigation using saline water. *Journal of Scientific and Industrial Research (JSIR) JSIR*, Vol.70.

Zhang, P. & Shen, J. (2022). Effect of Brackish water irrigation on the movement of water and salt in salinized soil. *Open Geosciences*. 14(1), 404- 13.https://doi.org/10.1515/.

Integrated Watershed Management, winter, 2023, 2(4), 79-93 **Article Type: Technical**

doi: 10.22034/IWM.2023.1988947.1060 **Online ISSN: 2783-4581**

Assessing groundwater level declination in Meighan Playa Catchment

Saviz Sadeghi[1]*, Omid Akhoondi[2]

1- Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Environment, University of Arak, Arak, Iran.

2- Natural Resources and Watershed Management Organization, Watershed Management and Soil Conservation Bureau, Arak, Markazi Province, Iran.

* **Corresponding author**: s-sadeghi@araku.ac.ir

(Received: 18 February 2023 Revise: 11 March 2023 Accepted: 12 March 2023)

Extended Abstract

Introduction: In recent decades, following the exploitation of groundwater, especially in areas with limited surface water and in which groundwater is the greatest resource in meeting the needs of water demands, the trend of reducing the volume of aquifers has increased. Meighan watershed, which includes Meighan wetland, is one of the most important plains of Iran that supplies a significant part of Arak city's drinking water and many agricultural wells. Since the drought causes a rapid reduction in surface flows, declines the ground water level, intensifies the wind and water erosion, changes the quality of water resources, causes ground settlement and especially, leads to the problem of salinization of drinking and irrigation water, it is necessary to evaluate the effects of drought and manage its risk.

Materials and methods: The study area of Meighan is located in Central Iran with 2854.63 km^2 area. To investigate the possible drinking water crisis in the region, water level decline of agricultural wells, and the risk of ground settlement in the groundwater measurement network, the observed groundwater level and absolute height of groundwater level data were collected in 46 piezometric wells in the statistical period of 1986-2006 and 2006-2020. For each year, an average isopieze map was drawn. Then by deducting the maximum and minimum values in each well, the amount of loss in each year was determined. These data were used to draw maps of annual decline. The reason can be the lack of proper feeding of the aquifer due to the decrease of precipitations and drought and as a result of the reduction of the aquifer storage due to the excessive exploitation.

Results and Discussion: From 1971 (the first data collection) to 2004, with the increase in the number of deep and semi-deep wells, the discharge rate of the wells has increased by a total of 531.5 mm^3. In 2009, despite the increase in the number of wells, the discharge rate of wells has decreased by 153.9 mm^3 in 6 years. In the last data collection in 2020, the number of wells and their discharge rate have decreased which indicates drying up of the wells due to the decline in the groundwater level in many areas of the plain which has led to the disuse of wells. Reviewing the decline maps of 1986-2006 and 2006-2020 indicate that the northern and eastern areas of the plain do not show significant changes and have a relatively constant trend. However, as it is shown in isopieze maps, in the western regions and in the south of the plain, groundwater level has had the highest decline. From 2006 to 2020, in the north and northeast, as well as in the south, west and southwest of the basin, there are areas with the highest rate of decline.

Conclusion: According to the analysis of rainfall data and the absolute height of groundwater level of Arak Plain, it can be concluded that the amount of rainfall does not directly affect the decline of the groundwater level. Research results indicate that before 1986, the hydraulic slope of the Arak plain aquifer conforms to the level of the plain and the Meighan playa has been a natural drainage of the plain. However, during the period of 1986-2006 with the increase and concentration of exploitation wells in the western and southwestern parts of the plain, the hydraulic slope of the aquifer has inclined towards the western regions. From 1986 to 2006, it can be concluded that the maximum groundwater level decline of 20 meters occurred in the western and southwestern areas of the basin and extended to the eastern areas of the basin. However, from 2006 to 2020, the decline classes have increased significantly, such that in the west, southwest, north and northeast of the basin, an increase in the groundwater level decline up to 70 meters has been observed.

Keywords: Water level decline, Drought, Groundwater, Arak plain, Meighan playa

Citation: Sadeghi, S., & Akhoundi, O. (2023). Assessing groundwater level declination in Meighan Playa Catchment. *Integrated Watershed Management*, 2(4), 79-93. doi: 10.22034/iwm.2023.1988947.1060

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات (۹۳-۷۹) نوع مقاله: فنی و ترویجی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.1988947.1060

بررسی افت منابع آب زیرزمینی در حوزه تالاب میقان اراک

ساویز صادقی[۱*]، امید آخوندی[۲]

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲- رئیس اداره حفاظت خاک و آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی، اراک، ایران

***نویسنده مسئول**: s-sadeghi@araku.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۱۱/۲۹ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۱۲/۲۰ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۲/۲۱)

چکیده

در چند دهه اخیر در پی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی به‌ویژه در مناطقی که منابع آب سطحی محدود بوده و سهم منابع آب زیرزمینی در تأمین نیازها بسیار بالا است، روند کاهش حجم مخزن آبخوان‌ها فزونی یافته است. افزایش مصرف آب که با تغییر اقلیم، گرمایش جهانی و خشک‌سالی‌های پی‌درپی همراه شده، مسئله تأمین آب را بسیار پیچیده‌تر نموده است. حوزه آبخیز میقان (دشت اراک)، دربرگیرنده تالاب میقان، یکی از مهم‌ترین دشت‌هایی است که بخش قابل‌توجهی از آب شرب شهر اراک و بسیاری از چاه‌های کشاورزی از آن تأمین می‌شود. برای بررسی بحران احتمالی آب شرب منطقه، افت سطح آب چاه‌های کشاورزی، خطر فرونشست زمین در سطح سفره براثر افت سطح ایستابی و پیشروی آب شور به سفره‌های آب شیرین در حوضه موردمطالعه، در شبکه سنجش آب‌های زیرزمینی، ارقام قرائت‌شده عمق سطح آب و ارتفاع مطلق سطح آب در ۴۶ حلقه چاه مشاهده‌ای در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۶۴ و ۱۳۹۸-۱۳۸۴ جمع‌آوری شد. برای هر سال یک نقشه هم‌پتانسیل (ایزوپیز) متوسط ترسیم و سپس با کسر مقادیر حداکثر و حداقل در هر چاه، مقدار افت در هر سال مشخص شد که از این داده‌ها برای ترسیم نقشه‌های هم‌افت سالیانه استفاده شد. با توجه به تجزیه‌وتحلیل داده‌های بارندگی و ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی دشت اراک، نتایج نشان می‌دهد که عواملی مانند کاهش منابع آب سطحی (خشک‌سالی) و بهره‌برداری شدید و غیراصولی از منابع آب زیرزمینی تأثیر بیشتری نسبت به تغییرات میزان بارندگی بر نوسانات سطح ایستابی داشته است. همچنین مقایسه دو دوره آماری نشان می‌دهد که در دوره دوم، طبقات افت به‌طور چشمگیری افزایش یافته، به‌نحوی‌که در غرب، جنوب غرب، شمال و شمال شرق حوضه شاهد افزایش افت سطح ایستابی آب زیرزمینی تا ۷۰ متر هستیم.

کلمات کلیدی: **افت سطح ایستابی، آب زیرزمینی، خشک‌سالی، دشت اراک، تالاب میقان.**

استناد: صادقی، س؛ آخوندی، آ. (۱۴۰۱). بررسی افت منابع آب زیرزمینی در حوزه تالاب میقان اراک. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۲(۴)، ۹۳-۷۹.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ‌شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

در قرن حاضر، معضل کمبود آب در حال گسترش به تمام نقاط کره زمین است و در مقیاس گوناگون کشورهای مختلف را درگیر خود نموده است. کشور-هایی که در مناطق خشک و کم‌باران جهان واقع‌شده‌اند، ذاتاً در معرض خطر بزرگ‌تر مواجهه با تنش آبی خواهند بود (Sadeghi, 2015; Pokhrel *et al.*, 2018). افزایش مصرف آب به دلایل رشد جمعیت و به‌تبع آن توسعه شهرنشینی و صنایع، گسترش سطح زیر کشت آبی و غیره است که با تغییر اقلیم، گرمایش جهانی و خشک‌سالی‌های پی‌درپی همراه شده و مسئله تأمین آب را بسیار پیچیده‌تر نموده است (Eslamian & Eslamian Tzanakakis *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2017). خشک‌سالی ازجمله پدیده-هایی است که به تواتر در اثر تغییرات الگویی آب و هوایی ناشی از کاهش نزولات جوی کمتر از نرمال، افزایش دمای هوا و افزایش بی‌رویه استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی در هر ناحیه رخ می‌دهد که به دنبال آن، تداوم خشک‌سالی در یک ناحیه موجب عدم تعادل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز می‌شود (Ghiabi *et al.*, 2012؛ Kafi & Jami-Alahmadi, 2020). در چند دهه اخیر در پی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی به‌ویژه در مناطقی که منابع آب سطحی محدود بوده و سهم منابع آب زیرزمینی در تأمین نیازها بسیار بالا است روند کاهش حجم مخزن آبخوان‌ها فزونی یافته است (Ebrahimikhusfi *et al.*, 2017; Al-Bahrani *et al.*, 2022). ازآنجاکه شدت و گستره خشک‌سالی تقریباً تمام کشور را در برگرفته است، منابع موجود آب در ایران نمی‌تواند همه تقاضاهای فزاینده موجود برای آب را برآورده سازد و بنابراین نیازمند حفاظت، مدیریت مؤثر و پایدار منابع موجود آب شیرین، مدیریت تقاضای آب، افزایش بهره‌وری از منابع آبی، افزایش عملکرد گیاهان زراعی و کارایی مصرف زراعی و اقتصادی آب است (Dolan *et al.*, 2021؛ Kafi & Jami-Alahmadi, 2020). Ensafimoghaddam (2020) تغییرات زمانی و مکانی تراز آب زیرزمینی در ۹ قنات زیر حوضه میقان در منطقه اراک را به‌صورت کمی موردبررسی قرارداد. در این مطالعه ابتدا سری‌های زمانی داده‌های میانگین دبی و برداشت از قنات جمع‌آوری‌شده و سپس روند تغییرات تراز آب چاه‌های موردبررسی در طی ۲۶ سال مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته و با استفاده از روش‌های آماری- ترسیمی روند یابی شد. نتایج نشان داد در ۲۶ سال گذشته، مطابق هیدروگراف، تراز آب زیرزمینی به‌شدت کاهش یافته است و اطلاعات هیدروژئولوژیکی موجود، افت شدید تراز آب آبخوان را در سال‌های اخیر نشان می‌دهد. مهم‌ترین دلایل افزایش میزان تراز آب‌های زیرزمینی، مدیریت نادرست و برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی توسط کشاورزان و همچنین کاهش مکرر بارش ذکرشده است. Jabbari و همکاران (۲۰۲۰) تحقیقی با عنوان مدل‌سازی کیفیت و کمیت آب زیرزمینی برای مدیریت آب منابع موجود در آبخوان اراک-ایران انجام دادند. این مطالعه با استفاده از روش عددی تفاضل محدود، مدل جریان و انتقال آب زیرزمینی در آبخوان دشت اراک انجام شد و پیشرفت نفوذ آب شور در منطقه موردبررسی قرار گرفت. نتایج تحت سناریوی کاهش تغذیه آبخوان در شرایط خشک‌سالی و همچنین افزایش دبی توسط سناریوهای بهره‌برداری بیشتر نشان داد کاهش شدید سطح آب در کل منطقه به‌ویژه در جنوب و غرب آبخوان مورد انتظار است. Ghadimi (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان تعیین منشأ آلاینده-های شیمیایی و بیولوژیکی تالاب میقان اراک، به این نتیجه دست‌یافت که ورود ترکیبات فسفات و آمونیاک ناشی از فاضلاب شهری تصفیه‌شده اراک به تالاب، با

رشد گیاهان و پوشش جنگلی همـراه بـوده و آب تالاب میقان بدون آلودگی شیمیایی و بیولوژیک است اما جبهه پیش‌رونده آب تـالاب سـبب شور شدن آب‌های زیرزمینی شیرین اطراف شده است. این پدیده ناشی از افت سطح آب زیرزمینی منطقـه بـا دخالـت انسان بوده است؛ بنابراین باید اقدامات اساسی درزمینه بالا آمدن سـطح آب زیرزمینـی طـی عملیـات آبخـوان‌داری در دشت‌های اطراف تالاب و کنترل در برداشت آب چاه‌ها و حذف چاه‌های غیرمجاز صورت گیرد.

حوزه آبخیز میقان (دشت اراک)، دربرگیرنده تالاب میقان، یکی از مهم‌ترین دشت‌هایی است که بخش قابل‌توجهی از آب شرب شهر اراک، آشتیان و فراهان و بسیاری از چاه‌های کشاورزی و صنایع مهم واقع در این منطقه از آن تأمین می‌شود (Khangholi *et al*., 2018; Isah *et al*., 2023). تالاب میقان یکی از تالاب‌های کویری ایران در استان مرکزی است که در سال‌های پربارش، از تالاب‌های زنده کشور به شمار می‌رود، ولی در سال‌های کم آب، در پایان تابستان به گونه کویری درمی‌آید (Ghahroudi Tali *et al*., 2012؛ Ghadimi, 2014). در سال‌های گذشته در پی کاهش نزولات جوی و برداشت بیش‌ازاندازه آب از زمین‌های بالادست، سفره‌های آب زیرزمینی این تالاب افت داشته است که این می‌تواند به شور شدن آب‌های زیرزمینی و پیامدهای زیان‌بار دیگری بینجامد (Safari Sanjani & Safari Sanjani, 2017؛ Alemohammad *et al*., 2014).

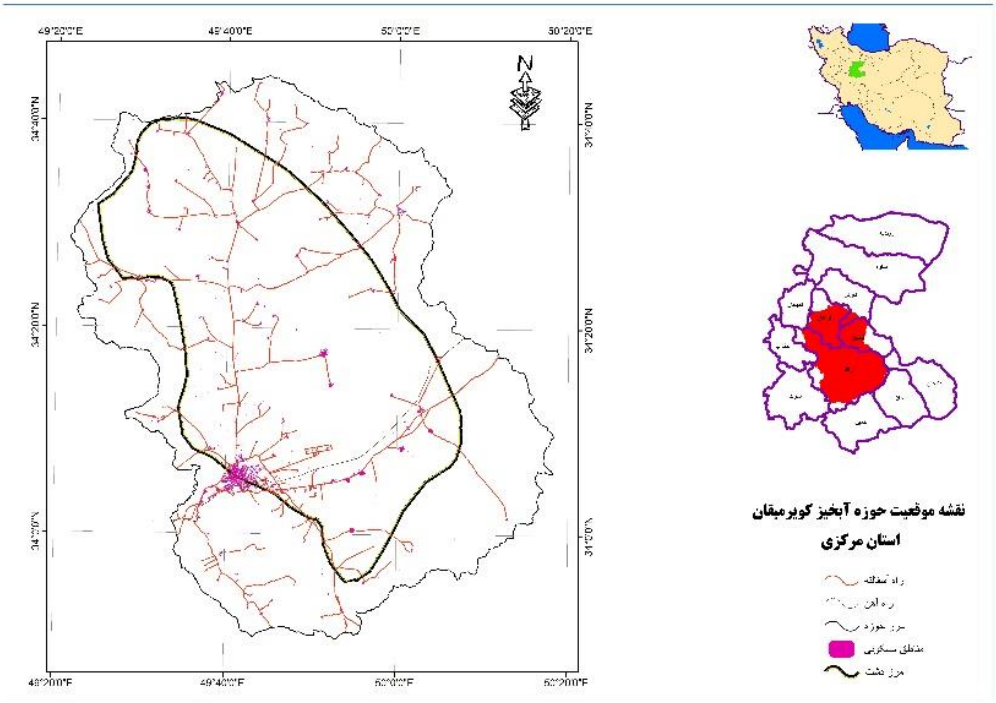
ازآنجایی‌که پدیده خشک‌سالی موجب کاهش سریع جریان‌های سطحی، افت مخازن آب زیرزمینی، تشدید فرسایش بادی و آبی، تغییر کیفیت منابع آب و نشست زمین در این حوضه می‌شود، به‌علاوه درنتیجه افت شدید سطح آب زیرزمینی و کم‌آبی سفره، با پیشروی جبهه آب شور کویر میقان، مشکل شور شدن آب شرب و خصوصاً آبیاری را به دنبال دارد، ازاین‌رو ارزیابی آثار این پدیده و مدیریت خطر آن امری ضروری است (Mahdianpari *et al*., 2020؛ Ansari, 2018؛ Abdinejad & Nateghi, 2010;Amiri *et al*., 2015). به‌علاوه با توجه به اینکه برقراری تعادل بین نیازهای اکوسیستم‌های آبی و سایر مصارف آب در یک حوضه اصلی‌ترین مشغله فکری در مدیریت کلان آب است؛ بنابراین تحقیق جامع و یکپارچه در مورد تغییرات وضعیت کمی آب‌های زیرزمینی حوضه در ۴۰ سال گذشته در این زمینه بسیار راهگشا خواهد بود. همچنین انجام این مطالعه با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوزه میقان در منطقه خشک و نیمه-خشک کشور و با توجه به حساسیت زیاد اکولوژیکی آن می‌تواند از اولویت خاصی برخوردار باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

حوزه آبخیز میقان که کویر میقان در مرکز آن قرار گرفته است وسعتی بالغبر۷/ ۵۴۹۵ کیلومترمربع دارد و در غرب ناحیه ایران مرکزی، در قسمت‌های مرکز و جنوب غربی استان مرکزی در طول جغرافیایی ۲۰ ˚۴۹ تا ۱۸َ ˚۵۰ و عرض جغرافیایی ۴۹ ˚۳۳ تا َ ۴۴ ۳۴˚ واقع‌شده است (شکل ۱). حوزه آبخیز میقان حوضه بسته‌ای است که ۲۸۵۴/۶۳ کیلومترمربع از وسعت آن را دشت اراک و ۱۰۰ تا ۱۱۰ کیلومترمربع را کویر میقان و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. دریاچه فصلی میقان یا کویر مغان که از نام روستایی با همین نام اقتباس‌شده است و در نقشه‌ها و منابع قدیمی به نام «توزلوگل» معروف است در حدود ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان اراک و از مشهورترین پدیده-های موجود در استان مرکزی است (Sadeghi, 2007). شکل و نحوه گسترش محدوده موردمطالعه به‌طورکلی با امتداد ساختمان‌های زمین‌شناسی انطباق داشته، به طوری‌که طرح شبکه زهکش سطحی نیز تحت تأثیر

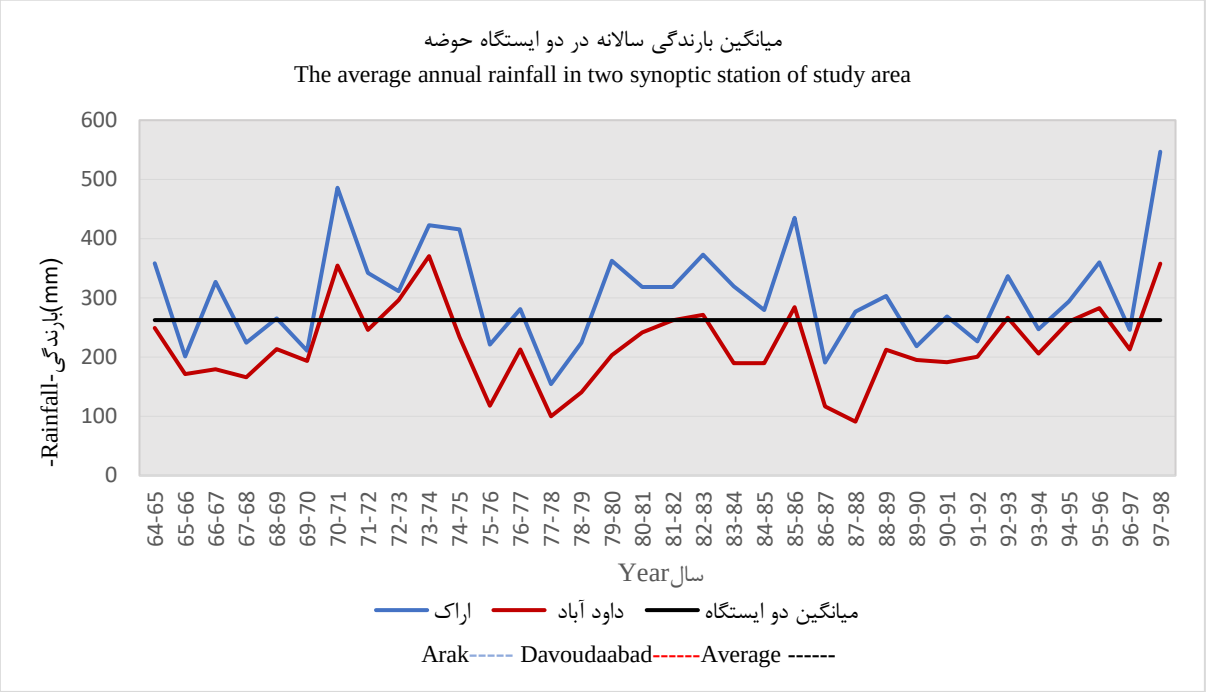
روندهای ساختمان زمین‌شناسی منطقه بوده است. ازآنجاکه حوضه ازنظر هیدرولوژیکی حوضه بسته‌ای محسوب می‌گردد، بنابراین مازاد جریان‌های سطحی و نیز ادامه جریان‌های زیرزمینی در بخش مرکزی آن جمع شده و تشکیل باتلاق و دریاچه‌ای را می‌دادند که اکنون نشانه‌های آن به‌صورت نمکزار به‌جامانده است (Ghadimi & Ghomi, 2013; Solaimani & Sadeghi, 2009). شیب عمومی حوزه آبخیز محدوده مطالعاتی دشت اراک از جوانب به سمت کویر میقان است؛ بنابراین کلیه جریان‌های سطحی و زیرزمینی به‌طور عام در جهات مذکور حرکت می‌نمایند و ازنظر پستی‌وبلندی‌ها محدوده به دو بخش دشت در مرکز و ارتفاعات در حواشی، تفکیک می‌گردد (Sadeghi, 2007; Izadikian *et al*., 2020; RWCM, 2023).



شکل ۱- نقشه منطقه موردمطالعه در استان مرکزی و کشور

Figure 1- Geographical location of the study area in Markazi Province and Iran

به‌منظور برآورد بارندگی درازمدت حوضه با توجه به آمار ایستگاه‌های موجود، دوره ۳۴ ساله محاسبه بارندگی انتخاب‌شده است. با توجه به برقراری رابطه همبستگی بین مقادیر ریزش‌های جوی سالیانه و ارتفاع ایستگاه‌ها با ضریب ۷,۳ درصد و ارتفاع متوسط نواحی دشت و کوهستان در محدوده موردبررسی، متوسط بارندگی سالیانه در دو ایستگاه منتخب اراک و داودآباد به شرح شکل ۲ است. بر اساس تقسیمات اقلیمی ایران منطقه موردنظر به روش گوسن دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و طبق روش آمبرژه، دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است (Sadeghi, 2007).



شکل ۲- متوسط بارندگی سالانه در دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۶۴ در دو ایستگاه موجود در منطقه موردمطالعه

Figure2- Average annual rainfall in 1986-2006 in two synoptic station of study area

روش تحقیق

ابتدا نقشه‌های حوزه کویر میقان شامل نقشه‌های زمین شناسی، عارضه‌نگاری (توپوگرافی)، زمین‌ریخت‌شناسی (ژئومورفولوژی)، کاربری اراضی، آبراهه‌ها، مناطق مسکونی و شبکه ارتباطی، خطوط منحنی میزان و نقشه نواحی زمین‌شناسی با استفاده از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی ArcGIS10.3 از نقشه‌های موجود استان (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی-اداره مطالعات) تهیه گردید. قابل‌ذکر است نقشه‌های کاربری اراضی برای تحقیق حاضر در سال‌های ۷۵، ۸۲ و ۹۸ تهیه گردید و مساحت کاربری-های موردنیاز مطالعه استخراج و در جدول ۱ ارائه شده است. مختصات جغرافیایی مربوط به چاه‌های بهره-برداری (کشاورزی، شرب، صنعت) قنوات، چشمه‌ها، چاه‌های مشاهده‌ای از منابع داده‌ای-کتابخانه‌ای، سازمان آب منطقه استان مرکزی-اراک استخراج شد. برای اندازه‌گیری عمق سطح آب و ارتفاع مطلق سطح آب در حوضه موردمطالعه در شبکه سنجش آب‌های زیرزمینی ۴۶ حلقه چاه مشاهده‌ای (پیزومتر) موجود است که ارقام قرائت‌شده عمق سطح آب و ارتفاع مطلق سطح آب برای هر چاه مشاهده‌ای در ۱۲ ماه سال در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۶۴ و ۱۳۹۸-۱۳۸۴ با توجه به بررسی اجمالی داده‌ها و تغییرات بارز سطح ایستابی چاه‌های مشاهده‌ای در این دو بازه زمانی جمع‌آوری گردید.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به‌منظور ترسیم نقشه‌های مربوطه

در دوره‌های آماری موردنظر، داده‌های مربوط به ماه حداکثر (اردیبهشت‌ماه) و ماه حداقل (مهرماه) سطح ایستابی آب مربوط به ۴۶ حلقه چاه مشاهده‌ای استخراج گردید. برای ترسیم نقشه‌های هم‌پتانسیل از نقشه موقعیت مکانی چاه‌های مشاهده‌ای استفاده نموده و برای ترسیم نقشه‌های هم‌ارتفاع مطلق سطح آب در هر دوره زمانی داده‌های مربوط به هر یک از چاه‌ها وارد نرم‌افزار شد و نقشه هم‌پتانسیل مربوطه

ترسیم گردید. همچنین برای هرسال یک نقشه هم-پتانسیل متوسط نیز در نظر گرفته شد. سپس مقادیر حداکثر و حداقل در هر چاه مشاهده‌ای از یکدیگر کسر و یک مقدار به نام مقدار افت در هر سال مشخص گردید که از این داده‌ها برای ترسیم نقشه‌های هم‌افت سالیانه استفاده شد.

جدول ۱- خلاصه وضعیت کاربری اراضی در حوضه در سال‌های مختلف
Table 1- Summary of the status of landuse in basin

نوع کاربری Land use	سال Year			میزان تغییرات کاربری (هکتار) The amount of landuse changes (ha)		
	75	82	98	75-82	82-98	75-98
اراضی آبی Irrigated agriculture	90289	117544	250578	27255	133034	160289
اراضی بدون پوشش و بیرون‌زدگی سنگی Uncovered lands/rock outcrops	4500	4500	4500	0	0	0
دیمزار Dryland farming	152957	166869	74392	13912	-92477	-78565
تالاب کویر میقان Meighan Wetland	10439	11316	8577	877	-2739	-1862
مرتع Range	288846	247872	203846	-40975	-44026	-85000
مناطق مسکونی Residential areas	7226	6158	12365	-1069	6208	5139

برای منطقه بندی دشت با استفاده از نقشه‌های هم‌افت سالیانه، ابتدا در نرم‌افزار محدوده افت با ارقام مختلف تعریف و طبقه‌بندی گردید و سپس مساحت مربوط به هر یک از طبقات افت به دست آمد. طبقه‌بندی افت بر اساس تغییرات حداقل و حداکثر افت در بازه زمانی موردمطالعه صورت گرفته است و به دلیل اینکه هدف تنها مقایسه افت بین دو دوره آماری است از روش خاصی تبعیت نشده است. در دوره آماری ۱۳۶۴- ۱۳۸۴ با توجه به نوسانات اندک و بازه کوچک‌تر افت طبقات ۱ متر و در بالاترین طبقه به ۱۰ متر می‌رسد (۸ طبقه) اما در دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۸۴ با توجه به نوسانات شدید افت در حوضه، ۱۰ متر افت برای هر طبقه در نظر گرفته شده است (۷ طبقه). با مقایسه اعداد سال‌های مختلف و تعیین میزان کاهش و یا افزایش مساحت مربوط به طبقات، روند تغییرات کمی دشت در دوره‌های آماری تعیین گردید.

نتایج

تا پیش از دهه ۳۰ شمسی شواهدی از وجود چاه‌های عمیق در منطقه گزارش نشده است؛ به عبارتی چاه عمیق در این منطقه نیز از زمان ورود دستگاه حفاری به کشور به‌تدریج توسعه یافته و متداول شده است. اولین آماربرداری از آب‌های زیرزمینی در منطقه در سال ۱۳۴۹ صورت گرفته است. این اقدام مجدداً در سال‌های ۱۳۶۰، ۱۳۶۴، ۱۳۷۷، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۷ تکرار شده است (بر طبق زمان‌بندی وزارت نیرو) و در سال[1] ۱۳۹۸ آخرین مورد آمار-برداری از منابع آب زیرزمینی حوزه کویر میقان انجام گرفته است (RWCM, 2023; 2007).

۱- آمار سال ۱۳۹۸تأیید نهایی نشده و در دست بررسی است

جدول ۲- خلاصه وضعیت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در سال‌های مختلف (RWCM, 2023)

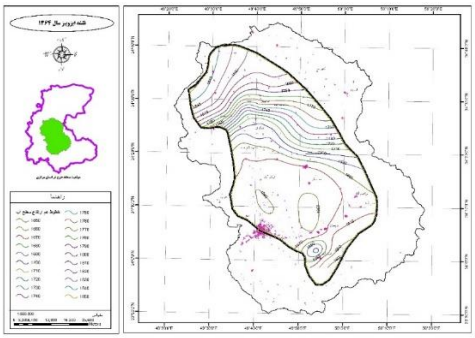
Table 2- Summary of the status of ground water exploitation

ردیف	سال آماری	تعداد منبع آبی	تخلیه (مجاز و غیرمجاز) (m.c.m)
No.	Statistical Year	Water resource No.	exploitation
1	1349	265	66.2
2	1360	1022	195.2
3	1364	1977	311.6
4	1377	2657	426.1
5	1382	3456	597.7
6	1387	4872	443.8
7	1398	3844	291.8

همچنان که در جدول ۲ نشان داده‌شده است، در سال ۱۳۴۹ تعداد چاه عمیق و نیمه عمیق ۲۶۵ حلقه بوده است که در سال ۱۳۸۲ به ۳۴۵۶ حلقه رسیده است. به‌طوری‌که در طول مدت مذکور ۳۱۹۱ حلقه چاه‌های بهره‌برداری اضافه‌شده است. بدین ترتیب افزایش سالانه تعداد چاه‌ها برابر ۹۴ حلقه بوده است. همچنین بر اساس آمار مذکور میزان تخلیه چاه‌ها در طول مدت مذکور جمعاً ۵۳۱/۵ میلیون مترمکعب و به‌طور سالانه ۱۵/۶۳ میلیون مترمکعب افزایش یافته است؛ اما همچنان که در آماربرداری بعد در سال ۱۳۸۷ نشان می‌دهد علیرغم افزایش ۱۴۱۶ حلقه چاه میزان تخلیه چاه‌ها در طول ۶ سال ۱۵۳/۹ میلیون مترمکعب کاهش یافته است که علت می‌تواند عدم تغذیه مناسب سفره آب زیرزمینی در اثر کاهش نزولات جوی و خشک‌سالی و درنتیجه کاهش ذخیره آبخوان در اثر بهره‌برداری‌های بیش‌ازحد توان آبخوان باشد. همان‌طور که در نمودار متوسط بارش سالانه نیز قابل‌مشاهده است (شکل ۲)، در سال‌های آبی ۷۵-۷۶ تا ۸۸-۸۷ به‌جز در سال آبی ۸۶-۸۵ میزان بارش کاهش قابل‌ملاحظه‌ای یافته است. این مهم به همراه برداشت‌های بیش‌ازحد منجر به کاهش ذخیره آبی آبخوان شده است. در آخرین آماربرداری در سال ۱۳۹۸، چاه‌های بهره‌برداری در طی ۱۱ سال به تعداد ۱۰۲۸ عدد حلقه چاه کاهش یافته که به‌تناسب آن میزان برداشت نیز به رقم ۲۹۱,۸ میلیون مترمکعب تنزل یافته که حتی از رقم برداشت در سال ۱۳۶۴ کمتر است. این کاهش می‌تواند نشان‌دهنده خشک شدن چاه‌ها در اثر افت سطح تراز آب‌های زیرزمینی در بسیاری از مناطق دشت و همچنین پیشروی جبهه آب شور زیرزمینی باشد که منجر به عدم استفاده از چاه-ها گردیده است. نکته قابل‌ذکر دیگر این است که به دلیل بارش مناسب در سال ۹۸ در دشت اراک، استفاده از منابع آب سطحی بجای آب زیرزمینی توسط بهره‌برداران صورت گرفته و شاهد افت تخلیه در سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ می باشیم. همچنین در طی این زمان بسیاری از چاه‌های غیرمجاز توسط مراجع قانونی ذی‌ربط پلمپ گردیده و از حلقه مصرف خارج شده است.

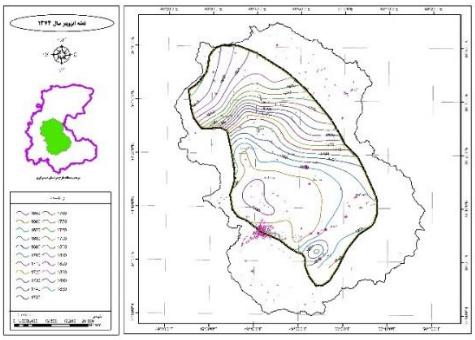
نقشه‌های هم‌پتانسیل (ایزوپیز)

مطالعه هر یک از هم‌پتانسیل‌ها در سال‌های مختلف آماری و بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت نشان می‌دهد که از شروع سال ۱۳۶۶-۱۳۶۵ میزان (سطح ایستابی) منحنی-های تراز سطح آب تقریباً به‌صورت متحدالمرکز از حواشی دشت به سمت کویر میقان و نواحی غرب کویر کاهش یافته است. این مناطق جزو پست‌ترین مناطق دشت محسوب می‌شوند و بنابراین سطح آب زیرزمینی تا حدودی از تراز دشت تبعیت کرده و این مناطق با داشتن کمترین رقم تراز آب به‌صورت زهکش سفره آب زیرزمینی عمل کرده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳-نقشه هم‌پتانسیل سال ۱۳۶۴

Figure 3- Isopieze map of Meighan playa 1986



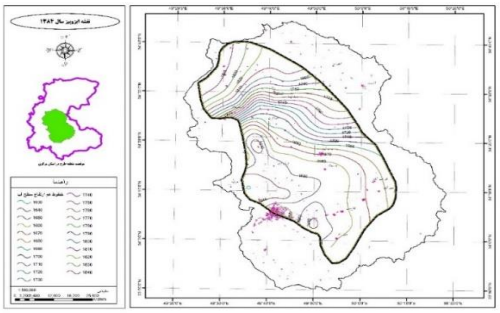
شکل ۴- نقشه هم‌پتانسیل سال ۱۳۷۴

Figure 4- Isopieze map of Meighan playa 1996

روند تغییرات خطوط هم‌پتانسیل در طی سال‌های بعد تا سال آبی ۱۳۷۵-۱۳۷۴ نشانگر این است که خطوط هم‌پتانسیل رفته‌رفته به‌صورت منحنی‌های بسته‌ای متوجه غرب حوضه گشته و از حوالی کویر میقان دور می‌شوند و در سمت غرب به کمترین میزان ارتفاع مطلق سطح آب می‌رسند. این روند نشان می‌دهد که با دخالت عواملی مانند برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و کاهش نزولات، نقش تراز کویر و زهکش طبیعی سفره توسط کویر میقان کمرنگ شده و افت متوجه نقاط دیگر شده است (شکل ۴).

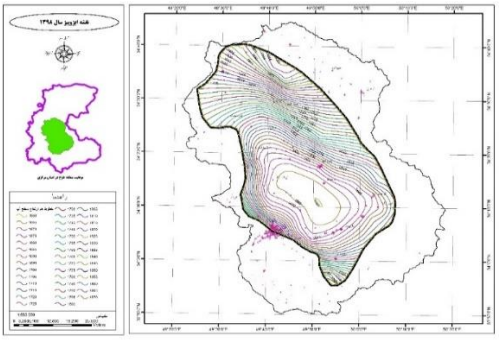
وضعیت ارتفاع مطلق آب سفره زیرزمینی دشت اراک در سال‌های ۱۳۸۴ نشان می‌دهد که منحنی‌های بسته شکل گرفته با کاهش تراز سطح آب زیرزمینی با مرکزیت غرب، جنوب و جنوب غربی به ترتیب رقوم ۱۶۴۰، ۱۶۴۰ و ۱۶۳۰ متر را نشان می‌دهند و بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شیب هیدرولیکی سفره کاملاً به سمت مناطق غرب، جنوب غربی و جنوب دشت متمرکزشده و سطح آب زیرزمینی افت شدیدی را در دوره ۲۰ ساله در این مناطق نشان‌می‌دهد (شکل ۵). مقایسه نقشه مکانی چاه‌ها در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۸ نشان می‌دهد که نقشه افت در این زمان از موقعیت مکانی چاه‌ها تبعیت می‌کند.

بررسی ارتفاع مطلق آب سفره زیرزمینی دشت اراک در سال ۱۳۹۸ نشان می‌دهد که منحنی‌های بسته شکل گرفته با کاهش تراز سطح آب زیرزمینی یک‌بار دیگر به سمت مناطق مرکزی دشت متمایل است. مناطق دارای کمترین سطح آب زیرزمینی به‌طور نسبتاً یکنواخت مناطق مرکز، غرب، جنوب و شرق حوضه را پوشش می‌دهند. این منحنی مشابه سال ۱۳۶۴ تا حدودی از تراز دشت تبعیت کرده است. علت این امر افزایش بهره‌برداری در مناطق جنوب و شرق حوضه است (شکل ۶).



شکل ۵- نقشه هم‌پتانسیل سال ۱۳۸۴

Figure 5- Isopieze map of Meighan playa 2006



شکل ۶- نقشه هم‌پتانسیل سال ۱۳۹۸

Figure 6- Isopieze map of Meighan playa 2020

منطقه بندی کمی دشت

برای بررسی تغییرات افت سالانه سطح آب زیرزمینی دشت اراک از مقادیر اندازه‌گیری شده در فصل و ماه حداکثر و حداقل استفاده گردید و نقش افت سالیانه برای هر یک از سال‌های آماری تهیه و مساحت تحت اثر هر یک از طبقات افت به‌صورت سالیانه مشخص گردید. برای انجام این روش ابتدا محدوده و طبقه‌هایی برای افت تعریف شد و سپس تغییرات مساحت حوضه که تحت تأثیر هر یک از طبقات افت قرار گرفته‌اند و محدوده‌هایی که بیشترین تغییرات میزان افت در آن‌ها رخ می‌دهد بررسی گردید (جداول ۳ و ۴).

جدول ۳- طبقات افت دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۶۴

Table 3- The decline classification in 1986-2006

کلاس افت	میزان افت (m)
Decline class	Decline amount (m)
1	‹1
2	1-2
3	2-3
4	3-4
5	4-5
6	5-6
7	6-10
8	10-20

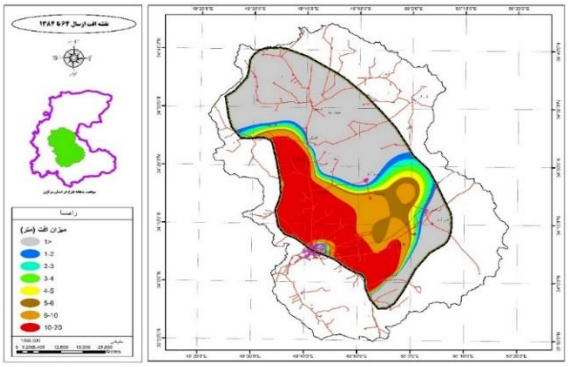
جدول ۴- طبقات افت دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۸۴

Table 4-The decline classification in 2006-2020

کلاس افت	میزان افت (m)
Decline class	Decline amount(m)
1	0-10
2	10-20
3	20-30
4	30-40
5	40-50
6	50-60
7	60-70

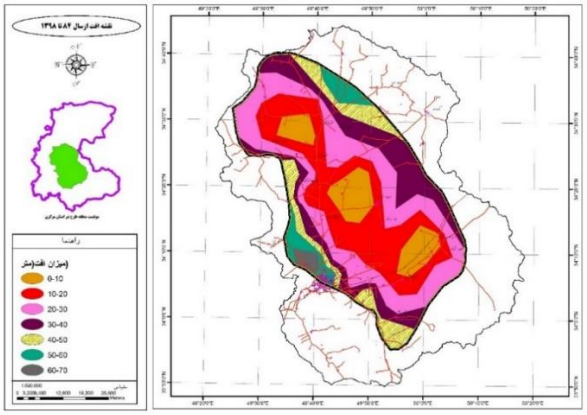
بررسی مساحت طبقات افت در حوضه

چنانچه تغییرات سطح آب را در دو سال آبی ۱۳۶۴-۱۳۶۵ و ۱۳۸۴-۱۳۸۵ و همچنین سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۸۵ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ نسبت به یکدیگر در نظر بگیریم و میزان افت در هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای را در فاصله به ترتیب ۲۰ و ۱۴ ساله به دست آوریم، نقشه‌ای حاصل می‌شود که نشان می‌دهد بیشترین مناطقی که متحمل افت سطح آب زیرزمینی شده‌اند، در چه بخش‌هایی از دشت واقع هستند (جداول ۵ و ۶).



شکل ۷-نقشه افت سال ۱۳۸۴-۱۳۶۴

Figure 7- The decline map 1986-2006



شکل ۸- نقشه افت سال ۱۳۹۸-۱۳۸۴

Figure 8- The decline map 2006-2020

جدول ۵- طبقات افت دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۶۴

Table 5- The decline classification 1986-2006

درصد	مساحت (هکتار)	میزان افت (متر)
Percent	Area	Decline (m)
49.9	142337.7	1>
2.9	8246.6	1-2
3.1	8710.9	2-3
2.9	8145.3	3-4
2.7	7806.1	4-5
5.1	14421.3	5-6
9.9	28360.5	6-10
23.6	67435.6	10-20

جدول ۶-طبقات افت دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۸۴
Table 6- The decline classification 1986-2006

میزان افت (متر)	مساحت (هکتار)	درصد
Decline (m)	Area	Percent
0-10	30339.6	10.6
10-20	74331.7	26.0
20-30	80099.1	28.1
30-40	53798.8	18.8
40-50	28389.8	9.9
50-60	14907.1	5.2
60-70	3597.8	1.3
Total	285463.9	100.0

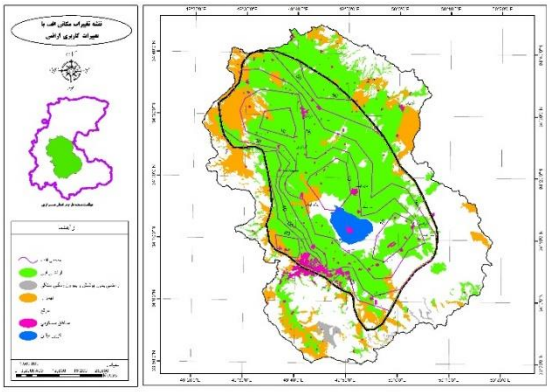
با بررسی نقشه تغییرات سطوح آب زیرزمینی از سال ۱۳۶۵-۱۳۶۴ تا ۱۳۸۵-۱۳۸۴ می‌توان دریافت که مناطق شمالی و شرقی دشت تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهند و روند نسبتاً ثابتی دارند. در این مناطق تغییرات بین ۱- تا ۳- متر دیده می‌شود اما در مناطق غربی و در جنوب دشت همان‌گونه که از نقشه-های هم‌پتانسیل مشهود است، منحنی‌های متحدالمرکز افت سطح آب زیرزمینی تا حداکثر ۲۰ متر را نشان می‌دهند. میزان افت در محدوده شهر اراک از ۱- تا حدود ۱۱- متر در اطراف آن تغییر می‌کند (شکل ۷).

همان‌طور که در جدول شماره ۵ ذکرشده است، حدود ۵۰ درصد از مساحت حوضه (تقریباً ۱۴۰ هزار هکتار) در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۶۴ افت کمتر از یک متر را تجربه کرده‌اند که در بخش‌های شمال، شمال شرق و جنوب شرق حوضه واقع‌شده‌اند. در مرتبه بعد و در نقطه مقابل تقریباً ۲۴ درصد مساحت حوضه در این دوره آماری بالاترین میزان افت، طبقه ۸ را به خود اختصاص داده‌اند. نقشه هم‌افت نشان‌می‌دهد که جنوب غربی دشت بیشترین افت سالانه را در طبقه ۸ نشان-می‌دهد و به سمت شرق دشت به‌تدریج از میزان افت کاسته شده و طبقات افت به‌طور معکوس در این بخش از طبقه ۸ تا ۲ در نواحی شرق دشت تغییر می‌یابد.

همان‌طور که از مقایسه جداول ۵ و ۶ می‌توان برداشت نمود مجموع هفت‌طبقه افت (حداکثر افت) در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۶۴ اولین طبقه افت (حداقل افت) سطح تراز آب‌های زیرزمینی در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۹۸ است درحالی‌که حدود ۵۰ درصد از مساحت حوضه در دوره آماری نخست، افت حدود ۱ متر را تجربه کرده‌اند در دوره آماری دوم، این عدد به حدود ۱۱ درصد تنزل یافته و حدود ۵۵ درصد حوضه بین ۱۰ تا ۳۰ متر افت سطح تراز را نشان می‌دهند.

کمترین طبقات افت در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۹۸ مربوط به طبقات ۱ و ۲ است که همچون نوار پهنی از شمال غرب حوضه به جنوب شرق آن گسترده شده است. در حاشیه شمال و شمال شرق و همچنین جنوب، غرب و جنوب غرب حوضه مناطقی با بیشترین میزان افت مشاهده می‌گردد که هر چه از سمت مرکز به اطراف دشت پیشروی کنیم، میزان افت افزایش خواهد یافت. در محدوده شهر اراک افت بین ۴۰ تا ۶۰ متر قابل‌مشاهده است (شکل ۸). بر اساس جدول مساحت کاربری اراضی (جدول ۱) در سال‌های مختلف مشاهده می‌شود که بیشترین افزایش سطح مربوط به اراضی آبی است که این افزایش ناشی از کاهش سطح اراضی دیم و مراتع است. همچنین نکته قابل‌توجه کاهش سطح تالاب کویر میقان به میزان ۱۸۶۲ هکتار است. این تغییرات بیانگر میزان افزایش برداشت از سطح سفره جهت تأمین نیاز آبی اراضی کشاورزی جدید است. بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده، مشخص شد که بیشترین مقدار افت در مناطقی صورت گرفته

کـه بیشـترین تغییـرات کـاربری اراضـی رخداده و اراضـی دیـم و مرتـع بـه اراضـی آبـی تبدیل‌شـده است (شکل ۹).



شکل ۹-تلفیق نقشه افت سال ۱۳۹۸-۱۳۸۴ با تغییرات کاربری اراضی

Figure 9-Maching the decline map 2006-2020 with landuse changes

بحث

با توجه به تجزیه‌وتحلیل داده‌های بارندگی و ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی دشت اراک، می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که میزان بارندگی به‌طور مستقیم بر نوسانات سطح ایستابی اثر نمی‌گذارد. البته این امر به این معنا نیست که تغییرات میزان بارندگی اثری بر نوسانات سطح ایستابی ندارد بلکه گویای این واقعیت است که سایر عوامل به‌ویژه کاهش منابع آب سطحی (خشک‌سالی) و بهره‌برداری شدید و غیراصولی از منابع آب زیرزمینی تأثیر بیشتری بر نوسانات سطح ایستابی داشته به‌گونه‌ای که حتی در مواردی که میزان بارندگی در چند سال پیاپی افزایش‌یافته است، روند تغییرات سطح آب زیرزمینی به دلیل تأثیر سایر عوامل حالت نزولی داشته است که تحقیقات Jia et al. (2018)، Ansari (2018) و Ebrahimikhusfi (2019) نیز مؤید همین مطلب است.

نتایج تحقیق نشان‌می‌دهد که در سال‌های ماقبل سال آبی ۱۳۶۵-۱۳۶۴ شیب هیدرولیکی آبخوان دشت اراک از تراز دشت تبعیت می‌نموده و کویر میقان به‌عنوان زهکش طبیعی دشت عمل می‌کرده است، اما در طی دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۶۴ با افزایش و تمرکز چاه‌های بهره‌برداری در بخش غربی و جنوب غربی دشت، کمترین تراز سطح آب زیرزمینی در مناطق غرب و جنوب غربی دشت قرار گرفته است و بنابراین می‌توان گفت در دشت اراک از شمال به سمت جنوب و از شرق به سمت غرب از ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی کاسته می‌شود و شیب هیدرولیکی آبخوان به سمت مناطق غربی متمایل. در طی دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۸۴ همچنان روند نزولی سطح ایستابی آب زیرزمینی در مناطق غرب حوضه به‌شدت در حال افزایش است که متأسفانه این روند در بخش‌های جنوبی و شمالی حوضه نیز به دلایل خشک‌سالی و بهره‌برداری‌های صورت گرفته، کشیده شده است و Faraji & Fatemi (2022) و Ghiabi *et al.*, (2012) به نتایج مشابهی در این زمینه دست‌یافته‌اند.

بامطالعه تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت در طی دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۶۴ می‌توان به این نتیجه دست‌یافت که بیشترین افت سطح آب به مقدار بالای ۱۰ متر، حداکثر ۲۰ متر در مناطق غرب و جنوب غرب حوضه رخداده است و به سمت مناطق شرقی حوضه کشیده شده است اما مجموعه تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی طی سال‌های یادشده در شمال شرق، شمال، شمال غرب و جنوب شرقی حوضه در حدود ۱- متر بوده است اما در دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۸۴ طبقات افت به طرز چشمگیری افزایش‌یافته به‌نحوی‌که در غرب، جنوب غرب، شمال و شمال شرق حوضه شاهد افزایش افت سطح ایستابی آب زیرزمینی تا ۷۰ متر می‌باشیم.

تعداد منابع بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی دشت اراک از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۸ افزایش بسیار سریعی داشته است که همراه با افزایش تخلیه آب از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق حوضه بوده است که این روند در

سال ۱۳۸۷ علیرغم افزایش حلقه چاه‌های بهره‌برداری به یکباره کاهش یافته و در آخرین آماربرداری (۱۳۹۸) هم تعداد منابع برداشت و هم میزان بهره‌برداری به طرز چشمگیری کاسته شده است. از علل آن می‌توان عدم تغذیه مناسب سفره آب زیرزمینی در اثر کاهش نزولات جوی و خشک‌سالی در سال‌های ماقبل و درنتیجه کاهش ذخیره آبخوان در اثر بهره‌برداری‌های بیش‌ازحد توان آبخوان نام برد. همچنین این کاهش می‌تواند نشان‌دهنده خشک شدن چاه‌ها در اثر افت سطح تراز آب‌های زیرزمینی در بسیاری از مناطق دشت و پیشروی جبهه آب‌شور زیرزمینی باشد که منجر به عدم استفاده از چاه‌ها گردیده است. نکته قابل‌ذکر دیگر این است که بارش مناسب سال ۱۳۹۸ و استفاده بیشتر بهره‌برداران از منابع آب سطحی و همین‌طور پلمپ بسیاری از چاه‌های غیرمجاز توسط مراجع قانونی ذی‌ربط می‌تواند دلایل دیگر آن باشد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

همان‌گونه که از وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت اراک مشخص است در قسمت‌هایی از دشت مانند نواحی غربی، جنوبی و جنوب غرب و شمال ابتدا نیازمند اقدام سریع و قابل‌اجرا در کوتاه‌مدت هستیم و سپس باید اقدامات اساسی در جلوگیری از روند پیشروی جبهه آب شور و کاهش کمیت و کیفیت آبخوان صورت گیرد. برای بهبود وضع آبخوان و استفاده بهینه از آب‌های زیرزمینی موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- جلوگیری از صدور هرگونه پروانه حفر و بهره‌برداری یا تعمیر و تعویض محل چاه در مناطق بحرانی دشت.
- کنترل مقدار برداشت از آب‌های زیرزمینی در چاه‌ها در حد پروانه‌های بهره‌برداری و انجام عملیات تغذیه مصنوعی در مناطق مستعد جهت افزایش سطح سفره آب زیرزمینی.
- بالا نگه‌داشتن سطح آب در آبخوان‌ها باراهنمایی و ترغیب کشاورزان در کاشت محصولاتی که نیازمند آبیاری کمتری هستند و راهنمایی کشاورزان برای کاشت گیاهان مقاوم به شوری در مناطقی که دارای آب نسبتاً شور هستند.
- کنترل و مدیریت بهره‌برداری و بهره‌گیری از مدیریت صحیح و علمی منابع آب به‌منظور جلوگیری از کاهش بیشتر کیفیت و کمیت آبخوان شدیداً تأکید و توصیه می‌گردد.
- تهیه برنامه‌های مقابله با خشک‌سالی به‌صورت استانی و تهیه دستورالعمل‌های موردنیاز با تفکیک وظایف و مسئولیت‌های واحد اجرایی و ارتباط آن‌ها در استان‌های مختلف برای اجرایی شدن دستورالعمل‌ها و تشکیل یک کارگروه ویژه جهت مدیریت یکپارچه کلیه منابع حوضه.
- ترغیب بهره‌برداران عمده آب برای رعایت طرح‌ها و اصول مقابله با خشک‌سالی و توسعه برنامه‌های آموزشی و یافتن راه‌هایی برای جلب مشارکت مردمی و صرفه‌جویی در منابع و مصارف آب آبیاری، شرب و صنعت.
- فعالیت‌های بیولوژیکی و احیا و ایجاد پوشش گیاهی.

References

Abdinejad, Gh.A. & Nateghi, D. (2010). *Critical factors affecting Meyghan desertification and practical solutions for achieving its sustainable development.* The first national conference on combating desertification and sustainable development of desert wetland Iran, 16 to 17 June. Country Forests and Rangelands Organization. Arak, Iran. (In Persian).

Al-Bahrani, H. S., Al-Rammahi, A. H., Al-Mamoori, S. K., Al-Maliki, L. A. & Nadhir, A. A. (2022). Groundwater detection and classification using remote sensing and GIS in Najaf, Iraq. *Groundwater for Sustainable Development*, *19*, 100838.

Alemohammad, S., Yavari, A. R., Salehi, S. & Zebardast, L. (2014). Using the strategic environmental assessment for compilation polices of sustainable development plan in Lake Urmia. *Journal of Environmental Studies. 40*(3), 645-667. (In Persian).

Amiri, M. J., Karbasi, A. R., Zoghi, M. & Sadat, M. (2015). Detection of climate changes by mann-kendall analysis and drought indexes (Case study: Agh Gol wetland). *Journal of Environmental Studies*, *41*(3), 545-561. doi: 10.22059/jes.2015.55896. (In Persian).

Ansari, A. (2018). Recognition and Evaluation of the Environmental Status of Meighan Wetland and Planning for a Sustainable Development. *Journal of Environmental Researches*, *9*(17), 29-42. (In Persian).

Dolan, F., Lamontagne, J., Link, R., Hejazi, M., Reed, P. & Edmonds, J. (2021). Evaluating the economic impact of water scarcity in a changing world. *Journal of Nature communications*, *12*(1), 1-10.

Ebrahimikhusfi, Z., Khosroshahi, M., Naeimi, M. & Zandifar, S. (2019). Evaluating and monitoring of moisture variations in Meyghan wetland using the remote sensing technique and the relation to the meteorological drought indices. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, *10*(2), 1-14. (In Persian).

Ebrahimikhusfi, Z., vali, A., khosroshahi, M. & ghazavi, R. (2017). Investigation of the role of bed dried Gavkhooni wetland on the production of the internal dust using remote sensing and duststorms (Case study: Isfahan province). *Journal of Rangland & Desert Reseach* .*24*(1), 152-164. doi: 10.22092/ijrdr.2017.109857. (In Persian).

Eslamian, S. & Eslamian, FA. (2017). *Handbook of Drought and Water Scarcity: Environmental impacts and analysis of drought and water scarcity.* CRC Press, 689 pp.

Ensafimoghaddam, T. (2020). Trend analysis of annual, seasonal and monthly groundwater level (Case study: sub-basin of Arak Mighan). *Journal of Rangland & Desert Reseach.27*(3), 516-544. doi: 10.22092/ijrdr.2020.6785.1075. - (In Persian).

Faraji, M. & Fatemi, B. (2022) Comparative analysis of remote sensing water indexes for wetland water body monitoring using Landsat images and the Google Earth Engine Platform (A Case study: Meighan Wetland, Iran). *Journal of geospatial Information Technology*; 10 (2), 39-62. (In Persian).

Ghadimi, F. (2014). Assessment of the sources of chemical elements in sediment from Arak Mighan Lake. *Inter. Journal of. Sed. Res*. 29: 159-170.

Ghadimi, F. (2021). Determining the Origin of Chemical and Biological Pollutants in the Water of Mighan Wetland in Arak. *Geography and Environmental Planning*, *31*(4), 131-150. doi: 10.22108/gep.2021.125608.1366. (In Persian).

Ghadimi, F. & Ghomi, M. (2013). Assessment of the effects of municipal wastewater on the heavy metal pollution of water and sediment in Arak Mighan Lake, Iran. *Journal of Tethys*. 1: 205-214.

Ghahroudi Tali, M., Mirzakhani, B. & Asgari, A. (2012) Desertification and playa expansions in Everglades of Iran (Case study: Meghan Lake). *Journal of Geography and Environmental Hazards*. 1: 4. 97-112. (In Persian).

Ghiabi, P., Moradi, GH. R. & Naeibi, M. (2012). *Drought zoning of Meighan Playa using SPI*, 1st National Conference on Agrometeorology and Agricultural Water Management, Karaj, https://civilica.com/doc/173259. (In Persian).

Isah, A., Akinbiyi, O. A., Ugwoke, J. L., Ayajuru, N. C. & Oyelola, R. O. (2023). Detection of groundwater level and heavy metal contamination: A case study of Olubunku dumpsite and environs, Ede North, Southwestern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, *197*, 104740.

Izadikian, L., Piri, N., Akbari, M.J. & Molaei, M. (2020). Morphotectonic investigation of Talkhab and Tozlugol faults and formation of the Meyghan playa, Arak. *Iranian Journal of Geology*, *58*(58), 1. (In Persian).

Jabbari, E., Fathi, M. & Moradi, M. (2020). Modeling groundwater quality and quantity to manage water resources in the Arak aquifer, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, *13*(14), 663. https://doi.org/10.1007/s12517-020-05681-4.

Jia, J., Huang, C., Bai, J., Zhang, G., Zhao, Q. & Wen X. (2018). Effects of drought and salt stresses on growth characteristics of

euhalophyte Suaeda salsa in coastal wetlands. *Journal of Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 103: 68-74.

Kafi, M. & Jami-Alahmadi, M. (2020) *The challenges of the agricultural sector in facing drought and water shortage and possible solutions*. 16th national Iranian crop science congress, Ahvaz, https://civilica.com/doc/1149470. (In Persian).

Khangholi, E., Naderi, M., Hadipour, M. & Aalipoor ardi, m. (2018). An investigation on the water requirement of Mighan desert wetland. *Journal of Wetland Ecobiology*, 10(37), 91-102. https://sid.ir/paper/174906/en. (In Persian).

Liu, J., Yang, H., Gosling, S. N., Kummu, M., Flörke, M., Pfister, S. & Oki, T. (2017). Water scarcity assessments in the past, present, and future. *Journal of Earth's future*, *5*(6), 545-559.

Mahdianpari, M., Jafarzadeh, H., Granger, J. E., Mohammadimanesh, F., Brisco, B., Salehi, B. & Weng, Q. (2020). A large-scale change monitoring of wetlands using time series Landsat imagery on Google Earth Engine: a case study in Newfoundland. *Journal of GIScience & Remote Sensing*, *57*(8), 1102-1124.

Pokhrel, Y., Burbano, M., Roush, J., Kang, H., Sridhar, V. & Hyndman D. (2018). A review of the integrated effects of changing climate, land use, and dams on Mekong River hydrology. *Journal of Water*, 10(3): 266-291.

Regional Water Company of Markazi Province-RWCM (2007) *Qualitative statistics report of Arak Plain water resources*. Basic water resources studies. Laboratory. http://www.marw.ir.

Regional Water Company of Markazi Province-RWCM (2023*) Qualitative statistics report of Arak Plain water resources*. Basic water resources studies. Groundwater Studies Department. http://www.marw.ir.

Sadeghi, S. (2015). *Multi-criteria Spatial Evaluation and Modelling of Farm Dam Site Suitability for Water Harvesting and Conservation (Doctoral dissertation).* The University of Sydney, Australia.

Sadeghi, S. (2007) *Investigation of Groundwater Properties (A case study: Around Meighan Playa)*. A Thesis submitted for the degree of Master of Science (MSc) in Watershed Management, The University of Mazandaran, Natural Resources Faculty, Sari, Iran. 148P. (In Persian).

Safari Sanjani, A. A. & Safari Sanjani, M. (2017). Chemical properties of suface water-inflows and their effects on soils of Meyghan Lake in Arak. *Journal of Water and Soil Conservation*, *24*(4), 123-142. (In Persian).

Solaimani, K. & Sadeghi, S. (2009). Detection of ground water changes using geographic information system (a case study; Arak plain, Iran). *Journal of Applied Sciences*, *9*(7), 1338-1343.

Tzanakakis, V. A., Paranychianakis, N. V. & Angelakis, A. N. (2020). Water supply and water scarcity. *Journal of Water*, *12*(9), 2347.

Content

Revisiting the detailed-implementation studies of the Fakhran Watershed in South Khorasan based on the integrated watershed management plan

Seyed Hamidreza Sadeghi, Arasteh Payfeshoordeh, Zeinab Pirooznia, Sadaf Piri, Masoumeh Hamzeh Bibalani, Mahdi Khairparast, Fatemeh Sarouneh, Sahar Mostafaei Younjali, Nastaran Naderi Marangelu, Ali Noori, Masoumsh Havasi, Reza Chamani

1-16

Spatiotemporal variation of meteorological drought, Case study: Kohgilooyeh and Boyer Ahmad

Homa Razmkhah, Eshagh Rostami, Amin Rostami Ravari, Alireza Fararoie

17-35

Evaluating the Implementation Success of the Plan to Stop Forest Exploitation in Northern Iran (Case Study: Guilan Province)

Mohammadreza Keshavarz, Soleiman Mohammadi Limaei, Teymour Rostami Shahraji

36-48

Investigating the relationship between the effect of geological formations on groundwater quality (Study area: Yazd province)

Hassan Fathizad, Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani

49-66

The effect of saline water and type of irrigation on soil moisture and physico-chemical properties

Mansour Jahantigh, Moien Jahantigh

67-78

Assessing groundwater level declination in Meighan Playa Catchment

Saviz Sadeghi, Omid Akhoondi

79-93

Journal of Integrated Watershed Management

Vol: 2, No: 4. winter 2023

Online ISSN: **2783-4581**
Publisher: **Ilam University** in association with **Iranian Rainwater Catchment Systems Association**
Director-in-Charge: **Dr. Noredin Rostami**
Editor-in-Chief: **Dr. Haji Karimi**

Editorial Board:
Dr. Gholamreza Zehtabian (Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran)
Dr. Hosein Arzani (Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran)
Dr. Forood Sharifi (Professor, Research Group of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran)
Dr. Haji Karimi (Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agricultural, Ilam University, Ilam, Iran)
Dr. Hamid Reza Nassery (Professor, Department of Minerals and Groundwater Resources, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran)
Dr. Hassan Pourbabaei (Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Rasht, Iran)
Dr. Mohsen Rezaei (Professor, Department of Geology, Shiraz University, Faculty of Sciences, Shiraz, Iran)
Dr. Zargham Mohammadi (Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran)
Dr. Hamid Reza Pourghasemi (Professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran)
Dr. Abazar Esmali Ouri (Professor, Department of Range & Watershed Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran)
Dr. Noredin Rostami (Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agricultural, Ilam University, Ilam, Iran)

International Editorial Board:
Dr. Lahcen Benaabidate (Professor, University of Sidi Mohammed Ben Abdellah Faculty of Sciences and Techniques/ Environment Teaching and Research, Morocco)
Dr. Pedro J.M. Costa (Assistant Professor, Departamento de Ciencias da Terra, Universidade de Coimbra, Portugal)

Advisory Board:
Dr. Ali Salajegheh (Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran)
Dr. Abolfazl Mosaedi (Professor, Department of Water Science and Engineering Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran)
Dr. Jahangir Porhemmat (Professor, Research Group of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran)
Dr. Mohsen Tavakoli (Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran)
Dr. Mehdi Heydari (Associate Professor, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran)
Dr. Marzban Faramarzi (Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran)

Manager: **Dr. Mehdi Heydari**
Editor (English Version): **Mohammad Najafi Shoaa**
Editor (Persian Version): **Dr. Noredin Rostami; Dr. Negar Sadeghi Nejad**
Cover and Page Designer: **Farshad Rahmani**

Ilam University

Address: **Deputy of Research and Technology, Ilam University, Pajoohesh Bolvd, Ilam, Iran**
P.O. **Box: 69317-516**
Telefax: **0843222703**
Email: **iwm@ilam.ac.ir**
Web Site: **www.iwm.ilam.ac.ir**

Journal of

Integrated Watershed Management

Ilam University

Vol: 2, No: 4. winter 2023

Online ISSN: 2783-4581

Revisiting the detailed-implementation studies of the Fakhran Watershed in South Khorasan based on the integrated watershed management plan

Seyed Hamidreza Sadeghi, Arasteh Payfeshoordeh, Zeinab Pirooznia, Sadaf Piri, Masoumeh Hamzeh Bibalani, Mahdi Khairparast, Fatemeh Sarouneh, Sahar Mostafaei Younjali, Nastaran Naderi Marangelu, Ali Noori, Masoumsh Havasi, Reza Chamani **1-16**

Spatiotemporal variation of meteorological drought, Case study: Kohgilooyeh and Boyer Ahmad

Homa Razmkhah, Eshagh Rostami, Amin Rostami Ravari, Alireza Fararoie **17-35**

Evaluating the Implementation Success of the Plan to Stop Forest Exploitation in Northern Iran (Case Study: Guilan Province)

Mohammadreza Keshavarz, Soleiman Mohammadi Limaei, Teymour Rostami Shahraji **36-48**

Investigating the relationship between the effect of geological formations on groundwater quality (Study area: Yazd province)

Hassan Fathizad, Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani **49-66**

The effect of saline water and type of irrigation on soil moisture and physico-chemical properties

Mansour Jahantigh, Moien Jahantigh **67-78**

Assessing groundwater level declination in Meighan Playa Catchment

Saviz Sadeghi, Omid Akhoondi **79-93**