مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال سوم، شماره اول، بهار ۱۴۰۲

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳

ارزیابی عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم و زیرساخت‌های موردنیاز آن به‌منظور پایداری منابع طبیعی در استان کرمانشاه

مسیب حشمتی، عادل نعمتی، محمد قیطوری، محمد احمدی، علی محبی — ۱-۱۵

ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش سلسله مراتبی-فازی (Fuzzy-AHP) و داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت بم-نرماشیر)

افسانه حقیقی، محمد نهتانی، محمدرضا دهمرده قلعه نو، الهام رفیعی ساردوئی — ۱۶-۳۷

واکاوی ابعاد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایران

مهدی بی‌نیاز، احسان تمسکی — ۳۸-۵۳

بررسی تأثیر مشخصات جریان ورودی جانبی بر جریان اصلی با استفاده از مدل‌سازی عددی

محمدرضا رئیسی‌دهکردی، امیرحسین یگانه مظهر، فرزانه خرد زارع — ۵۴-۷۱

مروری جامع بر اثرات باران اسیدی در بخش‌های مختلف زمین

حمزه سعیدیان — ۷۲-۸۸

طبقه‌بندی خطر فرسایش با استفاده از مدل کیفی فارگاس در زیرحوضه چهل‌گزی استان کردستان

سید پدرام نی‌نیوا، مائده پریچهره — ۸۹-۹۹

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال سوم، شماره اول، بهار ۱۴۰۲

شاپا الکترونیکی **۲۷۸۳-۴۵۸۱**

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

دکتر غلامرضا زهتابیان: استاد مهندسی 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، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

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

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

دکتر مرزبان فرامرزی: 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 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

مدیر داخلی **دکتر مهدی حیدری**

ویراستار انگلیسی **محمد نجفی شعاع**

ویراستار فارسی **دکتر نورالدین رستمی، دکتر نگار صادقی نژاد**

صفحه آرا و طراح جلد **دکتر رضا امیدی‌پور**

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

ارزیابی عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم و زیرساخت‌های موردنیاز آن به‌منظور پایداری منابع طبیعی در استان کرمانشاه

مسیب حشمتی، عادل نعمتی، محمد قیطوری، محمد احمدی، علی محبی

۱-۱۵

ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش سلسله مراتبی-فازی (Fuzzy-AHP) و داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت بم-نرماشیر)

افسانه حقیقی، محمد نهتانی، محمدرضا دهمرده قلعه نو، الهام رفیعی ساردوئی

۱۶-۳۷

واکاوی ابعاد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایران

مهدی بی‌نیاز، احسان تمسکی

۳۸-۵۳

بررسی تأثیر مشخصات جریان ورودی جانبی بر جریان اصلی با استفاده از مدل‌سازی عددی

محمدرضا رئیسی‌دهکردی، امیرحسین یگانه مظهر، فرزانه خرد زارع

۵۴-۷۱

مروری جامع بر اثرات باران اسیدی در بخش‌های مختلف زمین

حمزه سعیدیان

۷۲-۸۸

طبقه‌بندی خطر فرسایش با استفاده از مدل کیفی فارگاس در زیرحوضه چهل‌گزی استان کردستان

سید پدرام نی‌نیوا، مائده پریچهره

۸۹-۹۹

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 در حداقل ۷۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه به ابتدای 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.

۵-۴. 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

۱-۵. 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.

۲-۵. 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.

۳-۵. 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.

۴-۵. 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, spring, 2023, 3(1), 1-15 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.1998777.1069 **Online ISSN: 2783-4581**

Evaluation factors threatening ecotourism and its needed infrastructures for sustainable natural resources in Kermanshah province, Iran

Mosayeb Heshmati[*1], Adel Nemati[2], Mohammad Gheitury[1], Mohammad Ahmadi[3], Ali Mohebi[4]

1. Associate Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.
2. Faculty Member, Agricultural and Natural Resources Research and Education, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.
3. Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.
4. Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

***Corresponding Author:** heshmati46@gmail.com

(Received: 28 March 2023 Revised: 06 May 2023 Accepted: 31 May 2023)

Extended Abstract

Introduction: Ecotourism is a kind of tourism in which visitors want to visit some unique and attractive natural landscapes and enjoy observing ecotourism destinations which are suitable for ecotourism due to their attractive landscapes, biodiversity, and traditional agricultural productions. The objectives of ecotourism are the protection and sustainable exploitation of natural attractions, improving the livelihood of the local stakeholders, and the satisfaction and well-being of tourists. Therefore, the degradation of these valuable and unique natural phenomena not only makes the ecosystems fragile and imposes consequences such as floods, erosion, dust and desertification, but also deprives the society of the employment opportunities brought about by ecotourism. Nevertheless, due to the lack of welfare infrastructure, improper management and negligence of related departments, cutrrent tourism leads to the destruction of natural resources. The purpose of this research was to identify areas prone to ecotourism and its feasibility based on existing capabilities and required infrastructure in Kermanshah province.

Materials and methods: This research was carried out in three stages, which includes the collection of data and information on natural phenomena capable of ecotourism, interviewing relevant experts and experienced inhabitants about the potential and capabilities of ecotourism (within a designed questionnaire) at the local scale as well as addressing the destruction factors and infrastructures required for the sustainable development of ecotourism. Validity of the content of the questionnaire was obtained based on Cronbach's alpha coefficient which obtained between 0.75 and 0.93. The questions respondents focused on centered around infrastructure and facilities for the development of ecotourism, threatening factors and proper management for its sustainability at the local scale in Kermanshah province, Iran.

Results and Discussion: The results indicated that there are 55 sites that are suitable for ecotourism industry in Kermanshah province, Iran. These ecotourism destinations include mountain highlands, forest park, forest reserve, cave, river, spring, tourist village (with traditional handicrafts, livestock and garden products, herbal plants), nomadic lifestyle, landslide (2016), Bazidraz mountain (relics of Iraq war) and urban gardens were detected in 55 places in Kermanshah province. Some cases are also suitable for forest reserves due to having rare or endangered plant species or having a special habitat for the establishment of extinct species. Furthermore, the results of the interview with experts showed that the security of the region for tourists, outstanding cultural features and local traditions of villagers and nomads along with natural tourist attractions were the most important factors attracting ecotourism in Kermanshah province. Finally, the most important factors affecting the sustainability of ecotourism include preventing the destruction of ecotourism areas with the participation of local residents, private sector investment, preserving and reviving the traditions and historical identity of rural and nomadic life, training professional skills to guides and personnel related to ecotourism and the establishment of accommodation.

Conclusion: Based on the results, the current trend of nature tourism, which is effective without payment and supervision, destroys ecotourism destinations in various ways, including soil compaction, crushing plants, cutting of bush and branches, arson fire, and plastic waste. This improper tourism not only does not generate income for the local inhabitants, but also damages their farms and living environment. Numerous road constructions and land use changes and factors like this have an increasing trend that is almost irreversible. By providing the necessary facilities for the comprehensive management of ecotourism in Kermanshah province, the sustainability of natural resources, the satisfaction of tourists, and the creation of employment for local residents will be realized.

Keywords: Infrastructures, Forest Park, Forest Reservoir, Natural Resources, Tourist Village

Citation: Heshmati, M., Nemati, A., Ghitury, M., Ahmadi, M. & Mohebi, A. (2023). Evaluation factors threatening ecotourism and its needed infrastructures for sustainable natural resources in Kermanshah province, Iran. *Integrated Watershed Management*, 3(1), 1-15 doi: 10.22034/iwm.2023.1998777.1069

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 سوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات (۱۵-۱) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.1998777.1069

ارزیابی عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم و زیرساخت‌های موردنیاز آن به‌منظور پایداری منابع طبیعی در استان کرمانشاه

مسیب حشمتی*[۱]، عادل نعمتی[۲]، محمد قیطوری[۱]، محمد احمدی[۳]، علی محبی[۴]

۱- دانشیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۲- مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۳- استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۴- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

***نویسنده مسئول:** Homarazmkhah@gmail.com

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۰۱/۰۸ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۰۲/۱۶ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۳/۱۰)

چکیده

اکوتوریسم گونه‌ای از گردشگری است که در آن گردشگران برای دیدار و مشاهده پدیده‌های طبیعی جذاب سفر می‌کنند و هدف از آن، پایداری هم‌زمان اکوسیستم‌ها و اشتغال‌زایی است. بااین‌وجود، دسترسی عمومی به طبیعت و نارسایی‌های مدیریتی موجب تخریب منابع طبیعی گردیده است که در استان کرمانشاه روندی تشدیدی و نگران‌کننده دارد. هدف از انجام این پژوهش که طی دو سال (۹۹-۱۳۹۸) در استان کرمانشاه انجام یافت، شناسایی مناطق مستعد اکوتوریسم و امکان‌سنجی آن بر اساس قابلیت‌های موجود و زیرساخت‌های موردنیاز از دیدگاه صاحب‌نظران آگاه به منطقه بود. بدین منظور، ابتدا فهرستی از مکان‌های اکوتوریسم مشخص و مورد بازدید میدانی قرار گرفت. در مرحله بعد، با تعدادی از مدیران، استادان دانشگاه و کارشناسان اجرایی آشنا با اکوتوریسم از طریق پرسش‌نامه (مقیاس لیکرت) با سه محور زیرساخت‌ها و امکانات موردنیاز، عوامل تهدیدکننده و عوامل مدیریتی رونق اکوتوریسم مصاحبه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی، اقلیمی و پوشش گیاهی، پتانسیل قابل‌توجهی را برای اکوتوریسم در استان کرمانشاه فراهم آورده است و بافت روستایی و عشایری، موقعیت جغرافیایی و آثار باستانی پشتوانه خوبی در این زمینه است. بر این مبنا، ۱۱ پدیده اصلی با قابلیت اکوتوریسم با ۵۵ سایت در سطح استان شناسایی شد که شامل ارتفاعات کوهستانی، پارک جنگلی، ذخیره‌گاه جنگلی، غار، رودخانه، سراب، دهکده گردشگری، باغ‌های شهری، مرتع و زندگی عشایری، آثار زمین‌لرزه سال ۱۳۹۶ و آثار جنگ عراق و ایران (بازی‌دراز) بود. عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم در این مناطق به ترتیب اهمیت شامل کمبود اعتبار برای تجهیز نیروهای نظارتی، عدم برنامه‌ریزی برای فراهم نمودن امکانات زیربنایی توسعه اکوتوریسم، چرای مفرط دام، تغییر کاربری اراضی ملی (کوهستان‌ها و عرصه‌های جنگلی، مرتعی، حاشیه رودخانه و چمنزار به اراضی کشاورزی)، عدم پایش میدانی مؤثر، موانع فرهنگی و رهاسازی زباله و پسماندهای پلاستیکی در محیط‌زیست می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پارک جنگلی، پایداری منابع طبیعی، ذخیره‌گاه جنگلی، دهکده گردشگری، زیرساخت‌ها

استناد: حشمتی، م.، نعمتی، ع.، قیطوری، م.، احمدی، م؛ و محبی، ع. (۱۴۰۲). ارزیابی عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم و زیرساخت‌های مورد نیاز آن به منظور پایداری منابع طبیعی در استان کرمانشاه. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۳(۱)، ۱۵-۱.

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

اکوتوریسم گونه‌ای از گردشگری است که در آن گردشگران به‌منظور مطالعه، تحسین، ستایش و شادی حاصل از پدیده‌های جذاب طبیعی و ویژگی‌های فرهنگی جوامع محلی سفر می‌کنند (Ecoclub, 2006). این قبیل پدیده‌ها شامل گیاهان، جانوران، عارضه‌های طبیعی از قبیل کوه، آبشار، غار، مسیرهایی از رودخانه، تالاب، ساحل دریا، برخی باغ‌ها، فرهنگ‌های محلی و مواردی از این قبیل هستند. اهداف اکوتوریسم، حفاظت و بهره‌برداری پایدار از جاذبه‌های طبیعی، بهبود معیشت جامعه محلی و رضایت و رفاه گردشگران است (jovanovic, 2016) و به همین دلیل اکوتوریسم یک صنعت[1] است (انجمن جهانی اکوتوریسم[2]، ۲۰۱۸). منابع طبیعی به اشکال مختلف آن، میراث عمومی[3] هر کشور است که حفاظت و بهره‌برداری پایدار از آن‌ها لازمه تداوم خدمات زیست‌محیطی، تولید ثروت ملی، تکیه‌گاه اساسی برای مقابله با تغییرات اقلیمی و پایداری کشاورزی هستند (Costanza *et al.*, 2014؛ فائو، ۲۰۱۵). اکوتوریسم درصورتی‌که تحت مدیریت جامع و کارآمد باشد، راهی برای حفاظت از منابع طبیعی و جبران خسارات ناشی از تخریب و عجین نمودن آن در فرهنگ بومی است (Walsh & George, 2019)؛ بنابراین، تخریب هریک از عارضه‌های ارزشمند و بی‌نظیر طبیعی نه‌تنها اکوسیستم‌ها را شکننده کرده و پیامدهایی چون سیل، فرسایش، گردوغبار و بیابان‌زایی را تحمیل می‌نماید، بلکه جامعه را نیز از فرصت اشتغال ناشی از اکوتوریسم محروم می‌نماید (Heshmati & Gheitouri, 2018).

رونق صنعت اکوتوریسم نیز مانند هر فعالیت دیگری دارای الزامات و تمهیداتی است که قطعاً بدون آن‌ها نه‌تنها موفقیت‌آمیز نخواهد بود، بلکه تخریب منابع طبیعی را نیز تشدید خواهد نمود. اولین گام در این زمینه، شناسایی مناطق مستعد اکوتوریسم برای برنامه‌ریزی و امکان‌سنجی جذب گردشگران با معیارهایی چون ارزش‌های اکوتوریسمی، شرایط طبیعی، زیرساخت‌ها و امکانات است که باید مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار گیرند (Hashemi & Habibi, 2016). یکی از مهم‌ترین غفلت‌ها در این زمینه، عدم توجه کافی به مشارکت جامعه محلی و ذی‌نفعان با محوریت اثرات محیطی- اکولوژیک و اقتصادی است (Shafee-sabet & Haratifard, 2019). لازمه این کار، سهیم نمودن ذی‌نفعان در منافع حاصل از اکوتوریسم از طریق توانمندسازی و آموزش کافی آن‌ها برای بهبود معیشت خود از گردشگری و مسئولیت‌پذیری در حفاظت از عرصه‌های مورد بازدید است (Mtapuri & Giampiccoli, 2016).

شاید هیچ عاملی به اندازه تغییر کاربری اراضی و تغییر سیمای ظاهری مناظر طبیعی به قابلیت‌های اکوتوریسم آسیب نمی‌رساند. عوامل تغییر کاربری این عرصه‌های ارزشمند را می‌توان به نظام مالکیت زمین، قوانین و مدیریت کنونی منابع طبیعی، سیاست‌های دولت، روند خریدوفروش اراضی کشاورزی، گسترش بی‌رویه شهرها و لابی‌گری در مقیاس محلی نسبت داد (Vasile & Iordachescu, 2022).

ارزش خدمات اقتصادی پایداری منابع طبیعی در مقیاس جهانی در ابعاد مختلف ازجمله تعادل اقلیمی، کاهش آشفتگی‌های محیطی[4] (فرسایش، سیل و خشک‌سالی و...)، پایداری منابع آب، تشکیل خاک، کاهش منابع آلایندگی، پایداری کشاورزی و گردشگری حدود ۱۲۵ تریلیون دلار در سال (بر مبنای سال ۲۰۱۴) است، اما به دلیل تغییر کاربری اراضی سالانه تا حدود ۲۰ تریلیون دلار از این منافع کاسته شده و فدای منافع کوتاه‌مدت افراد و گروه‌ها و گسترش شهرها می‌شود (Costanza *et al.*, ؛Figgis *et al.*, 2015

1. Ecotourism industry
2. International Ecotourism Society (IES)
3. Heritage
4. Disturbance regulation

2017). اکوتوریسم پایدار باید با مدیریت جامع، مؤثر و مدونی اجرا گردد تا بتواند حرکتی امیدبخش برای توسعه و پایداری فضای جغرافیایی عرصه‌های طبیعی به همراه داشته باشد (Brandt & Buckley, 2018). شرط این کار، ارجحیت منافع و خدمات عمومی و پایداری محیط‌زیست بر منافع فردی و گروهی است که برای دست‌یابی به آن کارشناسان و مدیران برخوردار از تجربه و سواد تخصصی، نقش پررنگی دارند (Wondirad *et al.*, 2020). از طرفی، نیز بایستی تلاش لازم را برای حفظ فرهنگ بومی و مصون ماندن از برخی ناهنجاری‌های اجتماعی چون تکدی‌گری و آسیب به فرهنگ بومی را نمود (Makindi, 2016).

بااین‌وجود، عدم برنامه‌ریزی و نبود یک استراتژی جامع در این زمینه، موجب شده که نه‌تنها اکوتوریسم، رفاه کامل برای عموم بازدیدکنندگان از طبیعت فراهم نمی‌آورد؛ بلکه منجر به تشدید تخریب عرصه‌های طبیعی شده و عملاً نیز عایدی به ساکنین محلی نمی‌رساند. نتایج تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که مهم‌ترین ابعاد و استراتژی‌های توسعه اکوتوریسم در ایران به ترتیب عبارت‌اند از ابعاد مدیریتی، توسعه زیرساخت‌ها، بازاریابی، آموزش و توسعه منابع انسانی. همچنین انجام فعالیت‌های بازاریابی، تنوع‌بخشی به محصول اکوتوریسم، بهبود وضعیت راه‌های دسترسی به روستاهای هدف گردشگری و افزایش تاب‌آوری مقصدها در مقابل بلایای طبیعی (Mobasheri *et al.*, 2022).

در ایران، هزاران فرصت در این زمینه وجود دارد که در مناطق زاگرس ازجمله استان کرمانشاه به دلیل مجموعه شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و پوشش گیاهی کم‌نظیر است. در استان کرمانشاه، شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی، اقلیمی، تنوع زیستی (اعم از گیاهی و جانوری)، قدمت فعالیت‌های کشاورزی، صنایع‌دستی، بافت روستاها و زندگی عشایری و آثار باستانی مجموعه بی‌نظیری برای اکوتوریسم فراهم آورده است (Heshmati *et al.*, 2015; Karami *et al.*, 2022).

بااین‌وجود، به دلیل عدم وجود زیرساخت‌های رفاهی، مدیریت نامناسب و غفلت اداره‌های مرتبط، گردشگری فعلی نقش روزافزونی در تخریب منابع طبیعی این استان دارد. هدف از انجام این پژوهش، شناسایی مناطق مستعد اکوتوریسم و امکان‌سنجی آن بر اساس قابلیت‌های موجود و زیرساخت‌های موردنیاز در این زمینه بود که در سال ۹۹-۱۳۹۸ انجام گرفت.

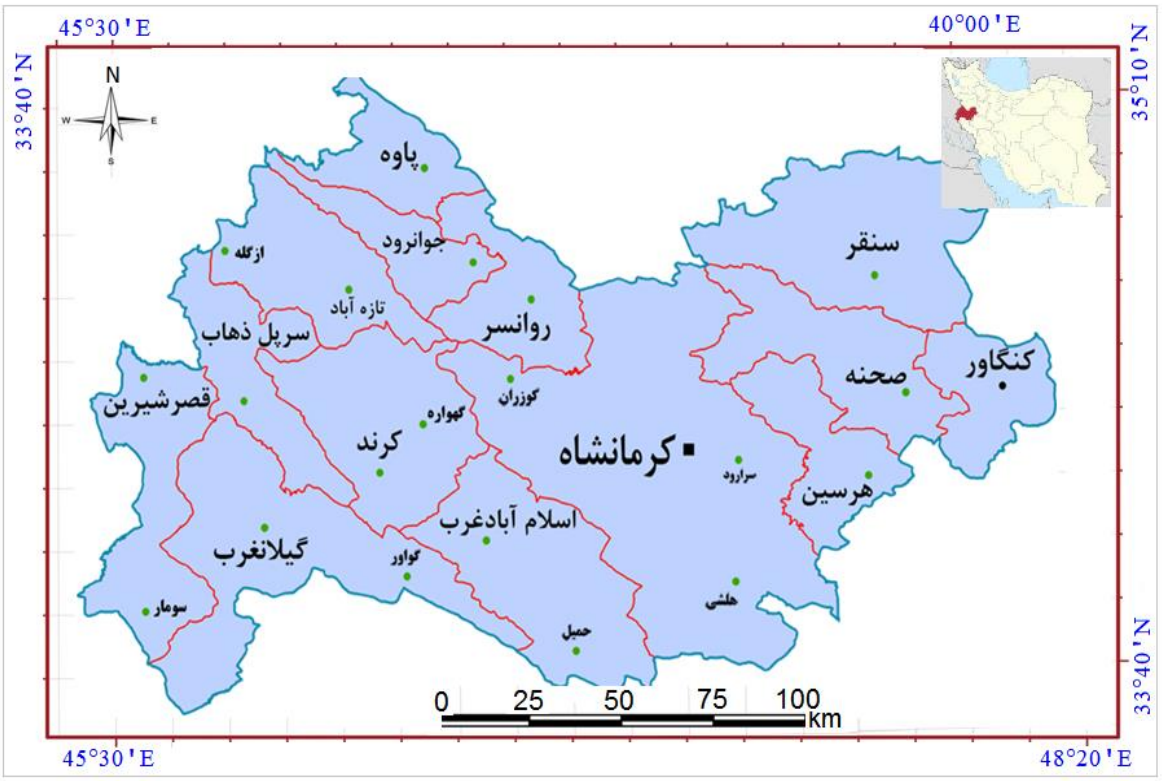
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شامل جاذبه‌های طبیعی اکوتوریسم در استان کرمانشاه بود. این استان در غرب کشور با مساحت حدود ۲/۵ میلیون هکتار است که بین طول جغرافیایی ´۰۶ °۴۸ - ´۲۴ °۴۵ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۷ °۳۵ - ´۴۱ °۳۳ شمالی قرار دارد. جمعیت این استان حدود ۱/۸ میلیون نفر و مرکز آن شهر کرمانشاه است. شهرهای مهم آن عبارت‌اند از اسلام‌آباد غرب، پاوه، ثلاث باباجانی، جوانرود، دالاهو، روانسر، سرپل ذهاب، سنقر، صحنه، قصر شیرین، کرمانشاه، کنگاور، گیلان غرب و هرسین. این استان از شمال به استان کردستان؛ از جنوب به استان‌های ایلام و لرستان؛ از شرق به استان همدان و از غرب به کشور عراق محدود است (شکل ۱).

قابلیت اکوتوریسم در این استان برگرفته از شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی، خاک‌شناسی، اقلیمی، پوشش گیاهی و موقعیت جغرافیایی آن است. شرایط و ویژگی‌های زمین‌ساخت ایران و به‌طور ویژه زاگرس، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در این زمینه محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که حوضه‌های رسوبی و زمین‌ساخت موجب تشکیل تناوبی از کوهستان و دشت با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی با سیمایی زیبا و درخور توجه شده است. وجود آبشارها و رودخانه‌های متعدد این گیرایی را دوچندان نموده است. جنگل‌ها و مراتع

نیز زمینه مهم دیگر اکوتوریسم است که همچون قبایی گران‌قیمت، زینت‌بخش پیکر کوه‌ها و تپه‌ماهورهای این منطقه است. گرچه نارسایی‌های مدیریتی، بی‌مبالاتی و آزمندی مفرط موجب تغییر کاربری این قبای ارزشمند شده، اما همچنان در نوع خود بی‌نظیر و زیباست.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان کرمانشاه در کشور

Figure 1- The geographical location of study area (Kermanshah)

روش تحقیق

مراحل انجام این تحقیق به شرح زیر بود:

۱- گردآوری آمار و اطلاعات اولیه مرتبط با پدیده‌های طبیعی با قابلیت اکوتوریسم. به این منظور سعی شد تا حد امکان، نام و محل جغرافیایی تمامی عارضه‌های طبیعی واجد قابلیت اکوتوریسم (ولو در مقیاس محدود محلی) را شامل گردد. این اطلاعات با مشخصات زیر گردآوری شد:

۱-۱- تهیه فهرست اولیه مکان‌های مستعد جاذبه اکوتوریسم و پراکنش جغرافیایی آن‌ها در استان کرمانشاه: این فهرست شامل آبشار، سراب، بازه‌ای از رودخانه، کوه، قله، غار، جنگل، مرتع، مخروط‌افکنه، روستاهای واجد قابلیت گردشگری (به دلیل بافت مسکونی ویژه یا شیوه‌های خاص زراعت، دامپروری، باغبانی، صنایع‌دستی، محصولات فرعی و مواردی از این قبیل) بود که با توجه به اطلاعات، تجربیات و شناخت مجری و همکاران و اشراف آن‌ها به امور منابع طبیعی، آبخیزداری، مسائل اقتصادی-اجتماعی، کشاورزی و قابلیت‌های اولیه توریست، به‌ویژه در سال‌های اخیر تهیه شد.

۱-۲- تکمیل فهرست مناطق مستعد گردشگری: در این مرحله با اداره‌های ذی‌ربط ازجمله فرهنگ و ارشاد اسلامی، جهاد کشاورزی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری، گردشگری، استانداری، دانشگاه رازی (گروه جغرافیا) و افراد صاحب‌نظر، مشورت شد.

۲- مصاحبه با صاحب‌نظران (مدیران محلی، کارشناسان اجرایی و افراد خبره روستایی) در قالب پرسش‌نامه (هر نفر یک پرسشنامه).

پرسش‌نامه محقق ساخته بر مبنای ادبیات موضوع و نظرسنجی از کارشناسان خبره در زمینه طراحی پرسشنامه بوده است. روایی و محتوایی پرسش‌نامه را گروهی از استادان و متخصصان تأیید کردند.

برای دستیابی به پایایی ابزار پژوهش، آزمون مقدماتی انجام گرفت و ضریب آلفای کرونباخ برای بخش‌های مختلف پرسش‌نامه بین ۰/۷۵ تا ۰/۹۳ به دست آمد. به‌منظور تحلیل داده‌ها پس از تکمیل پرسش‌نامه، عملیات کدگذاری داده‌ها، استخراج داده‌ها و انتقال آن‌ها به نرم‌افزار SPSS انجام شد. درنهایت از آمار توصیفی و استنباطی به‌منظور پیش‌بینی مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر متغیرهای اکوتوریسم در سه محور استفاده شد. این محورها شامل زیرساخت‌ها و امکانات موردنیاز توسعه اکوتوریسم، عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم و عوامل مدیریتی برای پایداری آن در استان کرمانشاه به ترتیب با ۱۲، ۱۰ و ۱۷ گویه بود. برای هر گویه از پرسش‌نامه، پنج طیف (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم) در مقیاس لیکرت استفاده گردید. مصاحبه‌شوندگان حدود ۷۰ نفر از مدیران اداره‌های استانی، صاحب‌نظران، کارشناسان اجرایی و افراد خبره روستایی را در بر داشت.

محور سؤالات موارد زیر بود:

- زیرساخت‌ها و امکانات موردنظر برای منطقه موردنظر (۱۲ سؤال)؛
- عوامل مدیریتی مربوط به منطقه موردنظر (۱۰ سؤال)؛
- عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم در منطقه مورد نظر (۱۷ سؤال).

۳- جمع‌بندی داده‌ها بر اساس فراوانی پاسخ سؤالات پیرامون برجستگی ویژه پدیده‌های با قابلیت اکوتوریسم، عوامل تخریب مناطق مستعد اکوتوریسم، زیرساخت‌های موردنیاز پایداری مناطق اکوتوریسم و رونق آن.

نتایج

مهم‌ترین جاذبه‌های اکوتوریسم استان کرمانشاه

پدیده‌های اصلی با قابلیت اکوتوریسم در استان کرمانشاه شامل ارتفاعات کوهستانی، پارک جنگلی، ذخیره‌گاه جنگلی، غار، رودخانه، سراب، دهکده گردشگری (واجد صنایع‌دستی، سکوبندی، محصولات کشاورزی، گیاهان دارویی)، مرتع و زندگی عشایری، آثار زمین‌لرزه پاییز ۱۳۹۶، ارتفاعات بازی‌دراز (آثار جنگ) و باغ‌های شهری هستند که حداقل ۵۵ سایت آن‌ها واجد اکوتوریسم است (جدول ۱ و شکل‌های ۲ و ۳).

غالب کوه‌های استان به دلیل پدیده انحلال، ارتفاع زیاد از سطح دریا و بارندگی کافی واجد رخساره‌های متنوع طبیعی هستند. پوشش گیاهی نیز با ترکیبی از انواع درختچه‌ها (بادام، ارژن، زالزالک و...) و بوته‌ها (انواع گون، گل ماهور و...) با زیراشکوبی از گیاهان یک‌ساله (انواعی از شبدر، یونجه و گندمیان و...) همچون خلعتی زیبا، گران‌بها و مخملین هیبت و گیرایی بی‌نظیری به آن‌ها بخشیده است.

شاید این دلیلی بوده که شاهان هخامنشی و ساسانی افتخارات و پیام‌های خود در این کوهستان‌ها حک کرده‌اند. ارتفاعات بیستون، پراو، دالاهو، شاهو، دالاخانی مناطق شاخص در این زمینه هستند که مستعد کوه‌نوردی تخصصی وعمومی، جنگل‌نوردی، اسکی و مطالعات علمی (گیاه‌شناسی و جغرافیا) در مقیاس محلی، استانی، ملی و جهانی هستند. همچنین بخش‌هایی از عرصه‌های جنگلی ازجمله چالابه، پاتاق، قوری قلعه و قلاجه، مستعد ایجاد پارک جنگلی هستند که امکانات طبیعی برای فراهم نمودن زیرساخت‌های رفاهی و توسعه گردشگری فراهم است. برخی موارد نیز مناسب ذخیره‌گاه‌های جنگلی به دلیل داشتن گونه‌های گیاهی نادر یا در خطر انقراض[1] یا داشتن رویشگاه خاص برای استقرار گونه‌های منقرض‌شده[2]، هستند که

1. Endangered species

2. Extinct species

شامل مناطق بیستون، کلکش، دارابادام، بزمیرآباد، کله‌زرد، باینگان، بوژان، قلاجه و پاتاق است. غار قوری قلعه و جنگل‌های اطراف آن نیز قابلیت اکوتوریسم در مقیاس جهانی دارد.

بازه‌هایی از رودخانه‌های استان با سیمای ظاهری و پوشش گیاهی در این زمینه مهم هستند که مهم‌ترین آن‌ها شامل دینور، گاماسیاب، گاورود، سیروان، دیره، لیله و زیمکان است. سراب‌ها نیز به دلیل شرایط خاص کوهستانی، بارش کافی و جنس آهکی، رخساره‌هایی بس زیبا و بی‌نظیر دارند. مرتع و زندگی عشایری به همراه سبک زندگی، محصولات دامی و لبنی و صنایع‌دستی آن‌ها در کنار دهکده‌های گردشگری باسابقه طولانی کشاورزی و بافت روستایی در این زمینه مهم هستند (جدول ۱).

شرایط فعلی به دلیل جاده‌سازی، وفور خودرو سواری و عدم نظارت، در معرض آسیب‌های جدی ناشی از تغییر کاربری اراضی، بوته‌کنی، چرای مفرط دام، شخم، آتش‌سوزی، تملک توسط متنفذین و آلودگی قرارگرفته و نه‌تنها گونه‌های گیاهی ارزشمند آن‌ها به همراه آب، خاک و شکل طبیعی آن‌ها در معرض انهدام است، بلکه جامعه محلی نیز از پتانسیل درآمدزایی و اشتغال آن نیز بهره کافی نمی‌برد (شکل‌های ۲ و ۳).

جدول ۱- مهم‌ترین مناطق مستعد گسترش اکوتوریسم در استان کرمانشاه

Table 1- The main ecotourism destination with potential for development in Kermanshah province, Iran

ردیف	پدیده اصلی اکوتوریسم	تعداد مناطق شاخص	قابلیت‌های کلیدی اکوتوریسم
1	ارتفاعات کوهستانی	5	کوه‌نوردی تخصصی- کوه‌پیمایی (عمومی)- جنگل نوردی- اسکی- مطالعات علمی (گیاه‌شناسی، جغرافیا)
2	پارک جنگلی	4	اسکان روزانه، کوه‌پیمایی، جنگل نوردی، صخره‌نوردی
3	ذخیره‌گاه جنگلی	8	پارک جنگلی، گردشگری علمی، ایستگاه تحقیقاتی (ذخیره‌گاه توارثی گیاهان و جانوران و حفاظت)
4	غار	1	بازدید عمومی- پارک جنگلی (عرصه جنگلی اطراف آن)
5	رودخانه	6	پارک طبیعی (درخت‌کاری، شهربازی، مسیر کوه‌پیمایی، ماهیگیری با قلاب، کمپ‌های تفرجگاهی و...)
6	سراب و چشمه	6	کمپ‌های گردشگری، بازدید عمومی از مجموعه باغ‌ها، چشم‌اندازهای زیبای طبیعی به همراه آثار باستانی (ریجاب)
7	دهکده گردشگری	10	صنایع‌دستی گیوه، گلیم، فراورده‌های غذایی (مویز، شیره انگور، ترخینه و...)، گیاهان دارویی (گره‌بان)، موسیقی و...
8	باغ‌های شهری	5	تبدیل به باغ ملی و پارک جنگلی شهری
9	مرتع و زندگی عشایری	8	بازدید از زندگی و دام عشایر، محصولات ارگانیک، سیاه‌چادر و مواردی از این قبیل
10	آثار طبیعی زمین‌لرزه	1	مناسب بازدیدهای عمومی و اردوهای علمی
11	ارتفاعات بازی‌دراز	1	مراسم پاسداشت رشادت سال‌های دفاع از کشور در برابر تجاوز عراق

شکل ۲- چشم‌انداز پوشش جنگلی و مرتعی ارتفاعات دالاهو با قابلیت اکوتوریسم

Figure 2- Attractive landscape of forest and rangeland (Dalahoo) for ecotourism destination

شکل ۳- کوچ عشایر (A)، دام عشایر (B)، فرآوری محصولات دامی (C)، روغن کرمانشاهی اصل (E)، کشک تازه (G) و شادمانی زنان عشایر (H)

Figure 3- Nomadic movement (A), and their livestock grazing (B), dairy products (C, E and G) and nomadic women's happiness during daily work (H)

نتایج بررسی مصاحبه با صاحب‌نظران

نتایج مصاحبه پرسش‌نامه‌ای با صاحب‌نظران استان کرمانشاه شامل پژوهشگران، استادان دانشگاه، کارشناسان و مدیران مرتبط با موضوع اکوتوریسم ازجمله منابع طبیعی، محیط‌زیست، ترویج کشاورزی و جامعه‌شناسی روستایی به شرح زیر می‌باشد:

رتبه‌بندی زیرساخت‌ها و امکانات موردنظر برای توسعه اکوتوریسم استان کرمانشاه

نتایج تجزیه آماری گویه‌های مربوط به زیرساخت‌ها و امکانات موردنیاز برای توسعه اکوتوریسم در استان کرمانشاه در جدول ۲ درج شده است. بر این اساس، ۱۲ گویه مورد سؤال پاسخ‌دهندگان قرار گرفت. تبلیغ و تشویق دولت (رتبه ۱)، حفظ آثار ناشی از رخدادهای طبیعی (رتبه ۲)، دسترسی به امکانات محلی موردنیاز نظیر سرویس بهداشتی، پارکینگ، سطل زباله، درمانگاه، اینترنت، راهنما و تسهیلاتی از این قبیل (رتبه ۳)، حفظ ویژگی‌های برجسته فرهنگی منطقه (رتبه ۴) و فراهم نمودن امکانات اطراق و اسکان موقت از قبیل محل مناسب برای برپایی چادر، سایبان (رتبه ۵) مهم‌ترین آن‌ها بود.

رتبه‌بندی عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم استان کرمانشاه

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ۱۷ عامل تهدیدکننده اکوتوریسم در استان کرمانشاه مورد پرسش پاسخ‌دهندگان قرار گرفت که بر اساس نتایج حاصله، هفت عامل مهم (با بیشترین رتبه) به ترتیب شامل کمبود اعتبار برای تجهیز نیروهای نظارتی ازجمله خودرو، تجهیزات مهار آتش‌سوزی و پایش میدانی (رتبه اول)، عدم برنامه‌ریزی برای فراهم نمودن امکانات زیربنایی توسعه اکوتوریسم (رتبه دوم)، چرای مفرط دام (رتبه سوم)، تغییر کاربری اراضی ملی شامل کوهستان‌ها، عرصه‌های جنگلی، مرتعی، حاشیه رودخانه و چمنزارها، (رتبه چهارم)، عدم پایش میدانی مؤثر (رتبه پنجم)، موانع فرهنگی (رتبه ششم) و رهاسازی زباله و پسماندهای پلاستیکی در محیط‌زیست (رتبه هفتم) مهم‌ترین آن‌هاست. گرچه در این بررسی، دو عامل لابی‌گری و بوته‌کنی رتبه پایینی در پاسخ مصاحبه‌شوندگان داشتند؛ اما بر اساس بررسی‌های میدانی، این دو عامل نقش مهمی دارند و عامل تغییر کاربری اراضی به‌نوبه خود بازتابی از همین عامل است. به‌عبارت‌دیگر لابی‌گری نقش کلیدی در تغییر کاربری اراضی دارد.

جدول ۲- رتبه‌بندی زیرساخت‌ها و امکانات موردنظر برای توسعه اکوتوریسم استان کرمانشاه

Table 2- Ranking of the infrastructures and facilities needed for ecotourism development in Kermanshah province

گویه	متوسط	ضریب تغییرات	انحراف معیار	رتبه
دسترسی راحت به راه، هتل، مراکز خرید و فرودگاه	2.64	1.222	0.46	6
امنیت منطقه برای گردشگران	2.36	1.222	0.52	9
دسترسی به امکانات محلی موردنیاز (درمانگاه/ بانک/ و...)	2.69	1.091	0.41	3
امکانات اطراق و اسکان موقت (محل مناسب/ چادر/ سایبان)	2.94	1.308	0.44	5
امکانات جانبی (سرویس بهداشتی، پارکینگ، سطل زباله و...)	3.25	1.339	0.41	3
جاذبه گردشگری منطقه موردنظر (گیاهان دارویی/ صنایع‌دستی و...)	2.72	1.279	0.47	7
ویژگی برجسته فرهنگی محلی (موسیقی، لباس و ...)	2.08	1.052	0.51	8
نقش خواستگاه چهره‌های ماندگار محلی و خواستگاه تاریخی در گردشگری	2.61	1.128	0.43	4
آثار رخدادهای مهم طبیعی (زمین‌لرزه، سیل و...)	2.89	1.008	0.35	2
آثار جنگ تحمیلی هشت‌ساله	2.47	1.055	0.43	4
برگزاری مراسمات بومی و محلی (جشن/ عزا و...)	2.53	1.183	0.47	7
تبلیغ و تشویق دولت	3.36	0.961	0.29	1

جدول ۳- رتبه‌بندی عوامل تهدیدکننده اکوتوریسم استان کرمانشاه

Table 3- Ranking of the factors threatening ecotourism in Kermanshah province

گویه	متوسط	ضریب تغییرات	انحراف معیار	رتبه
تغییر کاربری اراضی ملی (عرصه‌های جنگلی، مرتعی، حاشیه رودخانه و چمنزار به اراضی کشاورزی)	1.94	0.955	0.49	8
تغییر سیمای ظاهری منطقه با کاربرد ماشین‌آلات سنگین (معادن، راه، شبکه گاز و...)	2.17	0.910	0.42	3
بوته‌کنی توسط گردشگران	2.69	1.167	0.43	4
رهاسازی زباله و پسماندهای پلاستیکی در محیط‌زیست	1.78	0.797	0.45	6
آتش‌سوزی	2.08	0.906	0.44	5
چرای مفرط دام	2.14	1.150	0.54	10
حوادث طبیعی (سیل- فرسایش- زلزله و...)	2.33	0.967	0.42	3
عدم پایش و حفاظت مؤثر	2.00	0.926	0.46	7
عدم فراهم بودن تمهیداتی از قبیل تابلو راهنما/ نقشه و غیره به دو زبان فارسی و انگلیسی برای گردشگران	1.89	0.820	0.43	4
عدم بهره‌گیری از راهنمایان بومی جهت ارائه اطلاعات تاریخی، جغرافیایی و طبیعت منطقه گردشگری	2.08	0.906	0.44	5
کمبود اعتبار برای تجهیز نیروهای نظارتی (خودرو، تجهیزات مهار آتش‌سوزی و...)	1.97	1.134	0.58	12
دسترسی به آب شرب سالم به میزان کافی در کلیه نقاط منطقه نمونه گردشگری	2.42	0.996	0.41	2
عدم پشتوانه قانونی و حقوقی	2.31	0.889	0.38	1
عدم برنامه‌ریزی برای فراهم نمودن امکانات زیربنایی توسعه اکوتوریسم	1.86	1.046	0.56	11
لابی‌گری محلی (اشخاص حقیقی و حقوقی)	2.33	.956	0.41	2
موانع فرهنگی	2.58	1.296	0.50	9
عدم شناخت مسئولین از اهمیت موضوع و نقش آن در اشتغال و پایداری محیط‌زیست	1.67	.7170	0.43	4

جدول ۴- رتبه‌بندی عوامل مدیریتی مناسب برای پایداری اکوتوریسم استان کرمانشاه

Table 4- Ranking of the proper management factors affecting ecotourism in Kermanshah province

گویه	متوسط	ضریب تغییرات	انحراف معیار	رتبه
ایجاد تأسیسات اقامتی، پذیرایی و سایر خدمات (اینترنت و...) متناسب با استانداردهای جهانی گردشگری	2.11	1.214	0.58	7
ایجاد توقفگاه‌های مناسب نظیر نیمکت، سایه‌بان، آلاچیق و غیره	2.00	1.069	0.53	5
استفاده از تجارب موفق اکوتوریسم در سایر کشورها	1.67	0.717	0.43	1
ثبت موقعیت منطقه و تهیه نقشه مناطق اکوتوریسم و نصب تابلو اطلاعات سایت گردشگری	1.92	.996	0.52	4
آموزش مهارت حرفه‌ای راهنمایان و کارکنان مرتبط با اکوتوریسم	1.92	1.156	0.60	8
سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در توسعهٔ گردشگری در منطقه	2.00	1.219	0.61	9
لزوم حفاظت از گونه‌های گیاهی ارزشمند و پایش مؤثر مناطق اکوتوریسم با اختیارات و پشتوانه قانونی به‌منظور برخورد با متخلفین (اختیار تام برای توقیف خودرو، اعمال جریمه و در صورت لزوم بازداشت)	2.19	1.215	0.55	6
محصور نمودن سایت‌های گردشگری قابل‌توجه (با ارزش مقیاس ملی و جهانی) به‌منظور حفاظت مؤثر و برقراری تعرفه ورودی به آن‌ها بعد از مطالعات دقیق آبخیزداری و اقتصادی- اجتماعی	2.39	1.128	0.47	2
داشتن امکانات و تجهیزات مناسب گشت‌زنی و حفاظت میدانی	2.22	1.124	0.51	3
احیای سنت‌های فراموش‌شده روستایی و عشایری و حفظ هویت تاریخی آن‌ها از طریق عرضه صنایع‌دستی و فرهنگ بومی به گردشگران	1.89	1.141	0.60	8
حفاظت و جلوگیری از تخریب مناطق اکوتوریسم با استفاده از مشارکت ذی‌نفعان محلی	1.75	1.079	0.62	10

رتبه‌بندی عوامل مدیریتی برای پایداری اکوتوریسم استان کرمانشاه

یازده عامل مدیریتی مؤثر برای پایداری اکوتوریسم استان کرمانشاه مورد پرسش قرار گرفت که از میان آن‌ها، چهار عامل با بیشترین رتبه به ترتیب شامل حفاظت و جلوگیری از تخریب مناطق اکوتوریسم با استفاده از مشارکت ذی‌نفعان محلی، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در توسعهٔ گردشگری در منطقه، احیای سنت‌های فراموش‌شده روستایی و عشایری و حفظ هویت تاریخی آن‌ها از طریق عرضه صنایع‌دستی و فرهنگ بومی به گردشگران، آموزش مهارت حرفه‌ای راهنمایان و کارکنان مرتبط با اکوتوریسم، ایجاد تأسیسات اقامتی، پذیرایی و سایر خدمات (اینترنت و...) متناسب با استانداردهای جهانی گردشگری مهم‌ترین مواردی بود که برای پایداری اکوتوریسم در استان کرمانشاه مؤثر خواهد بود (جدول ۴).

بحث

با توجه به نتایج این بررسی، یازده نوع جاذبه گردشگری با محوریت اکوتوریسم در استان کرمانشاه وجود دارد که به دلیل شرایط مساعد زمین‌شناسی، توپوگرافی، اقلیمی و پوشش گیاهی، زمینه مناسبی برای پایداری اکوتوریسم و منابع طبیعی هستند. میزان دسترسی مردم این عرصه‌ها با روندی روزافزون مواجه است. دلیل این امر، تغییر الگوی زندگی، سهولت دسترسی به طبیعت بر اثر جاده‌سازی و برخورداری از خودروی شخصی، نبود امکانات تفریحی درون‌شهری مناسب است. بر اساس نتایج غالب تحقیقات، نبود امکانات تفریحی و سرگرم‌کننده درون‌شهری ازجمله پارک، سینما، تئاتر، جشنواره‌ها و جشنواره‌ها موجب می‌گردد تا فشار شهروندان بر محیط طبیعی اطراف افزایش یابد. در مقابل، ایجاد فضای سبز و پارک با طراحی مناسب و برخوردار از امکانات تفریحی و رفاهی کافی در داخل شهرها نقش مهمی در این زمینه دارد (Seifu & Stellmacher, 2021). برخلاف این موضوع، غالب پارک‌های شهری استان کرمانشاه و ازجمله شهر کرمانشاه فاقد چنین امکاناتی برای عموم مردم است و یا اینکه تسهیلات کافی برای اسکان موقت، پارک خودرو، امکانات تفریحی سالم نظیر دوچرخه‌سواری، پیاده‌روی، ورزش دسته‌جمعی، برگزاری نمایشگاه و جشنواره، سرویس بهداشتی مناسب و کافی برخوردار نیست. ناکارآمدی مدیریتی به همراه تغییر کاربری و رهاسازی زباله و پسماندها در طبیعت نیز پیامدهای نگران‌کننده در این زمینه است؛ بنابراین اکوتوریسم راه‌کاری مناسب برای تعادل‌بخشی بین طبیعت و درآمد اقتصادی ساکنین محلی برای غالب مناطق زاگرس و ازجمله استان کرمانشاه برای پایداری منابع طبیعی و اشتغال‌زایی امری ضروری است. این کار با محوریت حفظ ارزش‌های اکوتوریسم، شرایط طبیعی و زیرساخت‌های موردنیاز محقق می‌گردد گیرند (Hashemi & Habibi, 2016). عواملی که موجب شده تا اکوتوریسم به‌عنوان یک ضرورت در استان کرمانشاه قلمداد گردد، فشار روزافزون تخریب منابع طبیعی اعم از کوه، جنگل، مرتع، رودخانه، چمنزار و حتی آبراهه و اراضی کشاورزی و بافت روستاهاست. دراین‌بین، تغییر کاربری اراضی، رهاسازی زباله و پسماندهای پلاستیکی در طبیعت، بوته‌کنی، آتش‌سوزی و چرای دام، مهم‌ترین این عوامل هستند که به نحوی نیز در پاسخ پرسش‌شوندگان نیز محسوس بود. تهدید اکوتوریسم بر اثر تغییر کاربری اراضی، به‌ویژه چهره طبیعی کوهستان‌ها، مخروط‌افکنه‌ها، واریزه‌ها و تبدیل عرصه‌های جنگلی و مرتعی به اراضی کشاورزی مهم‌ترین اشکال تغییر کاربری اراضی استان کرمانشاه است. متأسفانه واقعیت‌های میدانی بیانگر تشدید پدیده تغییر کاربری اراضی با شدت روزافزون است که مهم‌ترین دلیل آن عدم نظارت و پایش میدانی مؤثر است. عوامل مختلفی دراین‌بین نقش دارند. لابی‌گری، افزایش ارزش خریدوفروش زمین، ضعف قانونی و ناکارآمدی اداری،

مهم‌ترین این دلایل است (Heshmati & Gheituri, 2018). ناکارآمدی اداری در واقع مرتبط با دو نهاد مسئول در این زمینه یعنی سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری به همراه سازمان حفاظت از محیط‌زیست است، مثلاً بر اساس تحقیقات میدانی در مناطق تحت نظارت محیط‌زیست، چرای دام، قطع درخت و شکار (با توجه به پوکه فشنگ تفنگ شکاری) به‌وفور یافت می‌گردد؛ یا شخم و زغال‌گیری جنگل و تغییر کاربری اراضی کوهستانی نیز رو به گسترش است. متأسفانه ادارات صف (اجرایی در سطح دهستان و بخش) هر دو سازمان قادر به حفاظت کامل از منابع طبیعی و محیط‌زیست نیستند. یکی دیگر از این مشکلات، نارسایی‌های قانونی، تعدد قوانین، عدم شفافیت و مستثنیات (تبصره‌های) قانونی است. علاوه بر لابی‌گری و مشکلات قانونی، مشکلات اقتصادی مردم، درآمد کم، افزایش هزینه‌های کشاورزی، مشکلات مربوط به بازاریابی و فروش محصولات، نداشتن پشتوانه مالی، افزایش کاذب قیمت زمین و مسکن، از مهم‌ترین عوامل اقتصادی تغییر کاربری هستند که منجر به خسارت های جبران‌ناپذیر به عرصه‌های طبیعی ازجمله بیابان‌زایی، فرسایش، سیل، تخریب پوشش گیاهی، آلودگی منابع آب‌وخاک شده است و از طرفی باعث پدید آمدن تغییرات ساختاری در ابعاد اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی روستاها شده است که منجر به نابرابری درآمد، گسترش تبعیض، سرخوردگی، ایجاد تنش‌های خانوادگی، تعارضات فرهنگی و افزایش تمایل به مهاجرت شده است (Mousavi &Yazdanpanah, 2021; Doroudian & Doroudian, 2018).

یکی دیگر از عوامل تغییر کاربری اراضی کمیسیون ماده ۵ مربوط به گسترش فضای شهرهاست که طی چند دهه اخیر موجب تغییر کاربری هزاران هکتار از اراضی کشاورزی آبی اطراف هر یک از شهرهای بزرگ شده است و عواملی چون قوانین متعدد و مبهم و نامناسب بودن روند تصویب طرح‌ها و نقشه‌های جامع شهری در بروز این پدیده مؤثر بوده است (Amiri, 2019). در این زمینه، اتخاذ رویکردی جدید با ادغام قوانین بسیار پراکنده و گوناگون در یک قانون جامع و منسجم و اعطای اختیارات یکپارچه به یک نهاد یا سازمان مستقل برای تصمیم‌گیری و پیگیری جرائم تغییر کاربری در خارج از حوزه شهرها و روستاها ضروری است تا کاهش تغییر کاربری‌های غیرمجاز و پیگیری قضایی متناسب با مجرمان در کشور شکل بگیرد (Esmaeilnasab, 2021). امروزه زباله‌پراکنی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی و زیباشناسی مطرح است. زباله‌پراکنی مصداقی است از بی‌نظمی اجتماعی. رفتار زباله‌پراکنی با متغیرهایی چون نگرش زیست‌محیطی، ضعف هنجاری، عدم احساس مسئولیت، احساس منفی نسبت به زباله، عادت و فقدان خدمات رابطه معناداری دارد (Firuzjaeyan *et al.*, 2015). این مورد در روستاهای هدف گردشگری، حاشیه رودخانه‌ها، سراب‌ها و چشمه‌ها، چالابه و اطراف غار قوری‌قلعه بسیار شدید است (Heshmati *et al.*, 2020). اوج این کار در سیزده‌بدر رخ می‌دهد که آن را روز طبیعت نام نهاده‌اند. بر اساس نتایج این تحقیق، حداقل ۱۴ روستا با قابلیت دهکده گردشگری در استان کرمانشاه شناسایی شده است (عمدتاً در شهرستان‌های پاوه، جوانرود، صحنه، سنقر و گیلان غرب) که از میان آن‌ها، روستاهای هجیج، گلین، هریر، کندوله، چرمله‌علیا و ورمقان به همراه گره‌بان، کومایین، ازگله و بخش گهواره قابلیت اکوتوریسم دارند. معمولاً برای رونق دهکده گردشگری، عوامل مختلفی نیاز است که لازم است بر اساس پارامترهای جاذبه گردشگری، دسترسی به خدمات، سیمای سرزمین، حفاظت از منابع طبیعی و مخاطرات مورد ارزیابی قرار گیرد (Wondirad, 2020). تبلیغات مناسب، منافع اقتصادی برای ذی‌نفعان، حفظ فرهنگ‌های محلی و توانمندسازی ذی‌نفعان برای سرمایه‌گذاری از طریق آموزش، حمایت مالی و رونق کسب‌وکارهای کوچک، اهمیت زیادی در اکوتوریسم از طریق دهکده‌های گردشگری استان کرمانشاه دارد (Moradi *et al.*,

2020). به‌طورکلی طبیعت‌گردی، به‌ویژه در عرصه‌های جنگلی و رخساره‌های طبیعی جذاب و ملی که به‌عنوان میراث عمومی و اراضی ملی ثبت‌شده‌اند، با پرداخت هزینه و پایش دقیق میدانی همراه است (Ma *et al.*, 2019). با این وجود، در ایران گردشگری در عرصه‌های منابع طبیعی و ازجمله استان کرمانشاه بدون پرداخت هزینه، بدون پایش و نظارت و همراه با تخریب و آلودگی این منابع همراه است (Heshmati & Gheitury, 2022). در چنین حالتی اشکال مختلف از جمله کوبیدگی خاک، له‌کردن گیاهان، بوته‌کنی، سرشاخه‌زنی، آتش‌سوزی، رهاسازی زباله و پسماندهای پلاستیکی در طبیعت در کنار جاده‌سازی‌های متعدد، تغییر کاربری اراضی و عواملی ازاین‌دست مایه نگرانی است. با ادامه روند کنونی، در سال‌های آتی چنان آسیبی به منابع طبیعی و محیط‌زیست استان کرمانشاه به بار آید که تقریباً غیرقابل‌جبران باشد. این کار بدون توجه به اکوتوریسم به معنای واقعی آن میسر نیست. اکوتوریسم به‌عنوان یک فعالیت پایدار و ابزاری برای ایجاد حفاظت از منابع طبیعی و تنوع زیستی در کنار رونق معیشت مردم محلی است (Forje, 2021). هدف از اکوتوریسم تحقق هم‌زمان سه هدف است؛ اول حفاظت و بهره‌برداری پایدار از جاذبه‌های طبیعی، دوم بهبود معیشت جامعه محلی و سوم رضایت گردشگران که برای این کار نیاز به فراهم آوردن زیرساخت‌های لازم در هر سه بعد است (Jovanovic, 2016). در چنین حالتی جامعه محلی نیز با رضایت کامل، مشارکت فعال در پایداری اکوتوریسم خواهد داشت (Fachrudin and Dolok, 2019). برای نیل به این اهداف، فائق آمدن بر موانع در ابعاد مختلف (ازجمله لابی‌های محلی) و جمع‌آوری و بازیافت اصولی زباله، مبحث اقتصادی (وضع قوانین و مالیات، آموزش و فرهنگ‌سازی، جلب مشارکت سازمان‌های مردم‌نهاد) و حفاظت از منابع طبیعی اهمیت دارد (Axelsson and Sebille, 2017).

نتیجه‌گیری

بر پایه نتایج این پژوهش، اکوتوریسم و طبیعت‌گردی جاری که بدون نظارت و رهاشده است، موجب آسیب‌های جدی به منابع طبیعی می‌گردد که مهم‌ترین آن‌ها کوبیدگی خاک، له‌کردن گیاهان، بوته‌کنی، سرشاخه‌زنی، آتش‌سوزی، رهاسازی زباله و پسماندهای پلاستیکی در طبیعت، جاده‌سازی‌های متعدد، تغییر کاربری اراضی و عواملی ازاین‌دست است، متأسفانه دورنمای کلی وضع موجود طبیعت‌گردی در استان کرمانشاه بیانگر روندی تشدیدی است و بیم آن می‌رود که چنان آسیبی به منابع طبیعی و محیط‌زیست این استان وارد آید که تقریباً غیرقابل‌جبران باشد. در چنین حالتی علاوه بر تخریب منابع طبیعی و آلودگی محیط‌زیست، رضایت‌مندی گردشگران نیز حصول نخواهد شد. دلیل این امر عدم وجود امکانات رفاهی موردنیاز از قبیل سرویس بهداشتی، پارکینگ خودرو و تسهیلاتی از این قبیل است؛ بنابراین مدیریت جامع اکوتوریسم از یک‌سو متضمن حفاظت از عرصه‌های منابع طبیعی و ممانعت از تغییر کاربری آن‌ها می‌گردد و از سویی نیز تسهیلات و زیرساخت‌های لازم را برای گردشگران فراهم می‌نماید؛ به‌عبارت‌دیگر اکوتوریسم پایدار ضرورتی اجتناب‌ناپذیر و متضمن پایداری منابع طبیعی، رضایت‌مندی گردشگران و اشتغال‌زایی ساکنین محلی است.

سپاس‌گزاری

این پروژه تحقیقاتی خاص در قالب قرارداد پژوهشی (طرح خاص؛ با شماره مصوب ۹۰۸۲۰۸-۰۰۹-۰۹-۵۵-۲۴) با استانداری کرمانشاه و تصویب مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع و همکاری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه انجام یافت که از مساعدت آن‌ها سپاس‌گزاری به عمل می‌آید.

References

Amiri, M. (2019). Urgent Causes of Agricultural Land Degradation around the City of Hamadan. *Land Management Journal*, 1(1): 1-13.

Axelsson, C.E. & Sebille, E.V. (2017). Prevention through policy: Urban macroplastic leakages to the marine environment during extreme rainfall events. *Marine Pollution Bulletin*, 124: 211–227.

Brandt, J.S. & Buckley, R.C. (2018). A global systematic review of empirical evidence of ecotourism impacts on forests in biodiversity hotspots, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 32: 112-118.

Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, S., Farber, S. & Grasso, F.M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28 (A):1-16.

Derakhsan-Babaee, F., Ghanavati, A. & Riahee, V. (2011). The Capability of Geo-tourism in Kermanshah province, Iran. 11th Congress on Iranian Geographies, Geography association of Iran, September 14-15, 2011, Tehran, Iran.

Doroudian, H. & Doroudian, A. (2018). Social and Ecological Impacts of Agricultural Land Use Change, *Land Management Journal*, 5.2(2):81-97.

Ecoclub, (2006). Meet the Architect of Ecotourism (ARQ). Hector Ceballos Lascurain, LASCURAIN *International Ecotourism Monthly*, 7 (85): 2-9.

Esmaeilnasab, H. (2021). Legal Challenges against the (2006). Amendment of Farm and Garden Land Use Conservation Act and the Need for its Revision. *Land Management Journal*, 8.2(2): 181-195.

Habibi, M. and Hashemi, S. (2016). Ecotourism zoning of Sadegh Abad Bafgh region, Yazd province. *Journal of Tourism and Development*, 5(2): 65-85.

International Ecotourism Society, (2018). www.ecotourism.org.

Hashemi, S.S. & Habibi, M. (2016). Zonation of Ecotourism potentials Case Study: Sadeqabad, Bafgh, Yazd. *Journal of Tourism Planning and Developmen,* 5 (2): 41-50.

Heshmati, M. & Gheitury, M. (2022). Entrepreneurial potential, food security, and environmental services of agriculture and natural resources in Kermanshah province, Iran. *Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation*, 3(1): 1-9.

Heshmati, M., Gheitury M. & Garibreza, M. (2020). Quality of River Water for Irrigation and Drinking Uses and Sources of Contamination in Upper Catchment Areas. *ECOPERSIA*, 9 (2): 119-129.

Heshmati, M. & Gheitouri, M. (2018). Land-use Change; Achilles heel to Overcoming the Environmental Crisis, Process and Impacts. *Geography and Sustainability of Environment*, 8(1): 89-105.

Heshmati, M., Gheitouri, M., Parvizi, Y. & Hosini, M. (2015). Effect of Converting Forest to Rainfed Lands on Spatial Variability of Soil Chemical Properties in the Zagros Forest, Western Iran. *ECOPERSIA.* 3 (4):1161-1174.

Hosseini, M. (2014). Water balance simulation in Ghare-Sou Watershed, Kermanshah, using the SWAT model. *Watershed Engineering and Management*, 6(1): 63-73. (In Persian)

Fachrudin, H.T. & Dolok, L.M. (2016). Planning for Riverside Area as Water Tourism Destination to Improve Quality of Life Local Residents, Case Study: Batuan–Sikambing River, Medan, Indonesia. ASEAN-Turkey ASLI (Annual Serial Landmark International) Conferences on Quality of Life 2016. AMER International Conference on Quality of Life, AicQoL2016, Medan, 25-27 February 2016, Medan, Indonesia. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 234: 434 – 441.

FAO (2016). Global Symposium on Soil Organic Carbon, Food and Agriculture Organization (FAO); United Nations, Italy, Rome.

Figgis, P., Mackey, B., Fitzsimons, J., Irving, J. & Clark, P. (2015). Valuing Nature: Protected Areas and Ecosystem Services. Australian Committee for IUCN, Sydney.

Firuzjaeyan, A., Salehi, S. & Gholamrezazadeh, F. (2015). Sociological Explanation of Littering by Tourists (Case Study: Province of Mazandaran). *Journal of Tourism Planning and Development*, 4(13): 168-186.

Forje, G.W., Tchamba, M.N. & Eno-Nku, M. (2021). Determinants of ecotourism development in and around protected areas: The case of Campo Ma'an National

Park in Cameroon, *Scientific African*, 11, p.e00663.

Jovanovic, s. (2016). Infrastructure as Important Determinant of Tourism Development in the Countries of Southeast Europe. *Ecofrum*, 5 (1; 8), 288-294.

Karami, P., Shayesteh, K. & Rastegar Pouyani, N. (2022). Evaluation the Distribution of Effective Factors on Habitat Diversity in Kermanshah Protected Areas. *Geography and Environmental Sustainability*, 10(2): 105-123. (In Persian)

Ma, B., Cai, Z., Zheng, J. & Wen, Y. (2019). Conservation, ecotourism, poverty, and income inequality – A case study of nature reserves in Qinling, China, World Development, 11: 236-244.

Makindi, S.M. (2016). Local communities, biodiversity conservation and ecotourism: a case study of the Kimana Community Wildlife Sanctuary, Kenya. African *Journal of Hospitay, Tourism and Leisure*, 5 (3): 79-92.

Matapuri, O. & Giampiccoli, A. (2016). Towards a comprehensive model of community-basedtourism development. *South African Geographical Journal*, 98: 154-168.

Mobasheri, A. A., Shekari, F., Bagheri, M., Moaven, Z. & Kiani, M. (2022). 'A Model for Ecotourism Development: The Case of Iran', *Tourism Management Studies*, 17(57), pp. 147-178.

Moradi, H., Poursaeed, A., Vahedi, M. & Arayesh, M. (2020). Designing the ecotourism development model of the tourist destination villages of Kermanshah province. *Journal of Tourism and Development*, 9 (1): 25-46.

Mousavi, M. & Yazdanpanah, M. (2021). Factors Affecting Agricultural Land Use Change in of Bavi County Khuzestan Province. *Land Management Journal*, 9.1(1): 13-23.

Seifu, S. & Stellmacher, T. (2021). Accessibility of public recreational parks in Addis Ababa, Ethiopia: A GIS based analysis at sub-city level, *Urban Forestry & Urban Greening*, 57: 126916.

Shafee-sabet, N. & Haratifard, S. (2019). Empowerment of Local Stakeholders for Participation in Sustainable Tourism Development with Mediating Role of Perceived Tourism Effects', *Journal of Tourism Planning and Development*, 8(29), pp. 71-90. (In Persian)

Vasile, M. & Iordăchescu, G. (2022). Forest crisis narratives: Illegal logging, datafication and the conservation frontier in the Romanian Carpathian Mountains, *Political Geography*, 96: 102600.

Walsh, T & George, B. (2019). The ecotourism principle-practice divide: factors that limit the applicability of ecotourism principles into practice Revista *Turismo Estudos e Práticas-RTEP/UERN.*, 8 (2): 170-198.

Wondirad, A., Tolkach, D. & King, B. (2020). Stakeholder collaboration as a major factor for sustainable ecotourism development in developing countries, *Tourism Management*, 78: 130-149.

Integrated Watershed Management, spring, 2023, 3(1), 16-37 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.2001770.1075 **Online ISSN: 2783-4581**

Evaluating and detecting potential of groundwater resources using Fuzzy-AHP method and remote sensing data (Case study: Bam-Narmashir plain)

Afsaneh Haghighi[1], Mohamad Nohtani[1], Mohammad Reza Dahmardeh Ghaleno[1], Elham Rafiei Sardooi[2*]

1- Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.

2- Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

***Corresponding Author:** ellrafiei@ujiroft.ac.ir

(Received: 11 May 2023 Revised: 03 June 2023 Accepted: 12 June 2023)

Extended Abstract

Introduction: Detecting the potential of groundwater resources is one of the most important methods of water exploitation management to deal with water shortage, which is inevitable due to the growing need for water in the country. The first step in managing groundwater resources is to recognize the potential of groundwater. Fuzzy-Analytic Hierarchy Process (AHP) is also recognized as an important tool in decision-making about natural resources management, especially water resources. Bam-Narmashir plain, in Kerman province, is one of the most important plains of the country. This plain plays a very important role in the region in terms of supplying the water resources needed by agriculture, industry and drinking parts.

Materials and methods: In this study, AHP-fuzzy model and GIS were used to identify suitable areas for potential groundwater resources in Bam-Narmashir plain. Criteria such as rainfall, temperature, geographical direction, slope, land use, vegetation cover, distance from the road, distance from the river, distance from the fault, distance from the city and village, distance from wells and springs, soil texture and the permeability of the formation were selected for decision making and the weight of each of them was calculated and prioritized using AHP model. Then, the desired layers were fuzzy and indicator maps were prepared using Arc GIS software. Then, the groundwater potential map was prepared. Finally, the ROC curve was used to validate the groundwater potential map in the region.

Results and Discussion: The result of ROC curve indicated the high accuracy of Fuzzy-AHP method in preparing the groundwater potential map in the study area. The results were consistent with the results of researchers such as Rezaei Moghadam *et al.* (2017) and Faraji Sabokbar *et al.* (2011). Also, the results showed that the regions with geological sub-criteria have the highest weight of 0.614 and the climatic sub-criteria have the lowest weight of 0.117. The value of inconsistency ratio was 0.07, which is smaller than 0.1, and it indicates consistency in the opinions and judgments of research decision-makers. Finally, the results showed that about 7.77% of the total area of the plain, equivalent to 755.54 square kilometers, is suitable for the implementation of underground water resources potential detection systems. Also, 1.57, 31.71, 58.98 and 7% of plain lands have very weak, weak, medium, and high potential for finding the potential of underground water resources, respectively.

The results showed a sparse distribution of suitable areas for groundwater potential in Bam-Narmashir plain, which is compatible with the results of Sekar and Randir (2007), who stated that the groundwater recharge potential at the scale of the watershed has non-uniform spatial distribution. The results showed that in the northern and western part of the plain, where the soil is mostly low capacity for groundwater potential and infiltration, which is in line with the results of Akbarpour *et al.* (2015), who stated in west and north-west of Birjand basin, the soil has a low capacity for groundwater penetration due to the low depth of the soil and high slope.

Conclusion: In recent years, the use of geographic information system (GIS) and its combination with multi-criteria and decision-making methods to obtain more accurate results have increased and played a key role in studies of the finding potential of groundwater resources. Even though it is very difficult and complicated to accurately identify suitable places for the potential of underground water resources, this study showed that the use of GIS makes it possible to identify these suitable places with minimal facilities, which is consistent with the findings of Khairkhah *et al.* (2013). Overall, according to the results of this study, about 7% of the region has high groundwater potential. Therefore, it is necessary to adopt scenarios to reduce the over-exploitation of groundwater and to apply the measures to improve the irrigation systems, the methods to reduce evaporation and improve the cultivation system.

Keywords: Groundwater potential, Fuzzy-AHP, Remote sensing, Bam-Narmashir plain, GIS.

Citation: Haghighi, A., Nohtani, M., Dahmardeh Ghaleno, M.R. & Rafiei Sardooi, E. (2023). Evaluating and detecting potential of groundwater resources using Fuzzy-AHP method and remote sensing data (Case study: Bam-Narmashir plain). *Integrated Watershed Management*, 3 (1), 16-37. doi: 10.22034/iwm.2023.2001770.1075

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 سوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات (۳۷-۱۶) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.2001770.1075

ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش سلسله مراتبی–فازی (Fuzzy-AHP) و داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت بم–نرماشیر)

افسانه حقیقی[۱]، محمد نهتانی[۱]، محمدرضا دهمرده قلعه نو[۱]، الهام رفیعی ساردوئی[۲*]

۱- گروه آموزشی مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب‌وخاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- گروه آموزشی مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

***نویسنده مسئول:** ellrafiei@ujiroft.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۲)

چکیده

پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین روش‌های مدیریت بهره‌برداری از آب برای مقابله با کم‌آبی است. در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق مستعد پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی دشت بم-نرماشیر از مدل سلسله فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد. معیارهای موردنظر ازجمله بارندگی، دما، جهت جغرافیایی، شیب، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه، پوشش گیاهی، فاصله از چاه و چشمه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از شهر و روستا، بافت خاک و قابلیت نفوذپذیری سازند برای تصمیم‌گیری انتخاب شدند و وزن هریک از آن‌ها با بهره‌گیری از مدل AHP محاسبه و اولویت‌بندی شدند. سپس لایه‌های موردنظر فازی گردیده و نقشه‌های شاخص‌ها در محیط ArcGIS تهیه شد، پس‌ازآن نقشه‌ی نهایی پتانسیل آب زیرزمینی آماده گردید. درنهایت برای اعتبارسنجی نقشه‌ی پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی در منطقه از منحنی ROC استفاده شد که نتیجه ارزیابی با استفاده از این منحنی، حاکی از دقت زیاد این روش در تهیه نقشه پتانسیل آب زیرزمینی در محدوده‌ی مطالعاتی است. همچنین نتایج نشان داد مناطق با زیرمعیارهای زمین‌شناسی بیشترین وزن (۰/۶۱۴) و اقلیمی کمترین وزن (۰/۱۱۷) را به خود اختصاص داده‌اند. مقدار نرخ ناسازگاری در این طرح ۰/۰۵ به دست آمد که مقداری کوچک‌تر از ۰/۱ است و نشان‌دهنده رعایت سازگاری در نظرات و قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان تحقیق است. درنهایت نتایج نشان داد که حدود ۷/۷۷ درصد از مساحت کل دشت معادل ۷۵۵/۵۴ کیلومترمربع مناسب جهت اجرای سامانه‌های پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی است. همچنین ۱/۵۷، ۳۱/۷۱، ۹۸/ ۵۸ و ۷ درصد از اراضی دشت به ترتیب دارای استعداد خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط و زیاد برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی می‌باشند.

کلیدواژه: پتانسیل آب زیرزمینی، سلسله مراتبی-فازی، سنجش‌ازدور، دشت بم-نرماشیر، GIS

استناد: حقیقی، ا.، نهتانی، م.، دهمرده، م. ر؛ و رفیعی ساردوئی، ا. (۱۴۰۲). ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش سلسله مراتبی-فازی (Fuzzy-AHP) و داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت بم-نرماشیر). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۳(۱)، ۳۷-۱۶.

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

آب‌های زیرزمینی یکی از باارزش‌ترین منابع طبیعی است که حدود ۳۴ درصد از منابع آب شیرین جهان را تشکیل می‌دهد (Murmu *et al.*, 2019). همچنین استفاده از منابع آب زیرزمینی به‌عنوان جایگزینی قابل‌اعتماد، با گسترش سکونت در مناطقی که آب سطحی وجود ندارد یا مقدار آن کم است، موردتوجه قرارگرفته است، به‌طوری‌که در برخی از مناطق، آب‌های زیرزمینی به‌عنوان تنها و مهم‌ترین منبع تأمین آب به حساب می‌آید (Monavari *et al*, 2012)؛ بنابراین به دلیل در دسترس نبودن آب‌های سطحی، منابع آب زیرزمینی در تأمین آب مصرفی در بیش‌تر موارد همانند کشاورزی، شرب و صنعت نقش اساسی دارند چنان‌که طبق آخرین آمار، ۵۵٪ از نیاز آبی کشورمان از طریق آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود که در چند سال اخیر به علت وقوع خشک‌سالی، افزایش جمعیت، کمبود منابع آب سطحی و تأثیر تغییرات آب‌وهوایی در سطح جهان استفاده از آب‌های زیرزمینی در کشورمان به میزان قابل‌توجهی افزایش‌یافته است درنتیجه باید در مدیریت آب‌ها دقت بالایی صورت بگیرد (Abrishamchi *et al.*, 2020). تغذیه آب‌های زیرزمینی هنگامی اتفاق می‌افتد که جریان آب از سطح اساس آب زیرزمینی عبور می‌کند و سپس به درون منطقه اشباع تراوش می‌نماید (Mahmudian, 2013). از اساسی‌ترین فاکتورهای مؤثر بر وجود شکل‌گیری سفره‌های آبدار و حرکت آب زیرزمینی در یک ناحیه شامل توپوگرافی، سنگ‌شناسی، ساختارهای زمین‌شناسی، عمق هوازدگی، فضای شکستگی‌ها، تخلخل اولیه، تخلخل ثانویه، شیب، الگوهای زهکشی، پوشش زمین و شرایط اقلیمی است (Soori *et al.*, 2017)؛ لذا شناخت و مکان‌یابی منابع آب زیرزمینی، شناسایی مناطق با پتانسیل بالا و اصلاح روش‌های برداشتی از منابع فوق جز اولویت‌های مهم تحقیقات منابع آبی و یکی از اساسی‌ترین چالش‌های موردبحث است (Jha *et al.*, 2009).

یکی از منابع اصلی جمع‌آوری اطلاعات، سنجش‌ازدور است که در مورد عوارض سطحی مربوط به آب‌های زیرزمینی مانند سنگ‌شناسی و عوارض ساختاری و کاربری اراضی پرکاربرد است. این دسته از اطلاعات می‌تواند به‌سادگی به‌عنوان ورودی محیط GIS برای یکپارچه‌سازی با سایر داده‌ها و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها استفاده شود (Oh *et al.*, 2011). سنجش‌ازدور علاوه بر اینکه دامنه‌ی بزرگ‌مقیاسی از مشاهدات گسترده‌ی زمانی و مکانی را فراهم می‌کند، باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه نیز می‌شود (Musavi *et al.*, 2003). یکی دیگر از ابزارهای مدیریتی که امروزه بسیار موردتوجه قرارگرفته است، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این روش‌ها قابلیت استفاده در تحلیل و پشتیبانی تصمیمات مختلف حتی در مواقعی که اهداف چندگانه و متناقض وجود دارد را دارا است (Soori *et al.*, 2017)؛ بنابراین یافتن مکان‌های مستعد با استفاده از شیوه‌های نوین علمی می‌تواند از هدررفت هزینه‌های احداث چاه جلوگیری نموده و اجرای طرح‌ها را ازنظر اقتصادی توجیه نماید. پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به ما اجازه می‌دهد با صرف هزینه کمتر به شناسایی منابع آب زیرزمینی بپردازیم. علاوه بر این، چنین نقشه‌هایی ابزارهای مفیدی را برای برنامه‌ریزان و مهندسان در شناسایی مکان‌های مناسب برداشت آب زیرزمینی فراهم می‌کنند. به‌طوری‌که امکان اجرای موفق عملیات حفاظت و نگهداری برنامه‌های مدیریتی آب زیرزمینی را نیز فراهم می‌گرداند. ممکن است در مناطق با پتانسیل پایین آب زیرزمینی چندین چاه حفرشده باشد. با توجه به نقشه تهیه‌شده می‌توان استخراج از این مناطق را کاهش داد و به بهره‌برداری از مناطق با پتانسیل بالای آب زیرزمینی پرداخت. ازاین‌رو، نتایج حاصل از این پتانسیل‌یابی می‌تواند برای

سیاست‌گذاران مدیریت منابع آب زیرزمینی در طرح‌های آینده مفید واقع شود.

تاکنون پژوهش‌های زیادی در این زمینه انجام‌گرفته است. Kasiri و همکاران (۲۰۲۰) در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای در دشت ناز ساری بیان نمودند که عوامل زمین‌شناسی و ارتفاع منطقه بیشترین تأثیر را بر پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در منطقه بررسی‌شده دارند. Duan و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند که در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و الگوریتم C5.0 در تبت چین چهار درجه از مناطق پتانسیل آب زیرزمینی بسیار خوب، خوب، متوسط و ضعیف به ترتیب ۴/۶۱، ۸/۵۸، ۲۶/۵۹ و ۶۰/۲۳ درصد به دست آمد.

Baharvand و همکاران (۲۰۲۰) در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از سلسله مراتبی فازی در حوزه آبخیز خرم‌آباد بیان نمودند که به ترتیب ۴/۵ و ۹/۴ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های فاقد پتانسیل و پتانسیل بالا قرار دارند. بیشترین پتانسیل تشکیل منابع آب زیرزمینی در سازندهای آهکی و کنگلومراهای کواترنری واقع‌شده است.

Chaudhry و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از تکنیک زمین‌آمار و تحلیل سلسله مراتبی فازی بیان داشتند که ۲۰/۴۴ درصد از پنجاب پاکستان در کلاس عالی و مناطق متوسط و ضعیف درمجموع ۷۹/۵۵ درصد از مناطق جهت پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی را در برمی‌گیرند. Minh و همکاران (۲۰۱۹) در ارزیابی تغییرات مکانی و جزئی از کیفیت آب‌های زیرزمینی در جیانگ ویتنام برای یک دوره ده‌ساله از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ بر اساس فرآیند سلسله‌مراتب تحلیلی فازی (Fuzzy-AHP) دریافتند که چاه‌های کم‌عمق در مناطق شمال شرقی و جنوب شرقی این منطقه عمدتاً به دلیل مقادیر عظیمی از رسوب در فصل موسمی، تحت کیفیت "آب بد" با غلظت آرسنیک بالا (AS) در طی سال‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. Castillo و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش سلسله مراتبی (AHP) و داده‌های سنجش‌ازدور در حوزه آبخیز سانلویس پوتوسی در کشور مکزیک پرداختند. در این تحقیق هفت لایه (زمین‌شناسی، تراکم خطی، کاربری و پوشش زمین، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)، بارندگی، تراکم زهکشی و شیب) تهیه گردید. پس از روش AHP و تخصیص رتبه، لایه‌ها با استفاده از محاسبه‌گر رستری برای به دست آوردن نقشه GWPZs یکپارچه شدند. نتایج حاکی از آن است که ۶۸/۲۱ درصد از مساحت منطقه به‌عنوان پتانسیل کم آب زیرزمینی و ۲۶/۳۰ درصد در طبقه متوسط قرار دارند. اعتبارسنجی با ارزیابی داده‌های زمان ماند آب از ۱۵ حلقه چاه توزیع‌شده در منطقه موردمطالعه انجام شد. علاوه بر این، منحنی ویژگی‌های عملیاتی گیرنده (ROC) به دست آمد که نشان‌دهنده دقت رضایت‌بخش (AUC=0.677) است. Rahaman و همکاران (۲۰۲۲) به پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های روش سلسله مراتبی-فازی (Fuzzy-AHP) و تکنیک‌های جغرافیایی در حوزه آبخیز رودخانه توبال در مانیپور هند پرداختند. تأثیر پارامترهای ژئومورفولوژی، تراکم زهکشی، سنگ‌شناسی، شیب، بارندگی، شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI)، کاربری/پوشش زمین (LULC) و انحنا، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که از کل مساحت حوضه، سه حوضه (SW3، SW4 و SW7) با ۴۳/۶ درصد مساحت دارای پتانسیل متوسط آب زیرزمینی هستند. بررسی مرور منابع نشان‌دهنده این

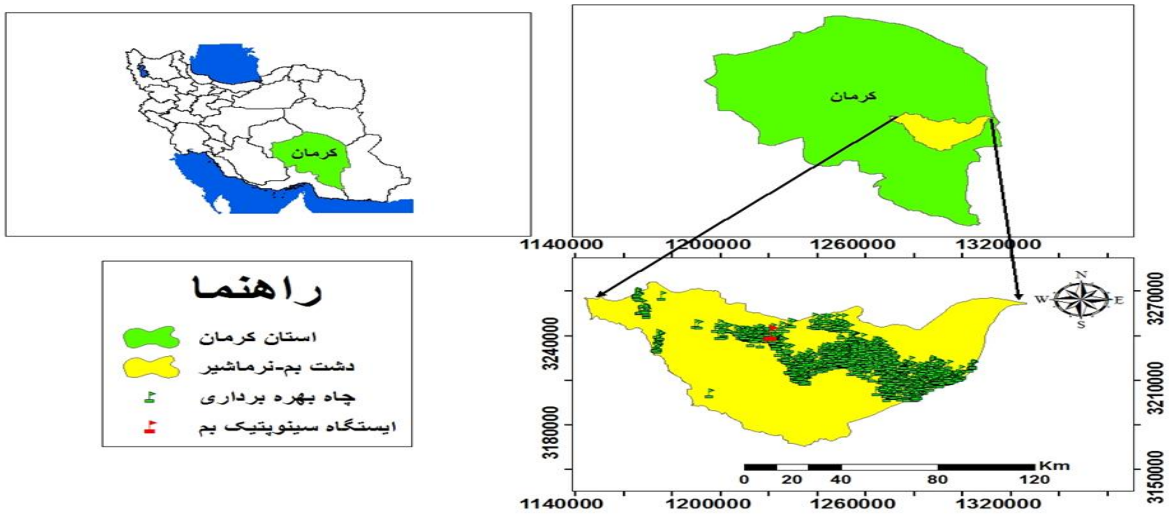
نکته مهم است که پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارها در مدیریت بهینه از منابع آب است. مدیریت و جلوگیری از تشدید مشکلات در منابع آب، از طریق اکتشاف و بهره‌برداری متناسب با پتانسیل منابع آب زیرزمینی است. از سویی دیگر روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به دلایل سادگی و هم‌چنین استفاده از نظریات و تجربیات کارشناسان، درصورتی‌که با منطق فازی ترکیب گردد، کاربرد بسیار مناسبی در ارزیابی پتانسیل منابع آب دارد. هم‌چنین در نظر گرفتن وزن‌های درون لایه‌ای و برون لایه‌ای و وزن تلفیقی آن‌ها می‌تواند اطلاعات مهمی را درزمینهٔ اهمیت زیرمعیارها برای برنامه‌ریزان فراهم می‌کند که در مطالعات پیشین، وزن‌های درون لایه‌ای در روش سلسه‌مراتبی کمتر موردتوجه قرارگرفته است. ازاین‌رو در این پژوهش به ارزیابی پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت بم-نرماشیر با استفاده از روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی پرداخته شد.

دشت بم-نرماشیر یکی از دشت‌های مهم کشور به‌خصوص استان کرمان است. این دشت ازنظر تأمین منابع آبی موردنیاز بخش کشاورزی، صنعت و شرب نقش بسیار مهمی را در منطقه ایفا می‌کند؛ لذا با توجه به اهمیت شناسایی منابع آبی و پتانسیل آن‌ها در بهره‌برداری به‌منظور کاهش خسارات ناشی از برداشت آب زیرزمینی و همچنین بهره‌گیری مطلوب و استاندارد از منابع آبی، تعیین پتانسیل منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در این منطقه که در مناطق بیابانی جنوب شرق ایران با اقلیم فراخشک قرارگرفته است ضرورت می‌یابد (Rezayi *et al*., 2013).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی دشت بم-نرماشیر واقع در جنوب شرقی مرکز استان کرمان است که تقریباً در جنوب شرق کشور ایران و حوزه آبخیز لوت واقع‌شده است. مساحت، متوسط بارش سالانه و ارتفاع متوسط این دشت از سطح دریا به ترتیب ۸۰۱۸/۶۹ کیلومترمربع، ۵۸/۴۶ میلی‌متر و ۹۶۰ متر است که بر اساس طبقه-بندی اقلیمی دومارتن این دشت در طبقه‌بندی اقلیمی فراخشک قرار می‌گیرد و در محدوده ″۵۹′۳۸°۵۷ تا ″۳′۶°۵۹ طول شرقی و ″۴۰′۳۴°۲۸ تا ″۱۲′۳۶°۲۹ عرض شمالی واقع گردیده است. همچنین تعداد چاه-های بهره‌برداری در این دشت ۱۲۸۱ حلقه چاه است. موقعیت این دشت در شکل (۱) ارائه‌شده است (Rezayi *et al*., 2013).



شکل ۱- موقعیت دشت بم-نرماشیر در استان کرمان و کشور ایران

Figure 1- Location of Bam-Narmashir plain in Kerman province and Iran

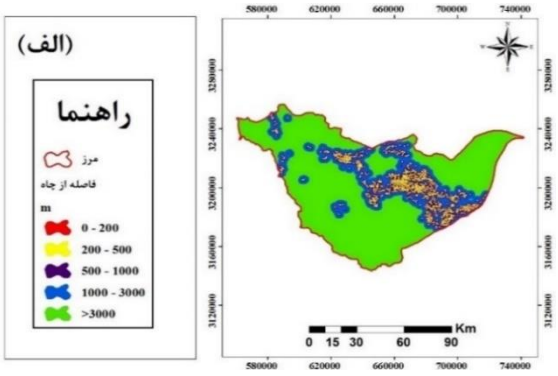
انتخاب پارامترها

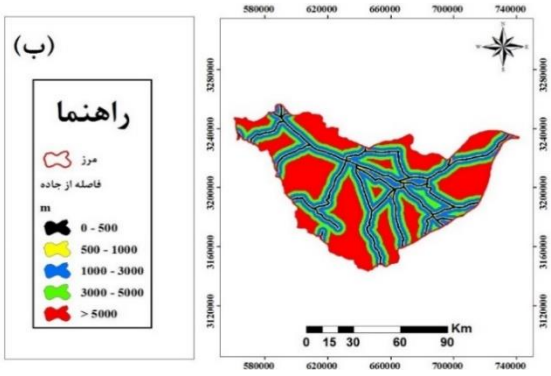
در پژوهش حاضر در مرحله اول با استفاده از مطالعه منابع، پژوهش‌های انجام‌شده و اطلاعات قابل‌دسترس، عوامل تأثیرگذار بر پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی شناسایی و تعیین گردید. بر این اساس سه معیار اقتصادی (فاصله از چاه و چشمه، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و فاصله از روستا)، اقلیم (دما و بارش) و زمین‌شناسی (بافت خاک، پوشش گیاهی (NDVI)، قابلیت نفوذپذیری سازند، کاربری اراضی، درصد شیب، جهت جغرافیایی، تراز آب زیرزمینی و طبقات ارتفاعی) انتخاب و نقشه آن‌ها تهیه گردید (شکل ۲).

در این پژوهش اطلاعات چاه‌های مشاهداتی منطقه موردمطالعه در سال ۱۳۹۹ از اداره آب منطقه‌ای استان کرمان تهیه گردید. لایه‌های فاصله از چاه، جاده، رودخانه، روستا و گسل با استفاده از دستور Line density در ArcGIS تهیه گردید (شکل‌های ۲ الف تا ۲ ث). داده‌های دما و بارش ایستگاه سینوپتیک بم و ایستگاه‌های اطراف در دوره آماری ۱۳۹۹-۱۳۷۰ تهیه و نقشه پهنه‌بندی دما و بارش بر اساس روش درون‌یابی کریجینگ در ArcGIS 10.8 تهیه گردید (شکل ۲ ج و ۲ د). در این پژوهش، نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه‌شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور استفاده گردید (شکل ۲ ذ). نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۹ منطقه موردمطالعه بر اساس تصاویر لندست ۸ و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده بیشینه درست‌نمایی[1] تهیه و به هفت دسته اراضی مرتعی، کشاورزی، بایر، صخره، اراضی شور، تپه‌های ماسه‌ای و شهری طبقه‌بندی گردید (شکل ۲ ک). با استفاده از رقومی‌سازی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری در GIS، نقشه مدل رقومی ارتفاع ۳۰*۳۰ متر تهیه و نقشه ارتفاع و شیب و جهت منطقه از آن استخراج گردید (شکل‌های ۲ گ تا ۲ ن). در این پژوهش نقشه سطح آب زیرزمینی (سال ۱۳۹۹) دشت با استفاده از درون‌یابی سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهداتی در سطح منطقه تهیه شد (شکل ۲ و). لایه NDVI (شکل ۲ ه) بر اساس تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ و رابطه (۱)، با ترکیب NIR (باند مادون‌قرمز نزدیک، باند ۵ لندست ۸) و RED (باند قرمز، باند ۴ لندست ۸) محاسبه گردید (Testa *et al.*, 2018).

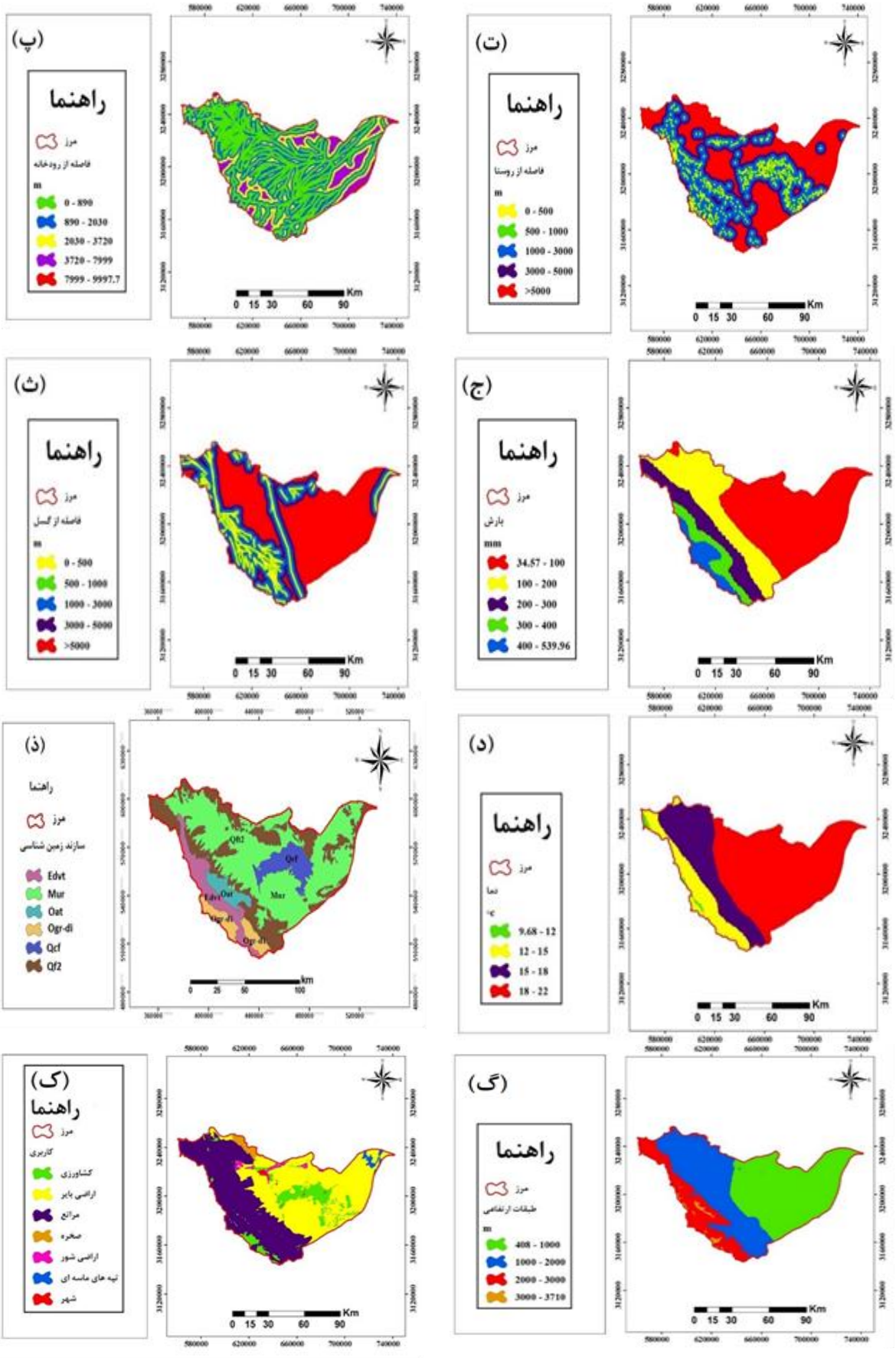
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \qquad (۱)$$

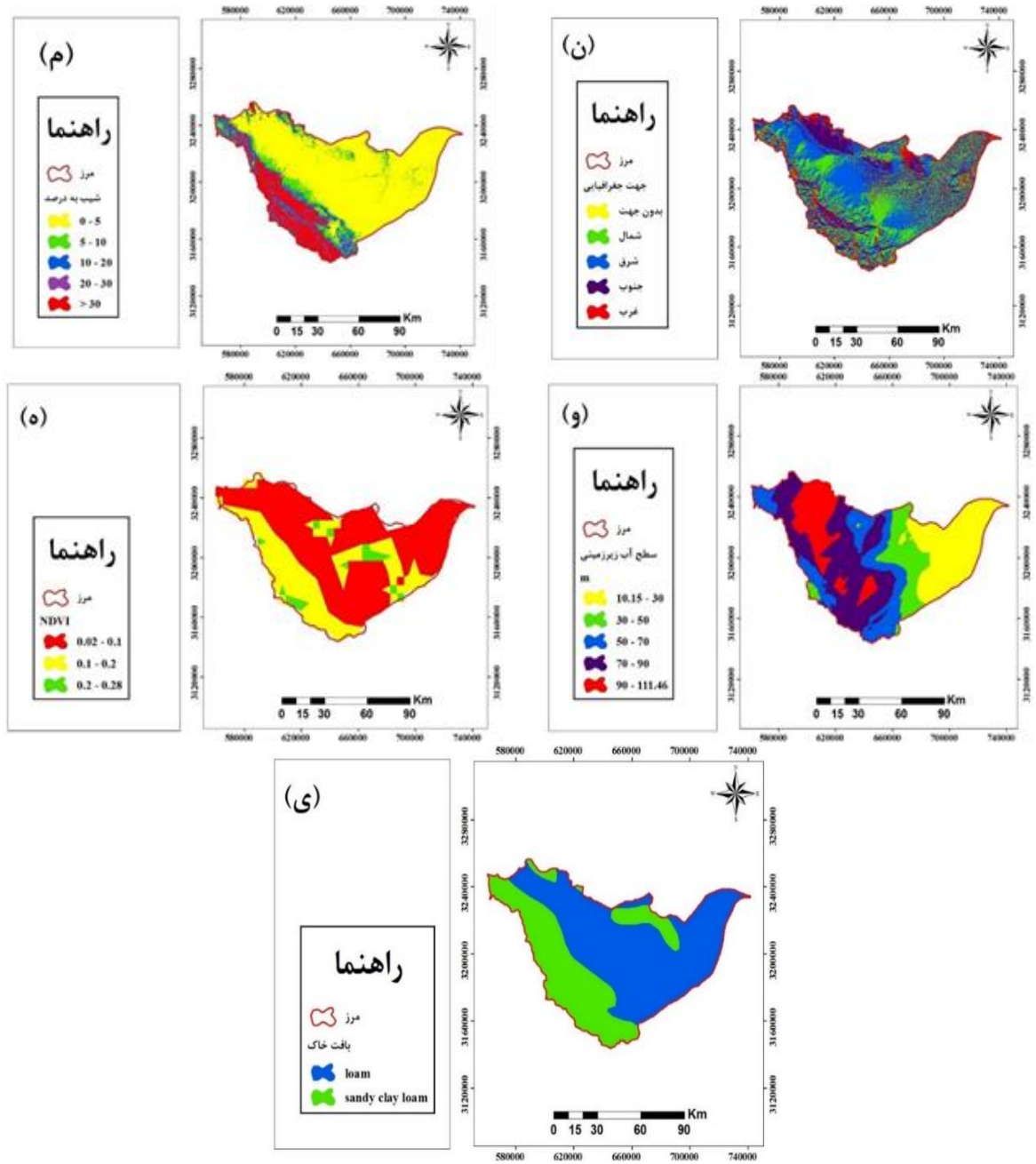
به‌منظور استخراج داده‌های مربوط به بافت خاک از طریق سایت soilgrids.org دو کلاس بافت خاک دانلود و درنهایت در نرم‌افزار SAGA نقشه بافت خاک منطقه تهیه گردید (شکل ۲ ی).





1. Maximum Likelihood


(ت)
راهنما
مرز
فاصله از روسنا
m
0 - 500
500 - 1000
1000 - 3000
3000 - 5000
>5000
(پ)
راهنما
مرز
فاصله از رودخانه
m
0 - 890
890 - 2030
2030 - 3720
3720 - 7999
7999 - 9997.7
(ج)
راهنما
مرز
بارش
mm
34.57 - 100
100 - 200
200 - 300
300 - 400
400 - 539.96
(ث)
راهنما
مرز
فاصله از گسل
m
0 - 500
500 - 1000
1000 - 3000
3000 - 5000
>5000
(د)
راهنما
مرز
دما
°c
9.68 - 12
12 - 15
15 - 18
18 - 22
(ذ)
راهنما
مرز
سازند زمین شناسی
Edvt
Mur
Oat
Ogr-di
Qcf
Qf2
(گ)
راهنما
مرز
طبقات ارتفاعی
m
408 - 1000
1000 - 2000
2000 - 3000
3000 - 3710
(ک)
راهنما
مرز
کاربری
کشاورزی
اراضی بایر
مراتع
صخره
اراضی شور
تپه های ماسه ای
شهر
Km
0 15 30 60 90
km
0 25 50 100



شکل ۲- پارامترهای تأثیرگذار بر پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در دشت بم-نرماشیر الف) فاصله از چاه و چشمه ب) فاصله از جاده پ) فاصله از آبراهه ت) فاصله از روستا ث) فاصله از گسل ج) بارندگی د) دما ذ) سازندهای زمین‌شناسی ک) کاربری اراضی گ) طبقات ارتفاعی م) درصد شیب ن) جهت جغرافیایی و) تراز آب زیرزمینی ه) شاخص پوشش گیاهی NDVI ی) بافت خاک

Figure 2- Parameters affecting the potential of underground water resources in Bam-Narmashir plain a) Distance to wells and springs b) Distance to road c) Distance to river d) Distance to village e) Distance to fault f) Rainfall g) Temperature h) Geological formations i) Land use j) Elevation k) Slope (%) l) Geographical aspect m) Groundwater level n) NDVI o) Soil texture

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

در این مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به‌عنوان یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار بر پتانسیل‌یابی مناطق مستعد پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی استفاده گردید. این روش یکی از کامل‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، چراکه این تکنیک توانایی فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان این را دارد که معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله در نظر بگیرد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخیل نموده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را آسان‌تر می‌کند. از مزایای این روش این است که اعمال‌نظر کارشناسی توسط افراد را تا حدود زیادی آسان‌تر کرده و احتمال خطا را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد و همچنین در این روش امکان دخالت دادن تعداد زیادی از عوامل وجود دارد و با استفاده ازنظر کارشناسی وزن هر یک از عوامل را به دست آورد.

مراحل اجرای روش AHP

تحلیل سلسله مراتبی ۴ مرحله دارد:

۱- ایجاد درخت سلسله مراتبی: انتخاب معیارها و فاکتورهای تأثیرگذار بر هدف

۲- مقایسات زوجی: مقایسات زوجی توسط گروه کارشناس خبره و نرم‌افزار Expert_Choice 11 انجام شد. در این مرحله ماتریس وزن جهت مقایسه با توجه به عوامل مؤثر، تشکیل و این عوامل دوبه‌دو با هم مقایسه می‌گردند. تمام مقایسه‌ها در تحلیل سلسله مراتبی به‌صورت زوجی انجام می‌پذیرد. در این مقایسه تصمیم‌گیرندگان از قضاوت شفاهی استفاده می‌کنند. این قضاوت‌ها در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی به مقدار کمی بین صفر الی ۹ تبدیل‌شده است (جدول ۱).

۳- نرمال‌سازی و تعیین اولویت‌ها: از مفهوم نرمال‌سازی و میانگین موزون به‌منظور تعیین میزان تأثیر عامل استفاده می‌شود. بر این اساس گزینه‌های مختلف بر اساس نتایج به‌دست‌آمده ازنظر هر معیار با هم مقایسه شده و سپس توسط میانگین وزنی، نرمال‌سازی می‌گردند. بدین‌صورت اولویت هر گزینه به دست می‌آید.

۴- محاسبه وزن یا میزان اثربخشی هر یک از عوامل: روش‌های متفاوتی برای محاسبه میزان تأثیر و وزن هر عامل ارائه‌شده است که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه، روش‌های تقریبی شامل جمع سطرها و جمع ستون‌ها و میانگین هندسی. در حال حاضر دقیق‌ترین روشی که در نرم‌افزار Expert choice استفاده می‌شود، روش میانگین هندسی است.

۵- پس از وزن دهی، نرخ ناسازگاری وزن‌ها موردبررسی قرار می‌گیرد. در حالت کلی اگر نرخ ناسازگاری (CR) کمتر از ۰/۱ باشد ناسازگاری قابل‌قبول است و در حالتی که بیش‌تر از این مقدار باشد باید در قضاوت‌های صورت گرفته بازنگری انجام بگیرد. درواقع CR تعیین‌کننده صحت وزن دهی انجام‌شده است که از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۲)$$

که در آن CI شاخص سازگاری و RI شاخص تصادفی است که مقدار آن با توجه به تعداد فاکتور مورد مقایسه (جدول۲) محاسبه می‌گردد (Soori *et al.* 2017).

در این پژوهش نرخ ناسازگاری مربوط به اوزان ٪۵ بوده که قابل‌قبول است، نهایتاً بر اساس اطمینان حاصله، امتیاز مربوط به هریک از معیارها و زیرمعیارها در مکان یابی مناطق مناسب به‌دست آمد.

جدول ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی در روش تحلیل سلسله مراتبی
Table 1- Preference values for pairwise comparisons in the AHP method

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر و یا کاملاً مطلوب‌تر	9
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	7
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	5
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر و یا کمی مطلوب‌تر	3
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	1
ترجیحات بین فواصل فوق	8, 6, 4, 2

جدول ۲- شاخص تصادفی بودن (RI)
Table 2- Randomness Index (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.54

طبقه‌بندی مجدد و ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله هر یک از لایه‌های اطلاعاتی موجود به چندین طبقه معین و مشخص تقسیم گردیده و پس‌ازآن بر اساس ۱ تا ۹ که یک کمترین ارزش و ۹ بیش‌ترین را داراست به‌صورت جداگانه جهت طبقه‌بندی مجدد و ارزش‌گذاری شدند.

هم‌پوشانی و تلفیق به روش ترکیب خطی وزنی

در تحقیق حاضر هم‌پوشانی نقشه‌های معیارها و نقشه-های نهایی مطابق رابطه (۳) صورت گرفت که بر پایه میانگین وزنی استوار است (Eskandari *et al.*, 2012).

$$A_i = \sum_{j=1}^{n} W_j X_{ij} \qquad (۳)$$

در این رابطه A_i ضریب مربوط به میزان مناسب بودن سلول i ام، W_j وزن معیار j ام، X_{ij} مقدار سلول i در معیار j ام و n تعداد کل معیارها است. در این روش مجموع وزن معیارها برابر با ۱ است در غیر این صورت مقدار A_i بر مجموع وزن معیارها تقسیم می‌شود.

درنهایت نقشه نهایی مناطق مستعد پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی، بر اساس روش شکست که بر اساس توزیع نرمال داده‌های است و نقاط عطف داده‌ها مرز بین طبقات را مشخص می‌نماید اقدام به کلاس‌بندی مناطق مستعد در چهار کلاس مناسب، نسبتاً مناسب، متوسط و نامناسب گردید.

روش فازی

در این قسمت با در نظر گرفتن فاکتورهای مؤثر بر پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی و تعیین نوع و شکل تابع عضویت، در مقیاس پیوسته مطلوبیت (بایت، صفر تا ۲۵۵) نرمال شدند. برای هر یک از عوامل، نقشه‌های محدودیت (مناطقی از هر فاکتور که شرایط رویشگاهی را ندارد) نیز در نظر گرفته شدند. در این روش تعیین درجه عضویت فازی بر اساس توابع عضویت و تهیه نقشه فازی هر یک از عوامل (استانداردسازی لایه‌ها) صورت می‌گیرد. در استانداردسازی لایه‌ها، تئوری فازی دارای کل تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه‌های فازی یا توابع عضویت استفاده می‌نماید (Prasad *et al.*, 2008, Chung & Fabbri, 1993, Zadeh, 1973). در تئوری فازی بحث تابع عضویت و چگونگی تعریف آن یکی از اساسی‌ترین مباحث است. اساس اختلاف روش‌های فازی با سایر روش‌ها، در

تعریف تابع عضویت است. در تعریف تابع عضویت درجه تعلق عناصر مجموعه مرجع به زیرمجموعه‌های آن است و به‌صورت Mc (X) نمایش داده می‌شود. برای یافتن تابع عضویت هیچ الگوریتم مشخصی وجود ندارد بلکه تجربه، نوآوری و حتی اعمال‌نظر شخصی در شکل‌گیری و تعریف تابع عضویت می‌تواند مؤثر واقع شود. (Dixon, 2005)؛ لذا در این تحقیق با استفاده از توابع عضویت خطی Ms larg و Ms small و همچنین تابع عضویت Userdefined نقشه‌های هر یک از عوامل مؤثر بر پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در محدوده دشت بم-نرماشیر به نقشه‌های فازی تبدیل می‌شوند. با در نظر گرفتن این‌که در منطقه‌ی کلاسیک، وزن دهی هر عامل، بخش‌هایی که تا حدودی ازنظر ویژگی‌های دیگر مشابه بوده انتخاب می‌شود و با مشاهده تغییرات این عامل و تأثیر آن بر پتانسیل‌یابی بر اساس نظر و دید کارشناس نسبت به منطقه عوامل به‌صورت جفتی با یکدیگر مقایسه می‌شوند و یکی از وزن‌های جدول انتخاب می‌گردد که بستگی به‌دقت و درجه‌ی آشنایی کارشناس با منطقه دارد (Jasmin and Mallikarjuna, 2011). برای وزن‌دار کردن داده‌های مورداستفاده، بعد از اولویت‌بندی بر اساس نظرات کارشناسان خبره، از نرم‌افزار Expert choice استفاده شد (Soltani, 2017). بعد از تعیین وزن عامل‌های مورداستفاده، عامل‌ها برای وزن‌دار شدن به روش فازی، وارد محیط GIS شده و وزن نرمال عامل‌ها به وزن فازی تبدیل و نقشه فازی تهیه گردید. سپس نقشه‌های تهیه‌شده بر اساس عملگرهای فازی And،Or،Sum، Product و Gamma در محیط GIS با هم همپوشانی شده و خروجی نهایی به‌عنوان نقشه پهنه‌بندی تهیه گردید (Sadeghi & Khalajmasoumi, 2015). درنهایت با ضرب وزن‌های به‌دست‌آمده از روش سلسله مراتبی، در هریک لایه‌های فازی شده و هم‌پوشانی لایه‌ها، نقشه پهنه‌بندی مناطق پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی تهیه شد.

اعتبارسنجی نقشه پتانسیل منابع آب زیرزمینی

جهت این امر از منحنی ROC که به‌منظور تعیین میزان دقت مدل‌های پیش‌بینی مکانی و روش‌های داده‌کاوی، روش کمی و گرافیکی مناسبی به‌حساب می‌آید، استفاده می‌شود. در این روش برای بررسی دقت نقشه نهایی، از آمار ۳۰ درصد چاه‌ها که در پتانسیل-یابی استفاده‌نشده، بهره گرفته می‌شود (Shahbazi *et al.*, 2013). در این منحنی میزان مثبت واقعی (بر روی محور x) و میزان مثبت کاذب (بر روی محور Y) در آستانه‌های مختلف نشان داده می‌شود (Kumar & Indrayan, 2011). زمانی که حساسیت افزایش یابد، میزان مثبت کاذب نیز افزایش می‌یابد، لذا منحنی ROC این امکان را می‌دهد تا میزان مثبت واقعی و کاذب را در هر نقطه بر روی منحنی بررسی و مقایسه نماییم (Akobeng, 2007). مساحت زیر این منحنی (AUC[1])، میزان دقت نقشه نهایی به‌صورت کمی و توانایی مدل در پیش‌بینی درست را نشان می‌دهد. مساحت ذکرشده توسط نرم‌افزارهای آماری همچون SPSS با استفاده از اطلاعات استفاده‌نشده‌ای که برای اعتبارسنجی به‌صورت تصادفی در نظر گرفته می‌شود، محاسبه می‌گردد. در صورت ایده‌آل بودن مقدار زیر نمودار، برابر یک خواهد بود. این شاخص مناسبی جهت ارزیابی صحت مدل است (Hashemi *et al*. 2004).

نتایج

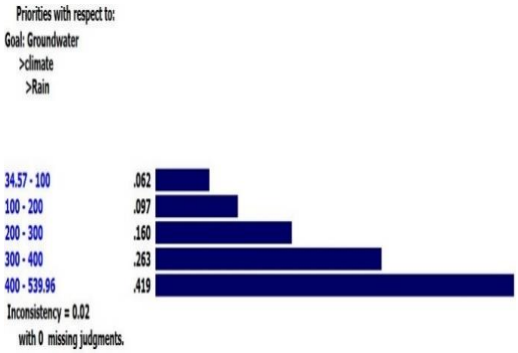
وزن‌های درون لایه‌ای

بعد از وارد نمودن مقایسه‌های زوجی در نرم‌افزار Expert Choice، وزن درون لایه‌ای هرکدام از لایه‌ها محاسبه گردید که نتایج آن در شکل‌های (۵ تا ۱۷)

1. Area Under Curve

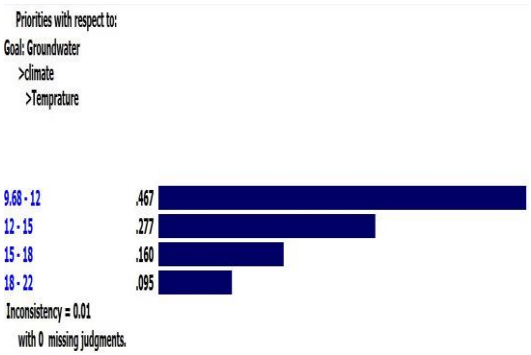
ارائه‌شده است. وزن دهی باید به‌گونه‌ای باشد که ناسازگاری سامانه کمتر از ۰/۱ گردد.

بر طبق نتایج و وزن‌های محاسبه‌شده برای لایه‌ها، مناطق با بیش‌ترین بارش و کمترین دما دارای بیشترین وزن و اهمیت می‌باشند (شکل‌های ۳ و ۴). مناطق با شیب کم، بافت خاک شنی رسی لومی، دارای سازند زمین‌شناسی با نفوذپذیری بالا، کاربری اراضی کشاورزی، سطح آب زیرزمینی بالا، ارتفاع کم، جهت جغرافیایی مسطح، فاصله کم نسبت به شهر و روستا، جاده و رودخانه و فاصله زیاد نسبت به گسل و چاه‌ها دارای بیش‌ترین وزن و اهمیت جهت پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی هستند (شکل‌های ۵ تا ۱۷).



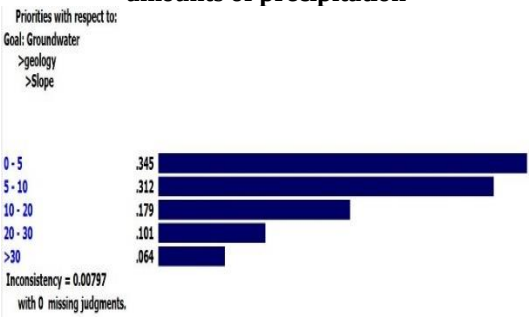
شکل ۳- وزن‌های محاسبه‌شده برای مقادیر مختلف بارش

Figure 3- Calculated weights for different amounts of precipitation



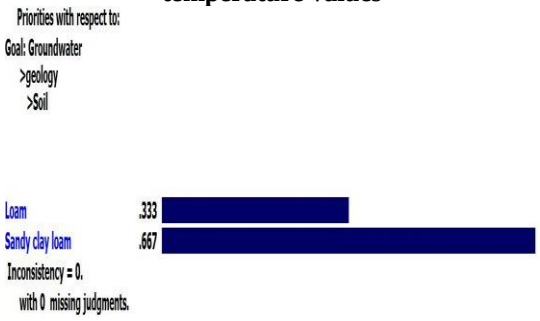
شکل ۴- وزن‌های محاسبه‌شده برای مقادیر مختلف دما

Figure 4- Calculated weights for different temperature values



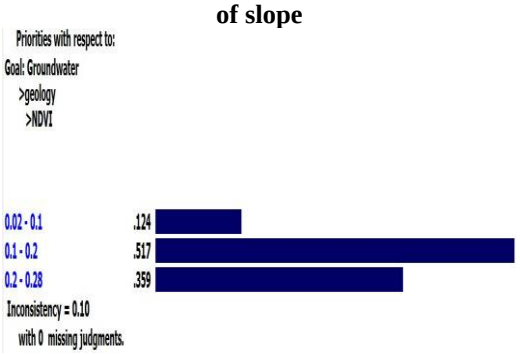
شکل ۵- وزن‌های محاسبه‌شده برای مقادیر مختلف شیب

Figure 5- Calculated weights for different values of slope



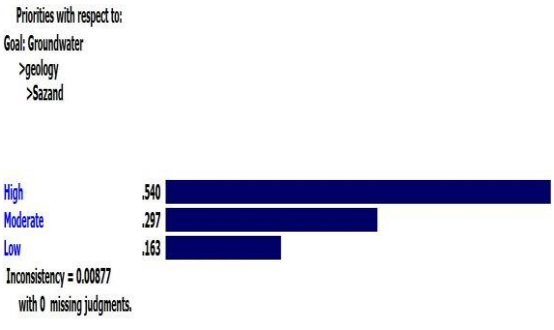
شکل ۶- وزن‌های محاسبه‌شده برای بافت خاک

Figure 6- Calculated weights for soil texture



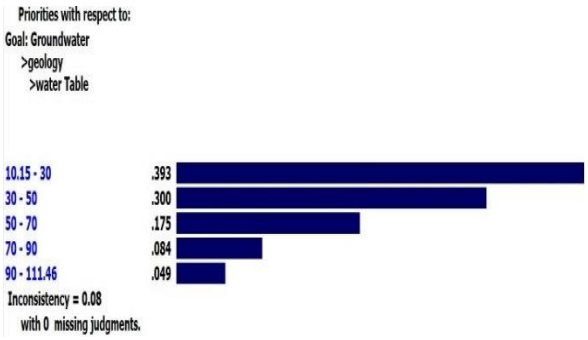
شکل ۷- وزن‌های محاسبه‌شده برای شاخص تفاضل پوشش گیاهی استاندارد (NDVI)

Figure 7- Calculated weights for NDVI



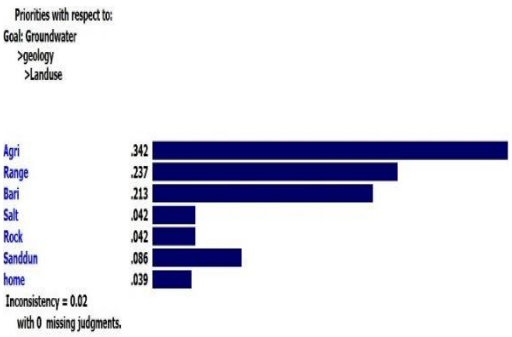
شکل ۸- وزن‌های محاسبه‌شده برای نفوذپذیری سازند زمین‌شناسی

Figure 8- Calculated weights for formation permeability



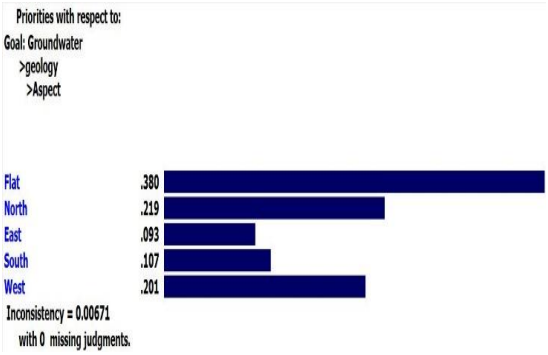
شکل ۱۰- وزن‌های محاسبه‌شده برای سطح آب زیرزمینی

Figure 10- Calculated weights for the underground water level



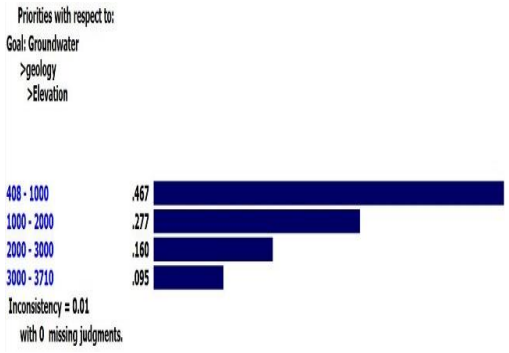
شکل ۹- وزن‌های محاسبه‌شده برای کاربری اراضی

Figure 9- Calculated weights for land use



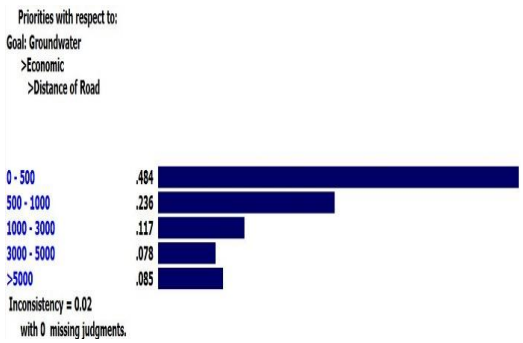
شکل ۱۲- وزن‌های محاسبه‌شده برای جهت جغرافیایی

Figure 12- Calculated weights for aspect



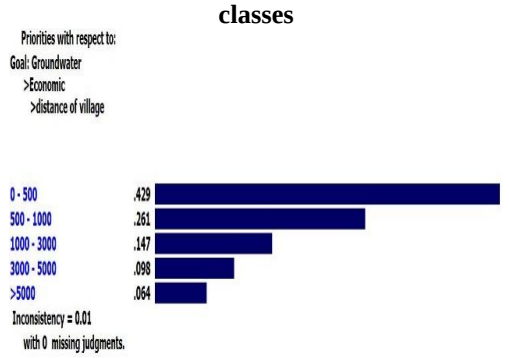
شکل ۱۱- وزن‌های محاسبه‌شده برای طبقات ارتفاعی

Figure 11- Calculated weights for elevation classes



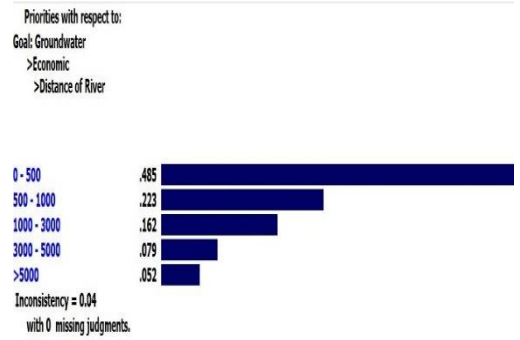
شکل ۱۴- وزن‌های محاسبه‌شده برای فاصله از جاده

Figure 14- Calculated weights for the distance from the road



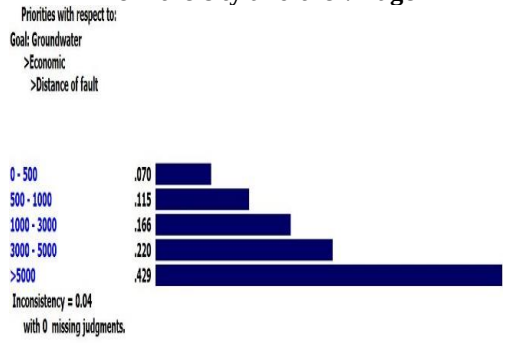
شکل ۱۳- وزن محاسبه‌شده برای فاصله از شهر و روستا

Figure 13- Calculated weights for the distance from the city and the village



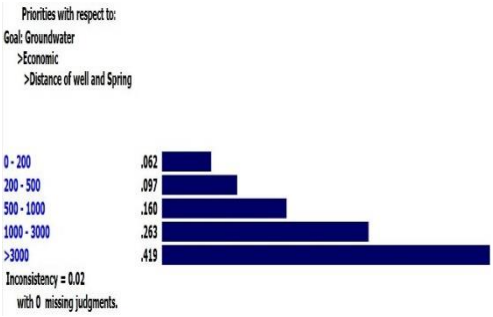
شکل ۱۶- وزن‌های محاسبه‌شده برای فاصله از رودخانه

Figure 16- Weights calculated for the distance from the river



شکل ۱۵- وزن‌های محاسبه‌شده برای فاصله از گسل

Figure 15- Calculated weights for the distance from the fault

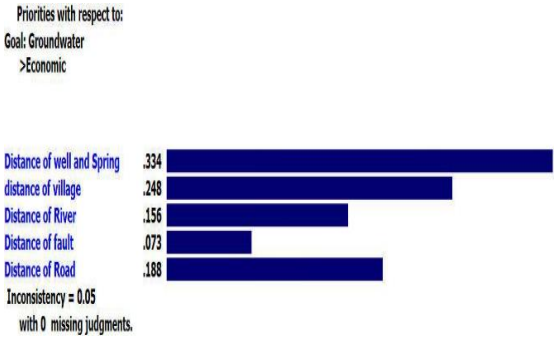


شکل ۱۷- وزن‌های محاسبه‌شده برای فاصله از چاه و چشمه

Figure 17- Weights calculated for the distance from wells and springs

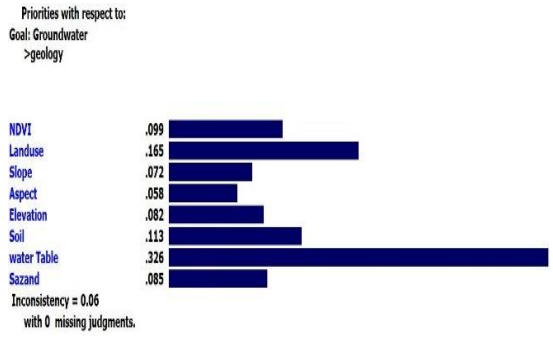
وزن‌های برون لایه‌ای

پس از واردکردن مقایسه‌های زوجی برای عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در نرم‌افزار Expert Choice، وزن هر یک از لایه‌ها محاسبه گردید که نتایج آن در شکل‌های (۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۲۱) ارائه‌شده است. بر طبق نتایج و وزن‌های محاسبه شد. برای عوامل اقتصادی، عامل فاصله از چاه و چشمه دارای بیش‌ترین وزن و اهمیت (۰/۳۳۴) در ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به روش تحلیل سلسله مراتبی است (شکل ۱۸). از بین عوامل زمین‌شناسی، عامل سطح آب زیرزمینی (۰/۳۲۶) و از بین عوامل اقلیمی، عامل بارش (۰/۸) دارای بیشترین وزن و اهمیت می‌باشند (شکل-های ۱۹ و ۲۰). به‌طورکلی عامل زمین‌شناسی، از بین عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی و اقتصادی دارای بیش‌ترین وزن و اهمیت (۰/۶۱۴) در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی است (شکل ۲۱).



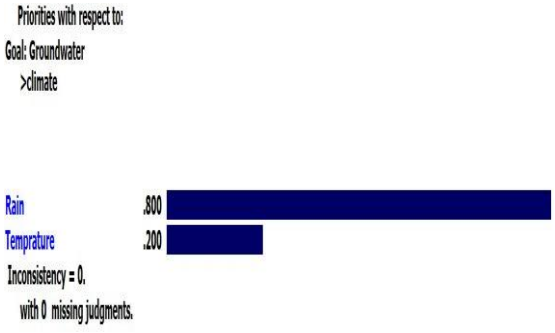
شکل ۱۸-وزن‌های محاسبه‌شده برای عوامل اقتصادی

Figure 18- Calculated weights for economic factors



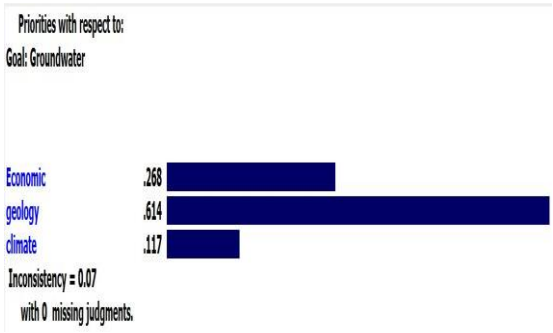
شکل ۱۹- وزن‌های محاسبه‌شده برای عوامل زمین‌شناسی

Figure 19- Calculated weights for geological factors



شکل ۲۰- وزن‌های محاسبه‌شده برای عوامل اقلیمی

Figure 20- Calculated weights for climatic factors



شکل ۲۱- وزن‌های محاسبه‌شده برای منابع آب زیرزمینی

Figure 21- Calculated weights for ground water

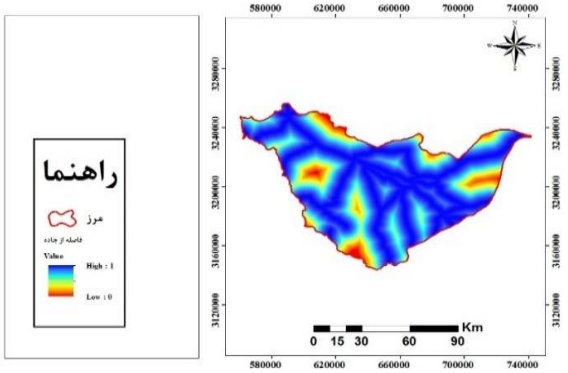
وزن نهایی لایه‌ها

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌گردد، مناطق با تراز آب زیرزمینی با بیش‌ترین وزن ۰/۲۰ و فاصله از گسل کم‌ترین وزن ۰/۰۲ را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۳- نتایج وزن نهایی برای اجزاء هر یک از لایه‌ها

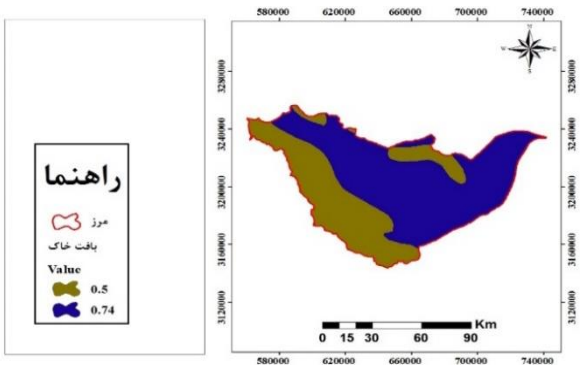
Table 3- The final weight for the components of each layer

عامل	لایه	وزن درون لایه	وزن نهایی	عامل	لایه	وزن درون لایه	وزن نهایی
اقتصادی	فاصله از جاده	0.188	0.05	اقلیم	بارش	0.8	0.094
	فاصله از گسل	0.073	0.02				
	فاصله از رودخانه	0.156	0.042		دما	0.2	0.023
	فاصله از روستا	0.248	0.066				
	فاصله از چاه و چشمه	0.334	0.09				
زمین‌شناسی	NDVI	0.099	0.061	مجموع			1
	کاربری اراضی	0.165	0.101				
	جهت	0.058	0.036				
	شیب به درصد	0.072	0.044				
	بافت خاک	0.113	0.069				
	طبقات ارتفاعی	0.082	0.05				
	قابلیت نفوذپذیری	0.085	0.052	حداکثر			0.2
	تراز آب زیرزمینی	0.326	0.2	حداقل			0.02



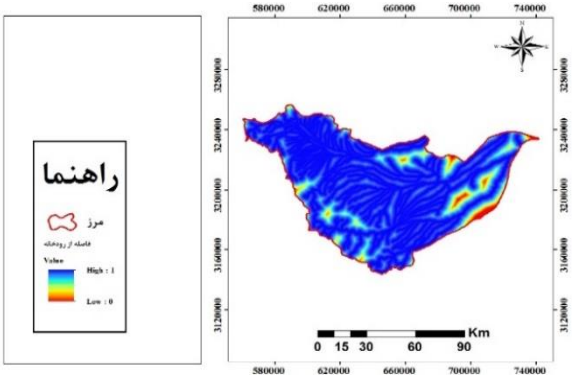
شکل ۲۲- نقشه فازی معیار فاصله از جاده

Figure 22- Fuzzy map of distance from the road



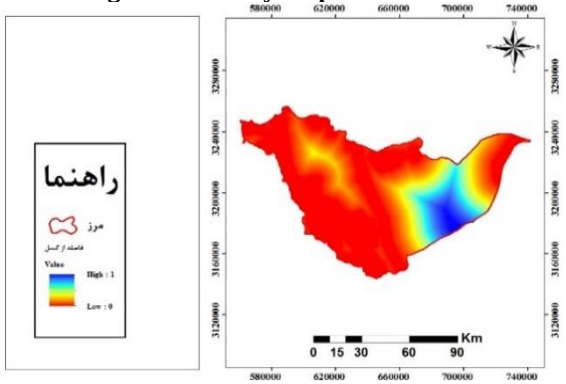
شکل ۲۳- نقشه فازی معیار خاک

Figure 23- Fuzzy map of soil texture



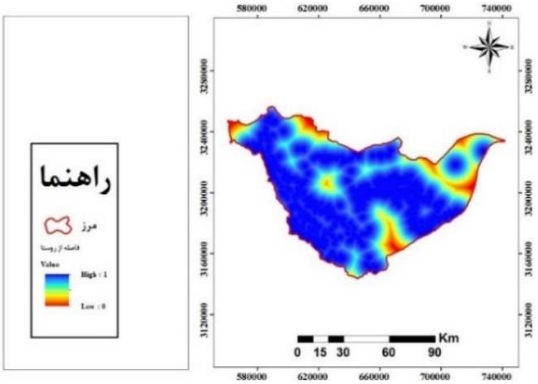
شکل ۲۴- نقشه فازی معیار فاصله از رودخانه

Figure 24- Fuzzy map of the criteria of distance from the river



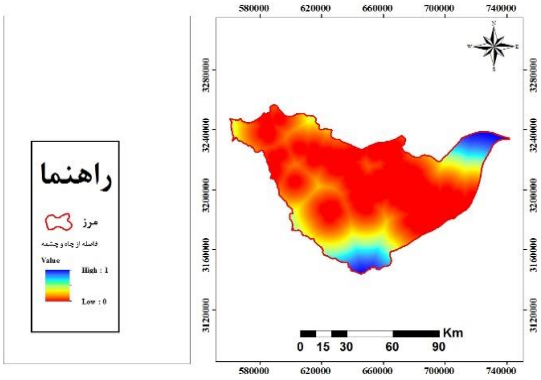
شکل ۲۵- نقشه فازی معیار فاصله از گسل

Figure 25- Fuzzy map of the criterion of the distance from the fault



شکل ۲۶- نقشه فازی معیار فاصله از روستا

Figure 26- Fuzzy map of the criterion of distance from the village



شکل ۲۷- نقشه فازی معیار فاصله از چاه و چشمه

Figure 27- Fuzzy map of the criterion of the distance from the well and the spring

نتایج اولویت‌بندی پتانسیل‌یابی مناطق مستعد آب زیرزمینی

درنهایت با استفاده از روش سلسله مراتبی-فازی (Fuzzy-AHP) و بر اساس میانگین نظرات کارشناسی، به ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در دشت بم-نرماشیر پرداخته شد. منطبق بر نتایج به‌دست‌آمده در حدود ۷/۷۷ درصد از این دشت، دارای پتانسیل منابع آب زیرزمینی در کلاس خوب است (جدول ۴ و شکل ۲۸). علت پتانسیل بالای آب زیرزمینی این مناطق، شیب کم، سازند زمین‌شناسی با نفوذپذیری بالا، سطح آب زیرزمینی بالا، ارتفاع کم، فاصله کم نسبت به شهر و روستا، جاده و رودخانه و فاصله زیاد نسبت به گسل و چاه‌ها است.

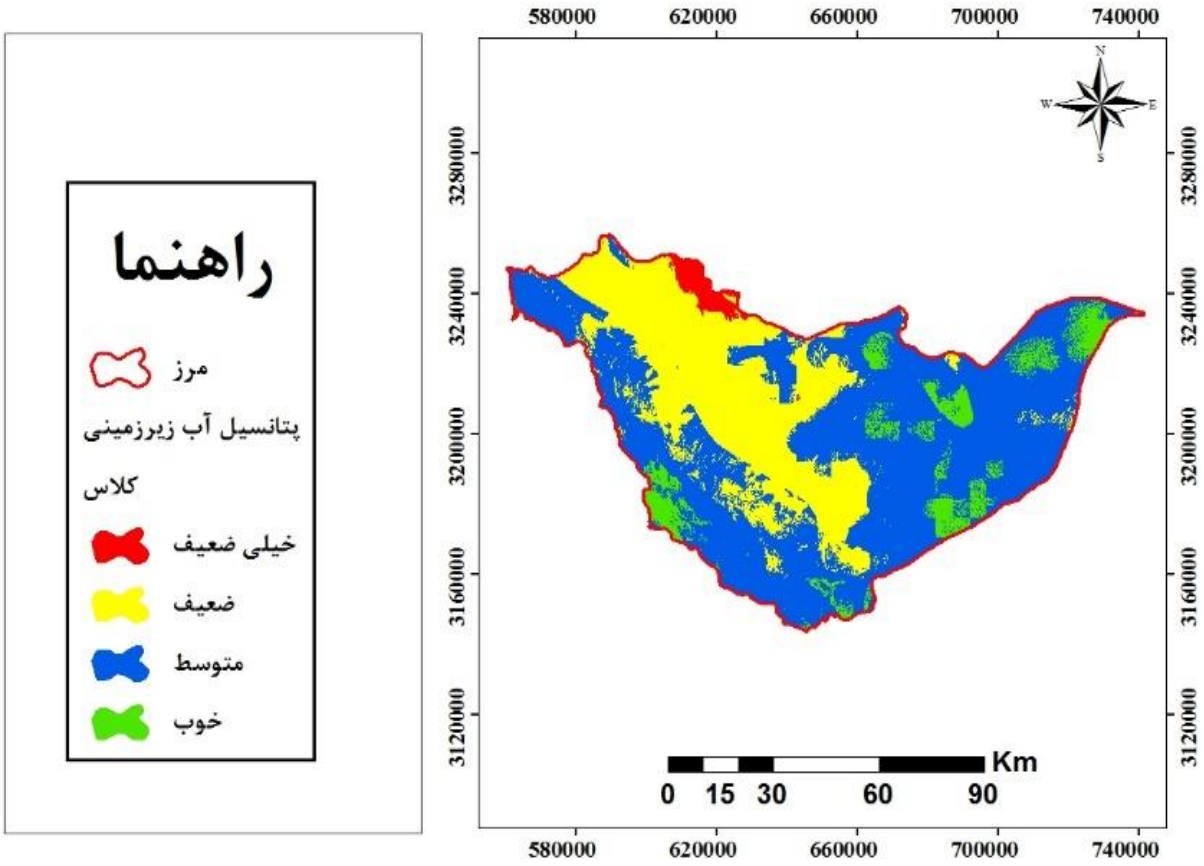
ارزیابی دقت روش سلسله مراتبی-فازی (Fuzzy-AHP)

نتایج پیش‌بینی روش سلسله مراتبی-فازی در شکل (۲۹) با استفاده از منحنی ROC منطقه موردمطالعه نشان داده‌شده است. بر اساس این منحنی مشخص می‌شود که مکان‌یابی مناطق مستعد جهت ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از این روش تحلیل سلسله مراتبی-فازی به میزان ۰/۷۹ است که حاکی از دقت مناسب این مدل است.

جدول ۴- مساحت طبقات با پتانسیل متفاوت منابع آب زیرزمینی در دشت بم- نرماشیر

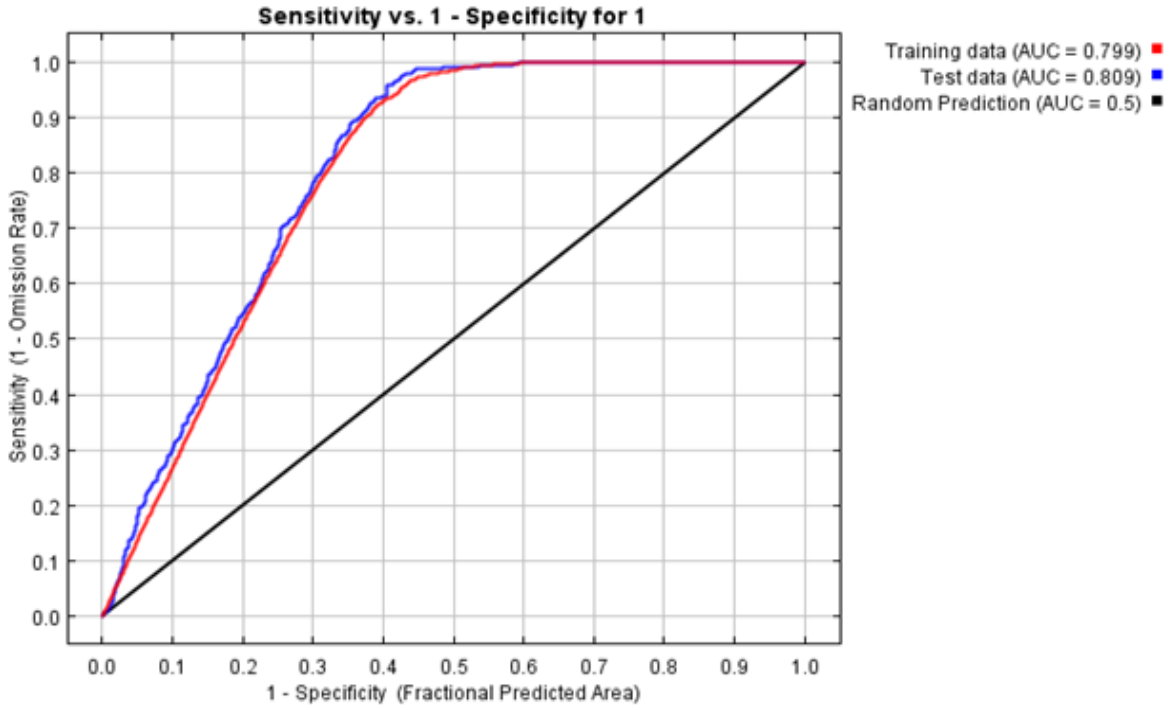
Table 4- The area of different potential classes of groundwater resources in Bam-Narmashir plain

کلاس	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
خیلی ضعیف	153.68	1.57
ضعیف	3073.74	31.71
متوسط	5713.79	58.98
خوب	755.54	7.77



شکل ۲۸- نقشه ارزیابی و پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی بر اساس روش F-AHP در دشت بم-نرماشیر

Figure 28- Map of assessment and potential of underground water resources based on F-AHP method in Bam-Narmashir plain



شکل ۲۹- منحنی ROC دشت بم-نرماشیر

Figure 29- ROC curve of Bam-Narmashir plain

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش از پارامترهای بارندگی، دما، فاصله از جاده، کاربری اراضی، جهت جغرافیایی، شیب، پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، فاصله از شهر و روستا، فاصله از چاه و چشمه، بافت خاک و قابلیت نفوذپذیری سازند به‌عنوان معیارهای تأثیرگذار در امر تصمیم‌گیری استفاده و ابتدا مقادیر بارندگی با استفاده از روش‌های زمین‌آماری در سطح دشت، درون‌یابی و پهنه‌بندی شد. محاسبه وزن اهمیت نسبی لایه‌ها با استفاده از روش AHP و نرم‌افزار Expert choice11، انجام گردید، این لایه‌ها پس از تأثیر وزن‌ها با روش فازی با هم ترکیب‌شده و لایه نهایی مناطق مستعد پتانسیل آب زیرزمینی تهیه شد. پس از طبقه‌بندی این لایه در چهار کلاس خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط و خوب قرار گرفت که دو کلاس خوب و متوسط نواحی جنوب دشت را در برگرفته ولی رفته‌رفته از جنوب به شمال دشت از مناطق مستعد با پتانسیل آب زیرزمینی کاسته شده، به‌طوری‌که نواحی شمالی دشت در کلاس خیلی ضعیف و ضعیف واقع‌شده‌اند.

همان‌طور که انتظار می‌رفت قسمت‌های مختلف دشت برای پتانسیل آب زیرزمینی دارای تناسب یکسانی نمی‌باشند. نتایج حاصل از تهیه نقشه مناطق مستعد پتانسیل آب زیرزمینی، نشان‌دهنده تفاوت توزیع عرصه‌های مناسب پتانسیل آب زیرزمینی در دشت بم-نرماشیر است که با نتایج Sekar & Randhir (۲۰۰۷) که بیان داشتند پتانسیل تغذیه آب‌های زیرزمینی در سطح حوزه آبخیز، دارای توزیع مکانی یکنواخت نمی‌باشد، همسو است. نتایج نشان داد که در قسمت شمال و غرب دشت که عمدتاً خاک ظرفیت پایینی برای پتانسیل آب زیرزمینی و نفوذ آب دارد که با نتایج Akbarpoor و همکاران (۲۰۱۶) که بیان داشتند در قسمت‌های غرب و شمال غرب حوزه آبخیز بیرجند به دلیل صخره‌ای بودن و عمق کم خاک و شیب زیاد بوده خاک ظرفیت پایینی برای نفوذ آب دارد، مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که حدود ۷/۷۷ درصد از مساحت کل دشت معادل ۷۵۵/۵۴ کیلومترمربع دارای پتانسیل خوب آب زیرزمینی است. البته این امر قطعی نیست و عدم قطعیت‌هایی همواره در بررسی شرایط محیطی، انتخاب معیارها، جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات و در روش‌ها و تکنیک‌ها و فرآیند تحلیل وجود دارد؛ بنابراین بخش وسیعی از منطقه دارای وابستگی به منابع آب زیرزمینی خواهد بود. هم‌چنین ۱/۵۷، ۳۱/۷۱ و ۵۸/۹۸ درصد از اراضی دشت به ترتیب دارای استعداد خیلی ضعیف، ضعیف و متوسط برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی می‌باشند. هم‌چنین، بررسی وزن معیارها بر اساس روش سلسله مراتبی بیانگر آن است که بارندگی، فاصله از چاه و چشمه، کاربری اراضی و تراز آب زیرزمینی به‌عنوان تأثیرگذارترین معیارها در شناسایی مناطق مستعد پتانسیل آب زیرزمینی می‌باشند به‌طوری‌که پارامتر تراز آب زیرزمینی و بارش از مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تعیین مکان مناسب پتانسیل آب زیرزمینی است که در این پژوهش جز پارامترهای مهم معرفی‌شده است؛ که با نتایج Adiat و همکاران (۲۰۱۲)، مطابقت دارد. درنهایت برای اعتبارسنجی نقشه پتانسیل‌یابی آب‌های زیرزمینی در منطقه از منحنی ROC استفاده شد که نتیجه این منحنی نیز، حاکی از دقت زیاد این روش در تهیه‌ی نقشه‌ی پتانسیل آب زیرزمینی در محدوده‌ی مطالعاتی است. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌گرانی چون Rezaei Moghaddam و همکاران (۲۰۱۷) و Faraji Sabokbar و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی-فازی در مطالعات صورت گرفته، نشان می‌دهد مدل مذکور روشی انعطاف‌پذیر و مقرون‌به‌صرفه است و

ابزاری به‌منظور معرفی، انتخاب و وزن دهی شاخص‌ها در مطالعات مختلف به‌منظور بررسی‌های بیشتر محسوب می‌شود و در مقابل تصمیمات مدیریتی پیچیده کارآمد و مفید است. در تائید این مطلب Kheirkhah و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیقی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مکان‌یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی در منطقه نطنز استفاده نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسید که به‌کارگیری سامانه تصمیم‌گیری موجب تسهیل، کاهش هزینه و زمان و افزایش دقت در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی شده است. همچنین سامانه اطلاعات جغرافیایی یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در جهت ذخیره‌سازی، به‌روزرسانی، بازیافت و تحلیل اطلاعات متنوع است که در دهه‌های اخیر اهمیت بیشتری پیداکرده است. در سال‌های اخیر استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و ترکیب آن با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و فازی جهت به دست آوردن نتایج دقیق‌تر افزایش روزافزونی داشته و باعث شده تا نقش کلیدی در مطالعات پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی داشته باشد. باوجوداینکه شناسایی دقیق مکان‌های مناسب پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی بسیار سخت و پیچیده است؛ این مطالعه نشان داد که استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شناسایی این مکان‌های مناسب را با کم‌ترین امکانات امکان‌پذیر می‌کند که با یافته‌های Kheirkhah و همکاران (۲۰۱۴) هم‌خوانی دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق و با توجه به خشک بودن منطقه مورد مطالعه و فشار بیش‌ازحد بر روی منابع آب زیرزمینی این دشت، سناریوهای کاهش برداشت و راهکارهای لازم از قبیل تدابیری جهت اصلاح نظام آبیاری، روش‌هایی به‌منظور کاهش تبخیر و اصلاح نظام کشت و استحصال آب باران در این منطقه توصیه می‌گردد. هم‌چنین ازآنجایی‌که روش تحلیل سلسله مراتبی کاملاً منطبق بر نظرات کارشناسی است، لذا پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آتی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره دیگری نظیر تاپسیس، ویکور و... در دشت بم-نرماشیر استفاده گردد.

References

Abrishamchi, A., Fard, F. K. & Taghavi, A. (2020). Planning for groundwater sustainable use: A case study in Nishapur Plain, Iran. *Agricultural Water Management*, 229, 105835.

Adiat, K. A. N., Nawawi, M. N. M. & Abdullah, K. (2012). Assessing the accuracy of GIS-based elementary multi criteria decision analysis as a spatial prediction tool–a case of predicting potential zones of sustainable groundwater resources. *Journal of Hydrology*, 440, 75-89.

Akbarpoor, A., Khashei Siuki, A., Keshavarz, A. & Forooghifar, H. (2016). Determination of the Appropriate Sites to Rain Water Harvesting using Analysis Hierarchical Process (AHP). *Journal of Watershed Management Research*. 6 (12), 65-74. (In Persian).

Akobeng, A. K. (2007). Understanding diagnostic tests 3: receiver operating characteristic curves. *Acta paediatrica*, 96(5), 644-647.

Baharvand, S., Amiri Amraei, V. & Soori, S. (2020). Potential of Groundwater Resources Using Remote Sensing Methods, Geographic Information System and Fuzzy Hierarchy Case study: Khorramabad catchment area, *Journal of Geography and Development*. 60, 181-200. (In Persian)

Castillo, J. L., Martínez Cruz, D. A., Ramos Leal, J. A., Tuxpan Vargas, J., Rodríguez Tapia, S. A. & Marín Celestino, A. E. (2022). Delineation of groundwater

potential zones (GWPZs) in a semi-arid basin through remote sensing, GIS, and AHP approaches. *Water*, 14(13), 2138.

Chaudhry, A. K., Kumar, K. & Alam, M. A. (2019). Mapping of groundwater potential zones using the fuzzy analytic hierarchy process and geospatial technique. *Geocarto International*, 1-22.

Chung, C. J. F. & Fabbri, A. G. (1993). The representation of geoscience information for data integration. *Nonrenewable Resources*, 2(2), 122-139.

Dixon, B. (2005). Groundwater vulnerability mapping: a GIS and fuzzy rule based integrated tool. *Applied Geography*, 25(4), 327-347.

Duan, H., Deng, Z., Deng, F. & Wang, D. (2016). Assessment of groundwater potential based on multicriteria decision making model and decision tree algorithms. *Mathematical Problems in Engineering*. vol. 2016, Article ID 2064575. doi.org/10.1155/2016/2064575.

Eskandari, M., Homaee, M. & Mahmodi, S. (2012). An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area. *Waste management*, 32(8), 1528-1538.

Faraji Sabokbar, H. A., Nasiri, H., Hamze, M., Talebi, S. & Rafiei, Y. (2012). Identification of suitable areas for artificial groundwater recharge using integrated ANP and pair wise comparison methods in GIS environment, (Case study: Garbaygan Plain of Fasa). *Geography and Environmental Planning*. 22(4), 143-166. (In Persian)

Hashemi, M., Ghorbani, R. & Kavehai, B. (2004). ROC analysis for comparing medical diagnosis tests. *Scientific Journal of Semnan University of Medical Sciences*, 6(2), 145-150.

Jasmin, I. & Mallikarjuna, P. (2011). Satellite-based remote sensing and geographic information systems and their application in the assessment of groundwater potential, with particular reference to India. *Hydrogeology Journal*, 19(4), 729-740.

Jha, M. K., Kamii, Y. & Chikamori, K. (2009). Cost-effective approaches for sustainable groundwater management in alluvial aquifer systems. *Water resources management*, 23(2), 219.

Kasiri, Z, Habibnejad, M. & Roshan, S. (2020). Finding the potential of underground water resources based on geographic information system (GIS) and remote sensing (RS) using network analysis process (ANP) research sample: Naz Plain in Sari, *Geography and environmental p*lanning. 31(1), 103-120. (In Persian)

Kheirkhah, M., Naseri H. R., Dawoodi M. H. & Salami, H. (2017). Using Hierarchical Analysis Method for prioritizing suitable places for construction of underground Dam (Case Study: Northern Domain of Karkas-Natanz Mountains). *Journal of research and construction*. 79(1), 1-12. (In Persian)

Kheirkhah, M., Mohebi Tafreshi, GH, Majidi, A. & Asadian, F. (2014). Using Integration GIS and Remote Sensing Techniques by Decision Support System to Locate Suitable Areas construction of Underground Dam (The Case Study of Qazvin province). *Iranian Journal of Watershed Management Science*. 8 (26), 35-50. (In Persian).

Kumar, R. & Indrayan, A. (2011). Receiver operating characteristic (ROC) curve for medical researchers. *Indian pediatrics*, 48(4), 277-287.

Mahmudian, M. (2013). Groundwater hydraulics, Publications of Shahid Chamran University of Ahvaz. 2, 574. (In Persian)

Minh, H. V. T., Avtar, R., Kumar, P., Tran, D. Q., Ty, T. V., Behera, H. C. & Kurasaki, M. (2019). Groundwater Quality Assessment Using Fuzzy-AHP

in a Giang Province of Vietnam. *Geosciences*, 9(8), 330.

Monavari, M. M., Hassani, M., Farshchi, A. H. P. & Rossta, Z. (2012). Environmental effects of artificial recharge of aquifers in Yazd (Case Study: Yazd-Ardekan plain drainage basins*). Journal of Environmental Sciences and Technology*, 14(2), 27-36.

Murmu, P., Kumar, M., Lal, D., Sonker, I. & Singh, S. K. (2019). Delineation of groundwater potential zones using geospatial techniques and analytical hierarchy process in Dumka district, Jharkhand, India. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100239.

Musavi, S. J., Chitsazan, M, Mirzayi, Y. & Shaban, M. (2003). Integration of remote sensing and GIS for finding the potential of suitable areas for groundwater feeding (Case study: Kamestan anticline area), First National Conference on Geomatic, Tehran, April 21 (In Persian)

Oh, H. J., Kim, Y. S., Choi, J. K., Park, E. & Lee, S. (2011). GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang City, Korea. *Journal of Hydrology*, 399(3-4), 158-172.

Prasad, R. K., Mondal, N. C., Banerjee, P., Nandakumar, M. V. & Singh, V. S. (2008). Deciphering potential groundwater zone in hard rock through the application of GIS. *Environmental geology*, 55(3), 467-475.

Rahaman, M. H., Sajjad, H., Masroor, M., Bhuyan, N. & Rehman, S. (2022). Delineating groundwater potential zones using geospatial techniques and fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) ensemble in the data-scarce region: evidence from the lower Thoubal river watershed of Manipur, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(8), 677.

Rezaei Moghaddam, M. H., Rahimpour, T. & Nakhostinrouhi, M. (2017). Potential Detection of the Groundwater Resources Using Analytic Network Process in Geographic Information System (Case Study: Basins Leading to Tabriz Plain). *Iranian Journal of Eco Hydrology*. 3(3), 379-389. (In Persian).

Rezayi, M, Tahtani, M, Moghadamnia, A. & Abkar, A. (2013). Investigating the effectiveness of the statistical exponential microscale model in predicting precipitation in two arid and ultra-arid climates. *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries)*, 28(4), 836-845. (In Persian)

Sadeghi, B. & Khalajmasoumi, M. (2015). A futuristic review for evaluation of geothermal potentials using fuzzy logic and binary index overlay in GIS environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 818-831.

Sekar, I. & Randhir, T. O. (2007). Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems. *Journal of Hydrology*, 334(1-2), 39-52.

Shahbazi, E., Tahmasbipour, N., Zainiwand, H. & Haqizadeh, A. (2013). *Finding the potential of groundwater resources using the frequency ratio (RF) model*. First National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development, Tehran, Iran. January 1. (In Persian)

Soltani, A. (2017). Feasibility of areas prone to rainwater harvesting using hierarchical analysis in GIS environment (Case study: Khosroabad watershed, Sanghar city), *Rain catchment surface systems*. 5(2), 65-76.

Soori, S., Baharvand, S. & Amiri, V. (2017). Delineation of groundwater potential using AHP-Fuzzy (A Case Study: Romeshgan plain). *Scientific Research Journal of Environmental Geology*, 11(40), 11-26. (In Persian)

Testa, S., Soudani, K., Boschetti, L. & Mondino, E. B. (2018). MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests. *International journal*

of applied earth observation and geoinformation, 64, 132-144.

Zadeh, L. A. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, (1), 28-44.

Integrated Watershed Management, spring, 2023, 3(1), 38-53 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.2001343.1074 **Online ISSN: 2783-4581**

Analyzing dimensions of integrity in the concept of Integrated Watershed Management in Iran

Mehdi Biniaz [1], Ehsan Tamassoki [2]*

1. Assisstant Proferssor in Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2. PhD. of Watershed Management Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

***Corresponding Author:** ehsantamasoki@yahoo.com

(Received: 03 May 2023 Revised: 06 June 2023 Accepted: 14 June 2023)

Extended Abstract

Introduction: Nowadays, the approach of integrated watershed management (IWM) has been widely accepted as a reference and reliable model by scientific experts, executive managers, policymakers, and planners in the country. Generally, the land area of Iran is surrounded by a range of natural, climatic, and social hazards related to watershed areas. Despite the importance of this reference model for planning and organizing watershed areas, this approach is often subject to personal preferences due to the lack of a comprehensive and widely accepted definition at the macro level, which results in managers and planners not being responsive. In this regard, the present study focuses on a critical analysis of the hidden challenges in the approach of IWM and provides policy recommendations and practical suggestions for IWM in Iran.

Materials and methods: In this study, two tasks were performed to examine and explain the comprehensiveness dimensions. In the first stage, resources related to studies on natural resources and watershed management in the country were reviewed. In this stage, the targeted resources were examined using the term "integrated" and the words, terms, and concepts associated with this term. The result of this review was the determination and identification of six keywords and concepts related to the term "integrated". In the next stage, these six factors and keywords were used as six diagnostic and identification codes for examining watershed management plans and IWM. The focus was on determining the presence or absence of these keywords and terms in the implemented watershed management plans. The objective was to determine whether these six key words and theoretical concepts identified in the first stage have been employed in the practical implementation of the IWM plans. This was accomplished through content analysis of implemented watershed management plans in various regions of the country.

Results and Discussion: In this study, corresponding to the six dimensions of comprehensiveness in the concept of IWM in Iran, six policy recommendations and implementation proposals have been presented. This research suggests that the executive responsibility for integrated management should be entrusted to the Natural Resources and Watershed Management Organization of the country in coordination with other relevant organizations. This organization, if legal barriers are removed and policy-making streams are aligned, will be able to fulfill its main intrinsic duty, which is the management of the country's watersheds. Regarding the components of ecosystem stakeholders, this study emphasizes that the stakeholders should include all ecosystem stakeholders since any form of anthropocentrism jeopardizes the sustainability of ecosystems. In terms of the dimension of interconnectedness of natural boundaries, the results of this study emphasize the importance of interconnectedness in terms of perspectives, planning, and policy-making. In other words, political boundaries at the county, provincial, and international levels pose increasing challenges to IWM. Hence, bridging the gaps and achieving interconnectedness in terms of intra-county and intra-provincial boundaries can be achieved through organizational coherence and defining the responsibilities of organizations based on the natural boundaries of watersheds. As for international boundaries, it requires strengthening diplomacy and reaching regional agreements and treaties. Regarding the elements that should be considered in the comprehensive management approach by planners and executive managers, it can be stated that these elements should include all the components present in ecosystems, including water, soil, and vegetation cover.

Conclusion: The findings of this study indicate the possibility of employing integrated, cohesive, and coordinated management in the natural environments of Iran as a suitable, precise, scientific, and systematic guideline. The recommendations and proposals of this research can lead to interconnectedness, comprehensive perspectives, organizational coherence, coordination among decision-making bodies, enhancement of policy and legal effectiveness, community satisfaction, alignment of activities between planners and watershed residents, and ultimately, improvement in social responsibility and widespread participation of stakeholders in watershed management. Implementing the recommendations provided in this study in future plans and projects can contribute to improving the environmental conditions of watershed inhabitants and ensuring the sustainability of natural ecosystems by addressing the existing challenges.

Keywords: Watershed management, natural resources, integrated management, policymaking, integration

Citation: Biniaz, M. & Tamassoki, E. (2023). Analyzing dimensions of integrity in the concept of Integrated Watershed Management in Iran. *Integrated Watershed Management*, 3(1), 38-53. doi: 10.22034/iwm.2023.2001343.1074

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 سوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات (۵۳-۳۸) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.2001343.1074

واکاوی ابعاد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایران

مهدی بی‌نیاز [۱]، احسان تمسکی [۲*]

۱- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

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

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴)

چکیده

امروزه رویکرد مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به‌عنوان الگویی مرجع و قابل استناد موردپذیرش خبرگان علمی، مدیران اجرایی، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور قرارگرفته است. از دیدگاه بسیاری از خبرگان و کارشناسان منابع طبیعی و محیط‌زیست محدودهٔ سرزمینی ایران در محاصرهٔ مجموعه مخاطرات طبیعی، اقلیمی و اجتماعی مرتبط با حوزه‌های آبخیز است. در شرایطی که هر یک از این مخاطرات به‌تنهایی می‌توانند موجب بروز بحران‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی شوند، تحلیلی اکتشافی و ارائهٔ توصیه‌های سیاستی و اجرایی جهت مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایران به‌عنوان مهم‌ترین واحد مدیریتی پذیرفته‌شده در طبیعت اهمیت دارد. پرداختن به ابعاد جامعیت و چالش‌های رویکرد مدیریت جامع ازآن‌رو ضرورت دارد که بدون رفع این چالش‌ها، دسترسی به مدیریت یکپارچه و جامع حوزه‌های آبخیز میسر نخواهد بود. در این پژوهش که ازنظر هدف، بنیادی و ازلحاظ ماهیت و روش توصیفی - تحلیلی است، پس از بررسی منابع کتابخانه‌ای مرتبط با مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در ایران، شش بُعد جامعیت شامل انسجام سازمانی، به‌هم‌پیوستگی مرزهای طبیعی، یکپارچگی قوانین و مقررات، عناصر مورد مدیریت، عوامل موردبررسی و اجزاء بوم‌سازگان احصاء شد، پس از ارزیابی ابعاد فوق با استفاده از روش دلفی فازی و تأیید توسط خبرگان، تحلیل محتوای ۵۸ طرح آبخیزداری و مدیریت حوزه‌های آبخیز انجام شد و درنهایت توصیه‌های سیاستی ارائه شد. به‌کارگیری توصیه‌های ارائه‌شده می‌تواند موجب به‌هم‌پیوستگی، انسجام مدیریتی، دید همه‌جانبه، هماهنگی نهادهای تصمیم گیر، ارتقای اثربخشی سیاست‌ها و قوانین، رضایت اهالی، هم‌گرایی فعالیت‌های برنامه‌ریزان و آبخیزنشینان و درنهایت بهبود مسئولیت اجتماعی و مشارکت گستردهٔ گرودارن در مدیریت حوزه‌های آبخیز شود.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، منابع طبیعی، مدیریت جامع، سیاست‌گذاری، یکپارچگی.

استناد: بی‌نیاز، م؛ و تمسکی، ا. (۱۴۰۲). واکاوی ابعاد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایران. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۳(۱)، ۵۳-۳۸.

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

با توجه به فراوانی و تشدید بحران‌ها و نابسامانی‌هایی نظیر فرسایش خاک (Arabkhedri *et al.*, 2018)، نابودی مراتع (hajarian, 2022)، تغییرات سطح جنگل‌ها (Mirakhorlou & Akhavan, 2017)، خشک‌سالی و تغییرات پوشش گیاهی (Tamassoki *et al.*, 2014)، خشکی دریاچه‌ها و مشکل تخصیص حقابه‌ی محیط‌زیستی (Moghaddasi *et al.*, 2019)، بحران آب (Rahpou *et al*, 2018) و تشدید طوفان‌های گردوغبار در مناطق مختلف کشور (Tamassoki *et al.*, 2022) امروزه متخصصان، محققان و کارشناسان حوزه منابع طبیعی و محیط‌زیست بر لزوم دستیابی به الگویی کاربردی در مدیریت حوزه‌های آبخیز تأکید دارند (MohseniSaravi & Mortezaii Frizhandi, 2015). ازآنجاکه پایداری منابع طبیعی مستلزم به‌کارگیری رویکردهای جامع مدیریتی است (Athari, *et al*, 2016)، تاکنون رویکردهای مدیریتی مختلفی چون مدیریت سیستمی[1]، مدیریت مشارکتی[2]، مدیریت یکپارچه منابع آب[3] و مدیریت جامع حوزه آبخیز[4] با توجه به تجربه‌های بین‌المللی پیشنهاد شده است (Esmali & Abdollahi, 2011). دراین‌بین، رویکرد مدیریت جامع یکی از رویکردهای مدیریتی قابل‌اتکاست که به‌خصوص بعد از سال ۲۰۰۰ موردتوجه جامعهٔ جهانی قرارگرفته است (McDuff *et al.*, 2008; Sadeghi *et al.*, 2021). این رویکرد در دهه ۷۰ میلادی توسط سازمان‌های بین‌المللی چون فائو توسعه داده شد و هدف آن انسان‌محوری[5] در روند توسعه، حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی و محیط زیست (Esmali & Abdollahi, 2011)، و هم‌چنین توسعه‌ی معیشت پایدار روستایی با مشارکت همه گرودارن[6] است (Galewski, 2010).

در ارتباط با رویکرد مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز تاکنون طرح‌ها و پژوهش‌های متعددی انجام‌شده است، اغلب این پژوهش‌ها جنبه فنی - مهندسی داشته‌اند و در مواردی نیز به مفهوم این رویکرد پرداخته‌شده است. Kazemi و همکاران (1999) با استفاده از روش دلفی به طراحی مدل علیتی نظام مدیریت جامع توسعه پایدار منابع طبیعی در حوزه آبخیز حبله‌رود در قالب ۱۷ سیاست راهبردی، ۱۱ مؤلفه اصلی و ۴۷ معیار پرداختند. با توجه به اهمیت اتخاذ رویکرد مدیریت جامع در توسعهٔ پایدار منابع آبخیزهای کشور، طرح ملی مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در اولویت کمیسیون کشاورزی، آب و منابع طبیعی شورای عالی عتف[7] قرار گرفت و در ۲۱ خرداد ۱۳۹۱ به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌عنوان مجری محوری ابلاغ شد (Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2012). این طرح که با هدف برنامه‌ریزی جامع و هماهنگ منابع در حوزه آبخیز و رسیدن به پایداری بوم‌سازگان تهیه‌شده است هم‌اکنون در ۳۳ حوزه آبخیز کشور در حال اجرا است (Islamic Republic News Agency, 2018). Hazbavi و Sadeghi (2016, 2016, 2017) ، در مقاله‌های سه‌گانه‌ای به معرفی سه مدل مفهومی مرتبط با سلامت آبخیز پرداختند، این پژوهش‌ها ضمن تشریح مدل‌های RRV[8]، PSR[9] و VOR[10] در ارزیابی سلامت آبخیز بیان می‌کنند که به‌کارگیری و ترویج مدل‌های فوق به‌عنوان رویکردهای

1. System management
2. Participatory Management
3. Integrated Water Resources Management
4. Integrated Watershed Management
5. Anthropocentrism

6. Stakeholders
7. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
8. Reliability, Resilience and Vulnerability
9. Pressure, State and Response
10. Vigor, Organization and Resilience

بی‌نیاز و تمسکی

جامع می‌تواند به اتخاذ بهترین اقدامات مدیریتی در حوزه‌های آبخیز منجر شود. Athari و همکاران (2016) با روش نمونه‌گیری تصادفی به تبیین الگوی مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز کشور پرداختند، نتایج این پژوهش نشان داد که برای سامان‌بخشی به وضعیت حوزه‌های آبخیز بایستی به سازوکارهای هماهنگی بین سازمان‌های مسئول، انسجام درون‌سازمانی و برون‌سازمانی و مشارکت بخش خصوصی، تعاونی‌ها و سازمان‌های مردم‌نهاد توجه شود. Baniasad و Palouj (2020)، با به‌کارگیری روش تحلیلی نظریه داده بنیاد و مصاحبه با کارشناسان به طراحی مدل حکمرانی مطلوب در حوزه آبخیز ارزوئیه پرداختند، از مهم‌ترین نتایج و پیشنهادهای این الگو می‌توان به تدوین چیدمان نهادی مناسب در سطح حوزه آبخیز، یکپارچه‌سازی مدیریت از سطح کلان تا سطح حوزه، واگذاری مدیریت به گرودارن در سطح حوزه آبخیز، مشارکت گرودارن در نظارت و اجرا و تأکید بر اصلاح قوانین و نظام حقوقی اشاره کرد. Sadeghi و همکاران (2021) ، با استفاده از تحلیل راهبردی مبتنی بر مشکلات به ارائۀ الگوی مدیریت جامع حوزه آبخیز برارود در استان مازندران پرداختند، نتایج نشان داد که بهترین راهبرد در حوزه آبخیز، راهبرد تقویت حس رضایت‌مندی ساکنین است. Karimi و Talebi (2022) با بررسی مقایسه‌ای و تشریح برنامه‌ها و اهداف رویکردهای مدیریت جامع اراضی[11] و مدیریت جامع آبخیز، جهت رهایی از بحران‌های فعلی حوزه‌های آبخیز و هم‌چنین توسعه، حفظ و احیای بوم‌سازگان‌ها اجرای مدیریت جامع آبخیز را با ساختار و چهارچوبی منسجم پیشنهاد دادند.

باوجودی که امروزه مدیریت جامع به‌عنوان یک الگوی مرجع و قابل استناد برای برنامه‌ریزی و سامان‌دهی حوزه‌های آبخیز مطرح‌شده است (Athari *et al.*, 2017; MohseniSaravi & MortezaiiFrizhandi, 2015)، به دلیل عدم وجود تعریفی جامع و موردقبول در سطح کلان، عموماً دچار اعمال سلیقه‌های شخصی و درنهایت عدم پاسخ‌گویی مدیران و برنامه‌ریزان شده است (Gregersen *et al.*, 2009) و اغلب طرح‌های آبخیزداری و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در ایران با چالش‌های متعددی روبه‌رو هستند و علیرغم صرف اعتبارات، با موفقیت چشم‌گیری همراه نبوده‌اند (Sadoddin *et al.*, 2016). رفع نقاط ابهام و پرداختن به چالش‌های رویکرد مدیریت جامع ازآن‌رو ضرورت دارد که بدون رفع این چالش‌ها، مدیریتی یکپارچه و جامع در حوزه‌های آبخیز حاصل نخواهد شد.

مدیریت جامع حوزه آبخیز از موضوعات بااهمیتی است که از نگاه کارشناسان و دست‌اندرکاران دارای جایگاه ویژه‌ای در رسیدن به توسعه پایدار منابع طبیعی است و مؤثرترین و اساسی‌ترین راه‌حل و رویکرد برای مواجهه با پدیده‌های طبیعی و بحران‌های محیط‌زیستی به شمار می‌آید. بدیهی است که اجرای درست و کامل این موضوع نتایج برجسته‌ای نظیر حفظ منابع پایه آب‌وخاک، کاهش خطر وقوع رویدادهای بحران‌ساز نظیر سیل و تأمین معیشت پایدار را به دنبال دارد. نظر به موارد گفته‌شده و بنا به اهمیت فراوان این موضوع، بررسی ابعاد مدیریت جامع حوزه آبخیز مهم و ضروری خواهد بود. ازاین‌رو، پژوهش حاضر به واکاوی مفهوم مدیریت جامع حوزه آبخیز پرداخته و تحلیلی از پیش‌نیازهای هویت پذیری مفهوم «مدیریت جامع حوزه آبخیز» ارائه می‌دهد. درواقع، این پژوهش در جستجوی آن است که ابعاد، عوامل و فاکتورهای مؤثر بر اطلاق عنوان «مدیریت جامع حوزه آبخیز» را بررسی و تبیین نماید و مشخص کند آیا در اجرای عملی این

1. Integrated Land Management

چهارچوب، مبانیِ نظری و پیش‌نیازهای منطقیِ آن موردتوجه قرارگرفته است؟ برای این منظور، توجه به معنی و مفهوم اصطلاح «مدیریت جامع حوزه آبخیز» و واژه‌های به‌کاررفته در آن بسیار بااهمیت است. بررسی اجمالی این اصطلاح نشان می‌دهد که واژه کلیدی آن، واژه «جامع» است. درواقع، می‌توان گفت جدای از مفهوم و تعریف سه واژه دیگر، بار معنایی این اصطلاح بر دوش واژه کلیدی «جامع» است. ازاین‌رو، بررسی ابعاد و جزئیات مفهومی و محتوایی واژه «جامع» نقطه تمرکز پژوهش حاضر به شمار می‌رود. به نظر می‌رسد طرح‌های آبخیزداری و مدیریت جامع حوزه آبخیز به دلایلی که در پژوهش حاضر آمده است دارای اِشکال ناشی از عدم توجه به تمام ابعادِ دربرگیرنده جامع بودن (جامعیت) که محور اصطلاح مدیریت جامع حوزه آبخیز است خواهند بود و طبیعی است به همین دلیل و باوجود مناسب بودن عنوان ظاهری اصطلاح، این خلل ایجادشده در مفهوم اصطلاح به‌واسطه خلأ در واژه «جامع»، این طرح‌ها را در عمل (به‌کارگیری) به‌منظور مدیریت حوزه‌های آبخیز دچار مشکل کرده و بنابراین انتظار دست‌یابی به نتیجه مناسب و ایده‌آل برای این مدیریت و اجرای این طرح‌ها چندان منطقی به نظر نمی‌رسد. در این راستا پژوهش حاضر با احصاء ابعاد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به تحلیل محتوای طرح‌های آبخیزداری و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و ارائهٔ توصیه‌های سیاستی و پیشنهادهای اجرایی جهت نیل به هدف جامعیت می‌پردازد.

مبانی نظری

شالوده‌ی اصلی مدیریت منابع طبیعی مدل‌های مفهومی هستند (Sadeghi *et al.*, 2021). رویکرد مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به‌مثابه مدلی مفهومی جزء حساس‌ترین و درعین‌حال پیچیده‌ترین شکل‌های مدیریت منابع طبیعی قلمداد می‌شود (Athari *et al.*, 2016). به‌طورکلی مدیریت حوزه آبخیز نیازمند تصمیم‌گیری آینده‌نگر با رویکرد جامع است (Sadoddin *et al.*, 2018) و تهیه یک برنامه مدیریت جامع حوزه آبخیز دربرگیرنده‌ی اصول پیچیده و مبهمی ازجمله رویکرد جامع‌نگر[12]، تصمیم‌گیری جمعی[13]، فرآیند باز[14] و فرآیند برنامه‌ریزی[15]است (MohseniSaravi & MortezaiiFrizhandi, 2015). به‌کارگیری رویکرد جامع‌نگر در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، نقش‌آفرینان مختلف را قادر می‌سازد که ضمن حفاظت از رشد اقتصادی پایدار، زمینهٔ یکپارچگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی بوم‌سازگان‌ها را فراهم کنند (Council, 1999). از سویی دیگر نیروی محرکهٔ اصلی در مدیریت جامع آبخیز از درک این موضوع ناشی می‌شود که دانش باید با برنامه‌ریزی مرتبط باشد و تصمیم‌گیری باید بر اساس مشارکت گستردهٔ گروداران اصلی در آبخیز شامل بهره‌برداران و جوامع محلی، نهادهای سیاست‌گذاری و سازمان‌های اجرایی باشد (Kazemi *et al.*, 2006; Shisanya, 2018).

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع اکتشافی است. در مواردی که هدف پژوهش، کسب آگاهی‌های منظم و صحیح دربارهٔ پدیده‌ها و مفاهیم است، مطالعه بُعد اکتشافی پیدا می‌کند (Tamassoki *et al.*, 2022). پژوهش حاضر ازنظر هدف، بنیادی و ازلحاظ ماهیت و روش، توصیفی - تحلیلی است. پژوهش‌های توصیفی در بَعد بنیادی به کشف واقعیت‌های جهان خلقت می‌انجامند (Hafeznia, 2022). هم‌چنین شیوه‌ی کیفی که این پژوهش بر مبنای آن انجام‌گرفته است به‌طور گسترده در رشته‌های علوم اجتماعی

1. Holistic
2. Collective decision making
3. Open Process
4. Planning Process

کاربرد دارد (Grinnell et al., 2005) و به فرآیندی اشاره می‌کند که شامل سازمان‌دهی داده‌ها، تدوین موضوعات و تفسیر و نوشتن گزارش است.

در این پژوهش در **گام نخست** پس از بررسی منابع کتابخانه‌ای، قوانین و اسناد بالادستی و پژوهش‌های مرتبط با مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (جدول ۱) شش بُعد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز شامل انسجام سازمانی، به‌هم‌پیوستگی مرزهای طبیعی، یکپارچگی قوانین و مقررات، عناصر مورد مدیریت، عوامل موردبررسی و اجزاء بوم‌سازگان احصاء شد (شکل ۱). ابعاد احصاء-شده جهت ارزیابی (تأیید یا عدم‌تأیید) در قالب پرسش‌نامه تدوین شد و با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی[16] (Jalali, 2013) برای ۲۳ نفر از خبرگان در بخش‌های دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و دستگاه‌های اجرایی ارسال شد. ازآنجاکه ابعاد احصاءشده کلان بودند و استفاده از متغیرهایی با ارزش‌های قطعی در این موارد کارا نیست؛ ابعاد احصاءشده از طریق متغیرهای کیفی به سمع و نظر خبرگان رسید و هر یک از ابعاد با تعریف دامنه‌ی متغیرهای کیفی به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای درآمدند (Montazer and Jafari, 2008)، سپس مقدار فاز زدایی شده[17] (s) هر بُعد با حد آستانه‌ای (r) مقایسه شد که بر اساس میانگین طیف پرسش‌نامه به‌دست‌آمده بود؛ بنابراین دو حالت ایجاد شد:

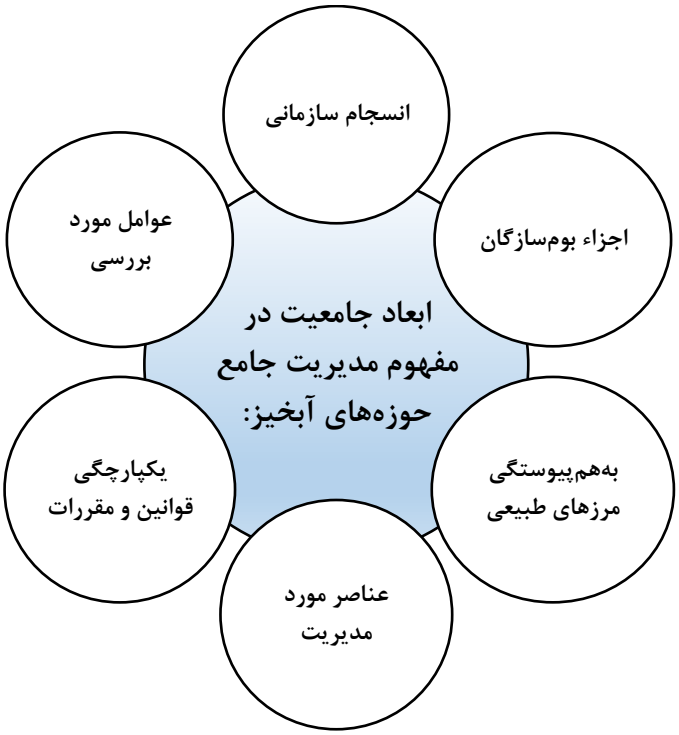
- اگر $S_j \geq r$ باشد به این مفهوم است که بُعد jام از اهمیت بالایی برخوردار است و مورد تأیید خبرگان قرارگرفته است.
- اگر $S_j < r$ باشد به این مفهوم است که بُعد jام از اهمیت کمی برخوردار است و به همین علت این مسئله را می‌توان حذف کرد (Chang et al., 2011).

نتایج تائید و یا عدم تائید هر یک از ابعاد احصاءشده که برآمده از تحلیل دلفی فازی است نشان داد که هر شش بُعد احصاءشده، مورد تائید خبرگان قرارگرفته است.

در **گام دوم** جهت تحلیل ابعاد جامعیت در ۵۸ طرح آبخیزداری و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در بازه‌ی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۰ از روش تحلیل محتوا (Zeighami et al., 2008)، استفاده شد. بدین منظور با تمرکز بر ابعاد احصاءشده و تعریف شش کُد اصلی (جدول ۲)، کدهای فرعی متون موردمطالعه مشخص شد و با طبقه‌بندی کُدهایی که ارتباط معناداری با یکدیگر داشتند، کدهای محوری استخراج گردید، درنهایت با تعیین کدهای هسته‌ای و تحلیل آن‌ها نتایج نهایی تحقیق ارائه شد. هم‌چنین به‌منظور اطمینان از مقبولیت و عینیت نتایج، یافته‌ها مورد بازنگری چندین‌باره قرار گرفتند. درنهایت مفاهیم و یافته‌ها در قالب شش بُعد کلان مفهومی تشریح شدند و در ارتباط با هر یک توصیه‌های سیاستی و پیشنهادهای اجرایی ارائه گردید.

1. Snowball sampling

2. منظور تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی است.



شکل ۱- شش بعد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

Figure 1- Six dimensions of integrity in the concept of Integrated Watershed Management

جدول ۱- مراجع مورد استفاده جهت احصاء ابعاد جامعیت

Table 1- Resources used to calculate dimensions of integrity

عنوان	آدرس اینترنتی
وبگاه ملی اطلاع‌رسانی قوانین و مقررات کشور	https://dotic.ir
سامانهٔ ملی قوانین و مقررات	http://qavanin.ir/
کتابخانه، موزه و مرکز اسناد مجلس شورای اسلامی	https://www.ical.ir/
وبگاه اطلاعات علمی ایران	https://ganj.irandoc.ac.ir/
وبگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی	www.sid.ir
وبگاه طرح کلان ملی مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز کشور	http://watershedmg.ir/
وبگاه مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی	https://rc.majlis.ir/
بانک اطلاعات نشریات کشور	https://www.magiran.com/
پرتال جامع علوم انسانی	http://ensani.ir/fa
وبگاه سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور	https://frw.ir/
وبگاه وزارت جهاد کشاورزی	https://www.maj.ir/
وبگاه سازمان حفاظت محیط‌زیست	https://www.doe.ir/
وبگاه وزارت نیرو	https://moe.gov.ir/

بی‌نیاز و تمسکی

جدول ۲- کدهای اصلی و فرعی تعریف‌شده جهت تحلیل محتوای طرح‌های آبخیزداری و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز
Table 2- Main and subcodes defined to analyze the content of Watershed management plans and IMW

عنوان	انسجام سازمانی			به‌هم‌پیوستگی مرزهای طبیعی			یکپارچگی قوانین و مقررات		عناصر مورد مدیریت			عوامل موردبررسی				اجزاء بوم‌سازگان		
کُد اصلی	A			B			C		D			E				F		
کُد فرعی	A3	A2	A1	B3	B2	B1	C2	C1	D3	D2	D1	E4	E3	E2	E1	F3	F2	F1
عنوان	اداره	سازمان	وزارتخانه	شهرستان	استان	برون مرزی	قانون	مصوبه	پوشش گیاهی	خاک	آب	فرهنگی	اجتماعی	اقتصادی	محیطی	مناطق حفاظت شده	حیات وحش	انسان

نتایج

نتایج حاصل از تحلیل دلفیِ فازی (جدول ۳) نشان می‌دهد که همهٔ ابعاد احصاءشده مورد تأیید خبرگان قرارگرفته‌اند، اما به لحاظ درصد اجماع بیشترین توافق مربوط به بُعد «یکپارچگی قوانین و مقررات» و کمترین توافق مربوط به بُعد «عوامل موردبررسی» است. به لحاظ اولویت‌بندی نیز بُعدهای «انسجام سازمانی» و «یکپارچگی قوانین و مقررات» به ترتیب در اولویت‌های اول و دوم قرارگرفته‌اند و بُعدهای «عناصر مورد مدیریت» و «اجزاء بوم‌سازگان» در اولویت‌های پنجم و ششم قرارگرفته‌اند.

جدول ۳- نتایج تحلیل دلفی فازی
Table 3- Results of fuzzy Delphi analysis

ابعاد جامعیت	وضعیت تأیید	درصد اجماع	اولویت‌بندی
انسجام سازمانی	تأییدشده	69.56	1
اجزاء بوم‌سازگان	تأییدشده	56.52	6
به‌هم‌پیوستگی مرزهای طبیعی	تأییدشده	65.21	3
عناصر مورد مدیریت	تأییدشده	60.86	5
یکپارچگی قوانین و مقررات	تأییدشده	73.91	2
عوامل موردبررسی	تأییدشده	52.17	4

واکاوی ابعاد جامعیت

بر پایهٔ بررسی‌های صورت گرفته به نظر می‌رسد که همه طرح‌های اجراشده دارای نقص (نادیده انگاری) در یک، دو و یا حتی هر شش فاکتور کلیدیِ پوشش‌دهنده مفهوم «جامع بودن» هستند و اصطلاحاً مفهوم کلان «جامعیت» که در شکل نظری در عنوان «مدیریت جامع حوزه آبخیز» وجود دارد در بخش عملی و اجرای طرح از مفهوم کلیدی جامع بودن و جامعیت فاصله گرفته و اصطلاح «مدیریت جامع حوزه آبخیز» را دچار نقص و اشکال جدی کرده است. عدم دست‌یابی به نتایج برجسته اجرای این طرح‌های بسیار کلان و پراهمیت به‌واسطه همین اشکال جدی اشاره‌شده در

واژه «جامع» بسیار بدیهی خواهد بود. ازاین‌رو، بازنگری و موشکافی دقیق اصطلاح فوق و توجه به این الزام شش‌گانه کلیدی در مفهوم «مدیریت جامع حوزه آبخیز» بسیار ضروری است. در غیر این صورت، حتی با صرف زمان، هزینه و امکانات زیاد برای اجرای این طرح‌های بسیار بااهمیت، انتظار برخورداری از دستاوردهای بسیار مناسب این طرح‌ها برای حوزه‌های آبخیز، منابع طبیعی و محیط‌زیست و به‌طورکلی کشورمان غیرمنطقی خواهد بود. پیشنهاد می‌گردد این مهم، سرلوحه کار، تلاش و برنامه‌ریزی همه کارشناسان، پژوهش‌گران، دست‌اندکاران و مدیران حوزه‌های آبخیز در کشور قرار گیرد. در ادامه به شرح و بسط هریک از شش چالش احصاءشده این پژوهش به‌عنوان ابعاد جامعیت در مفهوم «مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایران» پرداخته می‌شود.

انسجام سازمانی

امروزه حوزه‌های آبخیز با مسائل مختلفی ازجمله سازمان‌دهی ضعیف در بخش‌های دولتی و فقدان ساختارهای مدیریتی مناسب مواجه هستند (Beiranvandi *et al*., 2022). در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز یک سردرگمی و چالش نهادی مشاهده می‌شود به شکلی که به ظاهر متولی اصلی، هماهنگ‌کننده و تصمیم‌گیر در حوزه آبخیز سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری است، درحالی‌که عملاً بهره‌برداری از آب حوزه آبخیز به وزارت نیرو واگذارشده است (Tatar *et al*., 2018). مصوبه هیئت‌وزیران در ارتباط با «تشکیل ستادی به‌منظور هماهنگی و اجرایی نمودن برنامه جامع مدیریت حوزه آبخیز دریاچه ارومیه» در تاریخ ۱۵ فروردین ۱۳۸۹ تاییدی بر این ادعاست. از متن این مصوبه این‌گونه برمی‌آید که درحالی‌که سازمان‌های اصلی مورداشاره مصوبه فوق در ابتدا وزارت نیرو و پس‌ازآن وزارت کشاورزی، استانداری‌ها، شرکت‌های آب منطقه‌ای و سازمان حفاظت محیط‌زیست است، اشاره‌ای به سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری نشده است. چیدمان نهادی نامناسب در مدیریت حوزه آبخیز در شرایطی که اهداف و برنامه‌های دو وزارتخانه نیرو و جهاد کشاورزی متفاوت است (Baniasadi & Palouj, 2020) موجب خلل در یکپارچگی مدیریت حوزه آبخیز شده است.

اجزاء بوم‌سازگان

تنوع حیات‌وحش و حضور بالقوه موجودات در بوم‌سازگان نه‌تنها بر ثبات و تعادل شرایط حاکم بر سامانه اثرگذار است بلکه یکی از معیارهای مهم سلامت حوزه آبخیز به شمار می‌رود (Todd, 1999). تحلیل محتوای طرح‌های مربوط به مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز نشان می‌دهد که در این طرح‌ها به مناطق حفاظت‌شده و حیات‌وحش توجه اندکی شده است و غالباً نادیده گرفته‌شده‌اند. درواقع در مفهوم مدیریت جامع گویی نوعی انسان‌گرایی مستتر است به‌گونه‌ای که سهم سایر اجزاء و گونه‌های طبیعت ناچیز قلمداد می‌شود درحالی‌که رابطه‌ی انسان با طبیعت باید مبتنی بر حفظ حریم و حقوق سایر موجودات (Ghalandarian *et al*., 2016) و توجه به تمام باشندگان بوم‌سازگان (Tamassoki & Kolahi, 2023) باشد. انسان از اجزای طبیعت است، نه بیرون از آن و یا فوق آن؛ و همهٔ موجودات جهت زندگی، شکوفایی و رشد باید از حقوق برخوردار باشند (Eltyaminia & Hosani, 2015). درواقع تقلیل اجزاء و محدودیت‌هایی از این قبیل در هر راهبرد مدیریتی ازجمله در راهبرد مدیریت جامع حوزه آبخیز می‌تواند جامع بودن مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز را مخدوش کند.

به‌هم‌پیوستگی مرزهای طبیعی

درحالی‌که حوزه آبخیز، به‌عنوان واحد بهینهٔ سازمان‌دهی استراتژی‌های یکپارچه جهت رسیدگی به چالش‌های پیچیده به رسمیت شناخته‌شده است، چالش‌های پیچیده مدیریت یکپارچهٔ حوزه آبخیز در سراسر مرزهای سیاسی و اداری گسترش‌یافته است (Kraff & Steinman, 2018). چالش‌های مدیریتی مذکور به ترتیب شامل سه بخش می‌شود، نخست چالش در مورد ازهم‌گسستگی مرز حوزه در محدوده‌ی شهرستان، اینکه اگر بخشی از حوزه آبخیز در محدودهٔ یک شهرستان و بخش دیگر در محدودهٔ شهرستان دیگر بود، متولی و سازمان مسئول مدیریت جامع با کدام فرآیند و دستورالعمل مشخص می‌شود، این مشکل در مراتب بعدی در محدوده‌ی استان و نیز مرزهای بین‌المللی نیز وجود دارد و چه‌بسا موجب بروز مشکلاتی در ابعاد بین‌المللی می‌شود. در ارتباط با محدوده‌های استانی و شهرستانی می‌توان به رقابت بین دو استان هم‌جوار ایلام و کرمانشاه بر سر بهره‌برداری و نگهداری از شبکه در حوزه آبخیز گاوشان اشاره کرد (Tatar *et al*., 2018). درزمینه‌ی مناقشات مربوط به چالش به‌هم‌پیوستگی و گسست مرزهای بین‌المللی به‌عنوان نمونه می‌توان به حوزه‌های فرامرزی هامون هیرمند و هریرود اشاره کرد. هلمندِ سرچشمه گرفته از افغانستان، پس از عبور از مرز، به هامون ایران می‌ریزد (Khalili & Hashemi, 2018)، بهره‌برداری و توسعهٔ سدهای کجکی، دهلا (Tohidi & Keykhosravi, 2019) و کمال‌خان در بالادست (Aram, 2022)، جریان ورودی به ایران را کم و دریاچهٔ هامون را خشک کرده است و موجب کاهش ۸۰۰ میلیون مترمکعبی آب در سال شده است (Hajihoseini *et al*, 2015). میزان حقآبهٔ ایران از رودخانه هریرود نیز که بین سه کشور افغانستان، ایران و ترکمنستان مشترک است، ازجمله چالش‌های مهم مرزی در شرق ایران به شمار می‌رود. در بالادست سد دوستی، کشور افغانستان اقدام به احداث سد سلما کرده است که با بهره‌برداری از این سد، ورودی سد دوستی کاهش ۴۹ درصدی داشته است (Moshfegh & Attari, 2018). در مورد حوزه‌های آبخیز مشترک بین استانی و شهرستانی نیز تعدد مراکز تصمیم‌گیری (Athari *et al.*, 2017) مدیریت جامع را دچار خدشه کرده است.

عناصر مورد مدیریت

در یک حوزه آبخیز عناصر متعدد و متنوعی دخیل هستند. مدیریت این عناصر نیازمند مدیریتی یکپارچه و جامع است که تمامی جوانب را در نظر بگیرد (Esmali & Abdollahi, 2011). مطالعه و بررسی طرح‌های آبخیزداری و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز نشان می‌دهد که در این طرح‌ها عمدتاً مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز با مدیریت یکپارچهٔ منابع آب مترادف شده است و تمرکز اصلی در طرح‌های مذکور بر مفهوم، ماهیت و کارکرد «آب» است. هدف اصلی در رویکرد مدیریت یکپارچهٔ منابع آب، حفظ و ارتقای وضعیت منابع آب برای استفادهٔ نسل‌های آینده است (Pahl-Wostl, 2007)، درحالی‌که در رویکرد مدیریت جامع حوزه آبخیز نباید تنها به مدیریت آب بسنده شود و مدیریت یکپارچه بایستی شامل مجموعهٔ گسترده‌ای از عناصر بوم‌سازگان شامل آب، خاک و پوشش گیاهی باشد.

یکپارچگی قوانین و مقررات

هر تصوری از مفهوم قانون در ایران، تابعی از دگرگونی تصویر حکومت، فرد و جامعه است. چنانکه به‌تناسب تحولات در حکومت ایران، مفهوم قانون نیز دچار دگردیسی شده و تفسیرهای متعددی از قانون در ایران تولیدشده است (Feirahi, 2020). قانون از مفاهیم

سهلِ ممتنع است: درعین‌حال که محور تحولات معاصر است، خود منبع ابهام و ایهام است (Feirahi, 2021)، در همین راستا قوانین منابع طبیعی ایران نیز که در زمان‌های گوناگون و شرایط مختلف تدوین‌شده‌اند، در موارد متعددی دچار تداخل، ابهام و عدم یکپارچگی هستند (Roudgarmi and Amozadeh, 2019). بر همین اساس، در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز نیز می‌توان به چالش در قوانین و مقررات اشاره کرد. بررسی سامانهٔ ملی قوانین و مقررات، وبگاه ملی اطلاع‌رسانی قوانین و مقررات کشور و وبگاه مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی نشان می‌دهد که در قوانین «حفاظت خاک» مصوب مجلس شورای اسلامی در تاریخ ۴ خرداد ۱۳۹۸ و «تصویب‌نامه در خصوص تعیین خط‌مشی‌های مدیریت، حفاظت و بهره‌برداری پایدار از خاک کشور» مصوب هیات وزیران در تاریخ ۱۱ دی‌ماه ۱۴۰۰ هیچ اشاره‌ای به ابعاد جامعیت احصاءشده از مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز نشده است و در پیش‌نویس ارائه‌شده طرح «آبخیزداری و آبخوان‌داری» اعلام وصول در تاریخ ۲۵ آذرماه ۱۳۹۹ نیز این مفهوم واجد چالش‌های متعددی است.

عوامل موردبررسی

بسیاری از مسائل و مشکلات مربوط به حوزه آبخیز درنتیجه نادیده گرفته شدن عوامل اقتصادی- اجتماعی جوامع تحت تأثیر، رضایت اهالی و عدم پذیرش فعالیت برای آبخیزنشینان رخ می‌دهد (Hasani & Maleki, 2020; Kolahi & Payeste, 2020)؛ بنابراین پرداختن به مسائلی از این قبیل یک ضرورت انکارناپذیر در مدیریت حوزه‌های آبخیز است(De Lange *et al*, 2010). چنان‌که Sadeghi و همکاران (۲۰۲۳)، نشان می‌دهند مسائل فرهنگی، نیازهای اجتماعی رده‌های مختلف سنی گرودارن، مسائل مرتبط با بانوان، آداب‌ورسوم و فرهنگ غنی منطقه در بسیاری از مطالعات توجیهی اجرایی جایگاهی نداشته است (Sadeghi *et al*., 2023). اینکه آیا در مرحله اجرا مدیریت جامع حوزه آبخیز فقط شامل عوامل محیطی می‌شود یا اینکه در مدیریت یکپارچه بایستی تلفیقی از عوامل محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی را مدنظر قرارداد، به‌عنوان چالش در عوامل مورد مدیریت مطرح می‌شود.

توصیه‌های سیاستی و پیشنهادهای اجرایی

در این پژوهش متناظر با کدهای اصلی احصاءشده (جدول ۲) مرتبط با ابعاد جامعیت در مفهوم «مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز ایران»، شش توصیهٔ سیاستی و پیشنهاد اجرایی ارائه‌شده است (جدول ۳). این توصیه‌های سیاستی و پیشنهادهای اجرایی شامل تلفیقی از عوامل محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی می‌شود، چراکه گسست در عوامل، مانع مدیریت یکپارچهٔ عناصر خواهد شد. جدول فوق‌الذکر، پیشنهاد می‌کند که مسئولیت اجرایی مدیریت جامع با هماهنگی سایر سازمان‌های مرتبط با حوزه آبخیز به سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور سپرده شود، این سازمان در صورت رفع موانع قانونی و هم‌گرایی جریان‌های سیاست‌گذاری (Tamassoki *et al*., 2022) قادر خواهد بود به مهم‌ترین وظیفهٔ ذاتی خویش یعنی مدیریت حوزه‌های آبخیز کشور عمل کند. در مورد اجزاء بوم‌سازگان، این پژوهش تأکید دارد که اجزاء باید شامل کلیه باشندگان بوم‌سازگان باشد، چراکه هرگونه انسان‌محوری پایداری بوم‌سازگان را به خطر می‌اندازد. در مورد بُعد به‌هم‌پیوستگی مرزهای طبیعی، نتایج این پژوهش بر پیوستگی نگاه، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری تأکید دارد، به‌بیان‌دیگر مرزهای سیاسی شهرستان، استان و بین‌المللی مدیریت جامع آبخیز را با چالش فزاینده‌ای روبه‌رو می‌کند، و مبنای برنامه‌ریزی بایستی

مرزهای طبیعی حوزه‌های آبخیز باشد؛ بنابراین رفع گسست و رسیدن به پیوستگی در مورد مرزهای درون شهرستانی و استانی با انسجام سازمانی و تعیین وظایف سازمان‌های مسئول بر مبنای مرز طبیعی حوزه آبخیز قابل حصول است و در مورد مرزهای بین‌المللی به تقویت دیپلماسی و انعقاد تفاهم‌نامه‌ها و پیمان‌های منطقه‌ای نیاز دارد. در ارتباط با عناصری که باید در رویکرد مدیریت جامع مدنظر برنامه‌ریزان و مدیران اجرایی قرار گیرد نیز می‌توان گفت که این عناصر بایستی شامل کلیهٔ عناصر موجود در بوم‌سازگان ازجمله آب، خاک و پوشش گیاهی باشد.

جدول ۴ -تناظر چالش‌های احصاءشده با توصیه‌های سیاستی

Table 4- Matching the identified challenges with policy recommendations

ابعاد جامعیت	توصیه سیاستی یا پیشنهاد اجرایی
انسجام سازمانی	سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری به‌عنوان متولی اصلی و هماهنگ‌کنندهٔ مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز شناخته شود.
اجزاء بوم‌سازگان	مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز باید شامل کلیه‌ی باشندگان بوم‌سازگان شود.
به‌هم‌پیوستگی مرزهای طبیعی	تعیین وظایف سازمان‌های مسئول بایستی بر مبنای مرز طبیعی حوزه آبخیز در محدوده‌های استان و شهرستان و انعقاد تفاهم‌نامه‌های بین‌المللی در مورد حوزه‌های آبخیز مشترک بین‌المللی شکل بگیرد.
عناصر مورد مدیریت	مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز باید شامل همه‌ی عناصر موجود در بوم‌سازگان ازجمله آب، خاک و پوشش گیاهی شود.
یکپارچگی قوانین و مقررات	سیاست‌گذاری جامع حوزه‌های آبخیز بایستی در جهت ادغام و یکپارچه‌سازی قوانین باشد.
عوامل موردبررسی	مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز باید شامل تلفیقی از عوامل محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی باشد.

بحث

به معنای مدیریت پایدار مجموعه منابع زیستی و انسانی یک حوزه آبخیز است به‌نحوی‌که سلامت و معیشت مردم در کنار پایداری اکولوژیکی و طبیعی حوزه آبخیز تأمین شود. به بیانی دیگر، فرآیند تنظیم و اجرای اقدامات مناسب به‌منظور اداره منابع موجود در آبخیز با کسب منافع، بدون آسیب رساندن به موجودیت این منابع را آبخیزداری یا مدیریت حوزه آبخیز گویند. از دیگر سو، گفته می‌شود که مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، بایستی دید کلی و سیستم‌نگر نسبت به آبخیزها داشته باشد و با کسب کالاهای موردنیاز جامعه و خدمات مطلوب و بهینه، بدون اثرگذاری نامطلوب بر روی منابع و محیط‌زیست و هم‌چنین زندگی آبخیزنشینان، صورت پذیرد. نکته کلیدی مرتبط در همه تعاریف و اهداف ذکرشده، چالش‌ها و مفاهیم مرتبط با رویکرد مدیریت جامع و اهداف آن است. بر همین اساس و با توجه به اهمیت ویژه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و نقش حیاتی آن در حفظ و تجدید منابع طبیعی، در این پژوهش کوشش شده است ضمن بررسی ابعاد جامعیت در مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز توصیه‌های سیاستی و پیشنهادهای اجرایی برای نیل به مدیریتی جامع در حوزه‌های آبخیز کشور ارائه گردد. این مهم می‌تواند منجر به بهبود کارایی مفهوم مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز شده و اهداف کلان مورد انتظار از آن را برآورده کند و درنهایت به بهبود وضع منابع پایه در محیط‌های طبیعی کشور بیانجامد. نکته کلیدی این است که ابعاد احصاءشده و اصطلاحات مرتبط ذکرشده چنان‌که MohseniSaravi و MortezaiiFrizhandi (2015) نیز تأکید داشته‌اند به‌نوعی در پوشش سه اصل اساسیِ رویکرد جامع‌نگری، فرایند باز و تصمیم‌گیری جمعی استوار هستند. مهم‌تر اینکه در هرگونه برنامه‌ریزی برای حوزه‌های آبخیز به‌عنوان یک واحد تعریف‌شده و مبنای عمل محیط‌های طبیعی در کشور، توجه جدی به ابعاد جامعیت ضروری است. در این صورت می‌توان به نتایج مدیریت و بالطبع به بهبود

وضعیت منابع طبیعی کشورمان امیدوار بود و با عمل واقعی به موضوع توسعهٔ پایدار، به بهبود پایداری آبخیزها و به‌طورکلی درجهٔ پایداری این منابع افزود. در ارتباط با بُعد انسجام سازمانی یافته‌های این پژوهش هم‌سو با یافته‌های Athari و همکاران (2016)، Baniasad و Palouj (2020)، Sadeghi و همکاران (2021) و Beiranvandi و همکاران (2022) بر ایجاد سازوکارهای هماهنگی و یکپارچگی بین سازمان‌های مسئول، انسجام درون‌سازمانی و برون‌سازمانی و مشارکت گرودارن در حوزه‌های آبخیز تأکید دارد. در ارتباط با بُعد اجزاء بوم‌سازگان، یافته‌های این پژوهش بر در نظر گرفته شدن کلیهٔ باشندگان بوم‌سازگان در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز تأکید دارد و از این حیث یافته‌های Eltyaminia و Hosani (2015)، Ghalandarian و همکاران (2016)، و Tamassoki و Kolahi (2023) را تأیید می‌کند. یافته‌های این پژوهش در ارتباط با بُعد به‌هم‌پیوستگی مرزهای طبیعی بر لزوم تمرکز مراکز تصمیم‌گیری و مدیریت مبتنی بر مرز طبیعی حوزه آبخیز تأکید دارد؛ بنابراین با یافته‌های Athari و همکاران (2017) هم‌سو است. ازآنجاکه امروزه در بحث قانون‌گذاری به‌طور عام و سیاست‌گذاری محیط‌زیست به‌طور خاص دچار تورم قوانین و سیاست‌های ناهم‌سو هستیم، یافته‌های این پژوهش در ارتباط با بُعد یکپارچگی قوانین و مقررات هم‌سو با یافته‌های Tamassoki و همکاران (2021) و Safikhani و Holisaz (2022) بر تجمیع، یکپارچگی، بازنگری و به‌روزرسانی قوانین و مقررات مرتبط با حوزه‌های آبخیز تحت پوشش ابعاد جامعیت حوزه آبخیز تأکید دارد. در ارتباط با بُعد عناصر مورد مدیریت، یافته‌های این پژوهش با تمایز بین دو رویکرد «مدیریت یکپارچهٔ منابع آب» و «مدیریت جامع حوزه آبخیز» هم‌سو با Esmali و Abdollahi (2011)، بر این نکته تأکید دارد که مدیریت در حوزه‌های آبخیز بایستی شامل مجموعهٔ گسترده‌ای از عناصر بوم‌سازگان باشد. ازآنجاکه در مدیریت حوزه آبخیز عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی موردتوجه کمتری قرارگرفته است، هم‌سو با یافته‌های، De Lange (2010)، Hasani و Maleki (2020)، Kolahi و Payeste (2020) و karimi و Talebi (2022) یافته‌های این پژوهش نیز با تأکید بر عوامل محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در پی گسترش مشارکت آبخیزنشینان است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر امکان به‌کارگیری به‌عنوان دستورالعملی مناسب، دقیق، علمی و نظام‌مند جهت مدیریت جامع، یکپارچه و هماهنگ در محیط‌های طبیعی ایران را دارد و به دلیل همین پتانسیل پیشنهاد می‌شود که مبنای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری منابع طبیعی و محیط‌زیست ایران در حوزه‌های آبخیز قرار گیرد. توصیه‌های سیاستی و پیشنهادهای اجرایی این پژوهش به دلیل درنظرگرفتن جنبه‌ها، عوامل و گرودارن مرتبط با آبخیزداری کشور می‌تواند رهیافت مناسبی برای مدیریت حوزه‌های آبخیز ایران باشد. اجرای مدیریت جامع در حوزه‌های آبخیز می‌تواند از طریق اثرگذاری بر تمامی گرودارن در همهٔ مراحل تصمیم‌گیری، سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و اجرای هرگونه برنامهٔ مرتبط با حوزه‌های آبخیز، موجب کاهش تخریب محیط و پایداری این بوم‌سازگان‌های طبیعی شده و از طریق بهبود وضعیت منابع پایه آب‌وخاک شرایط زیست بهتری برای ساکنان حوزه‌های آبخیزها فراهم آورد. به‌کارگیری توصیه‌های سیاستی و اجرایی تشریح شده می‌تواند موجب به‌هم‌پیوستگی (رفع چالش گسست مرزهای طبیعی)، دید همه‌جانبه (رفع چالش اجزاء بوم‌سازگان)، انسجام سازمانی و هماهنگی نهادهای تصمیم‌گیر (رفع چالش انسجام)، ارتقای اثربخشی سیاست‌ها و قوانین (رفع چالش عدم یکپارچگی و تعارض قوانین)، رضایت اهالی، هم‌گرایی فعالیت‌های برنامه‌ریزان و آبخیزنشینان و درنهایت ارتقای مسئولیت اجتماعی و مشارکت گستردهٔ گرودارن (رفع چالش‌های عوامل و عناصر مورد بررسی) در مدیریت حوزه‌های آبخیز شود.

References

Arabkhedri, M., Shadfar, S., Jafari-Ardakani, A., Bayat, R., Khajavi, E. & Mahdian, M. H. (2018). Improving Water Erosion Estimates for Iran. *Watershed Management Research Journal*, 31(3), 13-27. (In Persian).

Aram, M. A. (2022). Kamal Khan Dam and Afghanistan's Role on Iran's Water Policy. *Bölgesel Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 612-630. (In Persian)

Athari, Z., Pezeshki Rad, G., Abbasi, E. & Alibaigi, A. (2016). Explaining a Model for Integrated Watershed Management in Iran. *Geographical Planning of Space*, 6(20), 209-226. (In Persian)

Athari, Z., Pezeshki Rad, G., Abbasi, E. & Alibaigi, A. (2017). "Technical Report"Challenges Facing Watershed Management in Iran by using Delphi Technique. *Journal of watershed management research*, 8(15), 268-279. (In Persian)

Baniasadi, M. & Palouj, M. (2020). Designing a good governance pattern of groundwater resource at the catchment area level, Orzoo'iyeh Basin, Kerman Province. *Watershed Engineering and Management*, 12(2), 514-525. (In Persian)

Beiranvandi, V., Tavosi, M. & Sadeghi, S. H. (2022). Necessity of Environmental Justice in Watershed Management. *Extension and Development of Watershed Management*, 10(37), 47-56. (In Persian).

Chang, P. L., Hsu, C. W. & Chang, P. C. (2011). Fuzzy Delphi method for evaluating hydrogen production technologies. *International journal of hydrogen energy*, 36(21), 14172-14179.

Council, N. R. (1999). *New strategies for America's watersheds*: National Academies Press.

De Lange, W. J., Wise, R., Forsyth, G. & Nahman, A. (2010). Integrating socio-economic and biophysical data to support water allocations within river basins: An example from the Inkomati Water Management Area in South Africa. *Environmental modelling & software*, 25(1), 43-50.

Eltyaminia, R. & Hosani, A. (2015). Hegemonic worldview and its relationship with environmental Crises in the world. *Human & Environment*, 13(2), 77-92. (In Persian)

Esmali, A. & Abdollahi, K. (2011). *Watershed Management & Soil Conservation*: University of Mohaghegh Ardabili. (In Persian)

Feirahi, d. (2020). *The concept of law in contemporary Iran (pre-constitutional developments)*. Tehran. Nashreney. (In Persian).

Feirahi, d. (2021). *The modern state and the crisis of law (the challenge of law and Sharia in contemporary Iran)*. Tehran. Nashreney. (In Persian).

Galewski, N. (2010). *Campesino Community Participation in watershed management. (MSc)*, Georgia Institute of Technology.

Ghalandarian, I., Taghvaei, A. & Kamyar, M. (2016). Comparative Study of the Relationship between Human and the Environment in Sustainable Development Thought and Islamic Thought. *Journal of Research in Islamic Architecture*, 4(1), 62-76. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (2012). *National master plan for the Integrated Watershed Management in the country*. Retrieved April 24, 2023, from http://watershedmg.ir/.

Gregersen, H. M., Ffolliott, P. F. & Brooks, K. N. (2009). *Integrated watershed management: Connecting people to their land and water* (H. Parvaresh, A. Nohegar, & E. Parvaresh, Trans.): University of Hormozgan. (In Persian)

Grinnell Jr, Richard M. & Unrau, Yvonne. (2005). *Social work research and evaluation:* Quantitative and qualitative approaches: Cengage Learning.

Hafeznia, M. (2022). *An Introduction to the Research Method in Humanities*: SAMT. (In Persian)

Hajarian, a. (2022). Analysis of Barriers and Challenges of Rangeland Management (Case Study: Rangelands of Kermanshah

province). *Journal of watershed management research*, 13(26), 125-134. (In Persian)

Hajihoseini, M., Hajihoseini, H., Morid, S. & Delavar, M. (2015). Assessment of the Effect of land-Use Changes on Streamflow in Helmand Transboundary Basin During 1990 to 2012 Using Remote Sensed Data & SWAT Model. *Iran-Water Resources Research*, 11(6), 73-86. (In Persian)

Hasani, H. & Maleki, M. (2020). Socio-Economic Evaluation of Watershed Plans on the Watershed Residents (Case Study: Hasanabdal Basin- Zanjan Province). *Journal of watershed management research*, 11(21), 143-153. (In Persian)

Hazbavi, Z. & Sadeghi, S. H. (2017). Watershed Health (Part three): Vigor, Organization and Resilience Conceptual Model. *Extension and Development of Watershed Management*, 5(16), 1-7. (In Persian).

Hazbavi, Z. & Sadeghi, S. H. (2017). Watershed Health (Part two): Pressure, State and Response Conceptual Model. *Extension and Development of Watershed Management*, 4(15), 25-30. (In Persian).

Islamic Republic News Agency. (2018). *The national Integrated Watershed Management plan is being implemented in 33 Watershed of the country*. Retrieved April 24, 2023, from https://irna.ir/xjrmBP.

Jalali, R. (2013). Qualitative research sampling. *Journal of Qualitative Research in Health Sciences*, 2(4), 310-320. (In Persian).

Karimi, Z. & Talebi, A. (2022). Presenting the integrated management model based on ecosystem service indicators in Zayandeh-roud watershed. *Extension and Development of Watershed Management*, *10*(37), 13-20.

Kazemi, M., Malekmohamadi, I., hossini, m. & Sharifi, F. (1999). Design of Integrated Management System Model for Sustainable Development of Natural Resources: The case study of Hable-Rud watershed. *Dynamic agriculture (Iranian agricultural knowledge)*, 3(1), (In Persian)

Khalili, M. & Hashemi, S. (2018). Water Right of Helmand and Its background. *Foreign Relations quarterly*, 9(4), 31-61. (In Persian)

Kraff, D. & Steinman, A. D. (2018). Integrated watershed management in Michigan: Challenges and proposed solutions. *Journal of Great Lakes Research*, *44*(1), 197-207.

Kolahi, M. & Payeste, M. (2020). Impacts of Natural Resource Projects on Socioeconomic Issues of Villagers at ChahNouroz Watershed. *Journal of watershed management research* 11(21), 154-164. (In Persian)

McDuff, M. M., Appelson, G. S., Jacobson, S. K. & Israel, G. D. (2008). Watershed management in north Florida: public knowledge, attitudes and information needs. *Lake and Reservoir Management*, 24(1), 47-56.

Mirakhorlou, K. & Akhavan, R. (2017). Area changes of Hyrcanian Forests during 2004 to 2016. *Iran Nature*, 2(3), 40-45. (In Persian)

Moghaddasi, M., Morid, S., Delavar, M. & Hosenni Safa, H. (2019). Challenges and Compromises of Agricultural Water Supply and Environmental Water Right in the Lake Urmia Basin. *Iran-Water Resources Research*, 15(2), 26-38. (In Persian)

MohseniSaravi, M. & MortezaiiFrizhandi, G. (2015). *Integrated Watershad Mnagement (2nd ed.):* University of Tehran Press. (In Persian)

Montazer G, A. & Jafari N. (2008). Application of Fuzzy Delphi Method in Designing Tax Policy in Iran. *QJER*; 8 (1):91-114. (In Persian).

Moshfegh, A. & Attari, J. (2018). Water resource planning based on the sovereignty doctrines in sharing of transboundary water resources. *Iran-Water Resources Research*, 14(4), 80-91. (In Persian)

Pahl-Wostl, C. (2007). The implications of complexity for integrated resources management. *Environmental modelling & software*, 22(5), 561-569.

Rahpou, F., Ghayour, H. & Rajabi, Z. (2018). The water crisis in Gavkhoni watershed and how to adapt it through the establishment of a comprehensive water pricing system (Case Study: The last water supply facility Koohrang 3rd dam and tunnel). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(18), 221-234.

Roudgarmi, P. & Amozadeh, M. T. (2019). Review of State Laws and Regulations on Forests and Rangelands. *Land Management Journal*, 6(2), 153-167. (In Persian).

Sadeghi, S. H. & Hazbavi, Z. (2016). Watershed Health (Part one): Reliability, Resilience and Vulnerability Conceptual Model. *Extension and Development of Watershed Management*, 4(14), 39-42. (In Persian).

Sadeghi, S. H., Khaledi Darvishan, A., Vafakhah, M., Moradi Rekabdarkolaei, H., Nasiri Khiavi, A., Rajabi, M. R. &. Zaki, S. A. (2021). Integrated and Problem-Based Management of the Watershed using Strategic Planning Framework. *Iranian Jornal of Watershed Management Science&Engineering*, 15(52), 63-66. (In Persian)

Sadeghi, S. H., 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. (In Persian)

Sadoddin, A., Ownegh, M., Sheikh, V., Najafinejad, A., Sadeghi, S. H. & Zare Garizi, A. (2018). River basin / watershed governance and planning. *Extension and Development of Watershed Management*, 6(22), 39-43. (In Persian).

Sadoddin, A., Sheikh, V. B., Ownegh, M., Najafi Nejad, A. & Sadeghi, H. R. (2016). Development of a National Mega Research Project on the integrated watershed management for Iran. *Environmental Resources Research*, 4(2), 231-238.

Safikhani, S. & Holisaz, A. (2022). Content Analysis of the Principles and Axes of the Environmental Regulation and Legislation in Iran. *Environment and Interdisciplinary Development*, *7*(78), 1-23.

Shisanya, C. A. (2018). Natural resource management. *Rural development planning in Africa*, 17-51.

Tamassoki, E. & Kolahi, M. (2023). Conceptual Model for Ethical Roots of Environmental Crisis. *Journal of Water and Sustainable Development*, 9-(4), 77-88. (In Persian)

Tamassoki, E., Mohammadi Kangarani, H., Ashtarian, K., Arashk, H. & Naderi, F. (2022). Analysis of land reforms law based on Kingdon's theory of multiple streams. *Strategic Studies of public policy*. 12 (43), 130-162. (In Persian)

Tamassoki, E., Mohammadi Kangarani, H., Ashtariyan, K., Holisaz, A. & Naderi, F. (2021). Problemology of Iran's Environmental Policy-making. *Journal of Public Policy*, *7*(2), 109-125. (In Persian)

Tamassoki, E., Soleymani, Z., Bahrami, F. & Abbasgharemani, H. (2014, June). A survey of drought and variation of vegetation by statistical indexes and remote sensing (Case study: Jahad forest in Bandar Abbas). In *IOP conference series: Earth and environmental science*, 20, (1) 012033.

Tamassoki, E., Tamassoki, E. & Asadi Meyabadi, A. (2022). Climatic Analysis, Routing and Simulation of Extreme Dust Storms in the West of Iran (Case Study: Kermanshah Synoptic Station). *Integrated Watershed Management*, 2(1), 33-47. (In Persian)

Tatar, M., Papzan, A. & Ahmadvand, M. (2018). Agricultural Water Conflict Management in Gawshan Basin: Solutions Based on Cooperation Strategy. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 14(1), 91-111. (In Persian)

Todd, A. H. (1999). Forests and watershed health. *Journal of Forestry*, 97(2), S4.

Tohidi, A. R. & Keykhosravi, M. (2019). The Absence of Treaties: The Need for Investigating States' International Obligations in the Dam Construction Process from the Perspective of International Law. *International Law Review*, 36(61), 385-412. (In Persian)

Integrated Watershed Management, spring, 2023, 3(1), 54-71 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/IWM.2023.1990397.1064 **Online ISSN: 2783-4581**

Investigating effects of lateral inflow characteristics on main flow using numerical modeling

Mohammad Raze Raeisi Dehkordi[1*], Amir Hossein Yeganeh Mazhar[1], Farzaneh Kheradzare[2]

1- PhD. Student in the Department of Construction and Water Management, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- M.Sc. Graduate Water resource management, Department of Civil Engineering and Mechanics, Ghiaseddin Jamshid Kashani University, Qazvin, Iran

* **Corresponding author**: mohamadreza.raeisi.d@gmail.com

(Received: 26 February 2023 Revised: 27 March 2023 Accepted: 22 May 2023)

Extended Abstract

Introduction: One of the key issues in river engineering is analyzing the flow properties at the intersection of natural rivers and canals. One of the most evident properties of the flow in these sections is the development of a revolving region with low pressure and even negative pressure close to the inner wall of the side channel. One advantage of the whirling flow in this low-pressure region is that it gives the flow enough space to sediment, but it also increases flow speed near the channel's bottom and outside wall by lowering the intersectional area of the flow. One of the most crucial considerations in the design of these intersections is minimizing sedimentation in the rotating region and scouring in the area above the shear plane.

Materials and methods: The channel (flume) created in the laboratory based on Weber et al., (2001) model, was employed in the current investigation to confirm the validity and examine other study objectives. The main channel is 21.95 meters long, while the side channel, which is at a 90-degree angle to the main channel, is 3.66 meters long. The total downstream discharge is approximately 0.17 m3/s, with the upstream velocities of the main channel being 0.166 m/s and the side channel being 0.5 m/s. In both channels, the flow depth and width are 0.91 meters and 0.296 meters, respectively. In this study, 6 various models' angles of intersection between the main and side channels, inlet flow velocity, intersectional area, and side channel length have been examined. Models 2 and 3 have intersection angles of 60 and 30 degrees, respectively, and share the rest of their attributes with the fundamental model, or model number 1. Model 1 is the same as Weber's experimental model. The length of the side channel in model 4 is different from model 1. The only difference between model 6 and the basic model is the side channel intake speed.

Results and Discussion: Analyzing the intersection angle: The angle between the main channel and the side channel is investigated in this section of the findings. Models 1, 2, and 3 are assessed using the intersection angles of 90, 60, and 30 degrees, respectively. In some studies, the impact of the intersection angle has been examined, but in this study, three-dimensional investigation in transverse and longitudinal sections as well as the plan of the intersection is discussed, as can be observed from the literature review. Considering three models with intersection angles of 90, 60, and 30 degrees, the kinetic energy contours at the channel's middle height can be obtained for each model. The channel with a 30-degree intersection angle (model 3) has the maximum kinetic energy in the flow. The channel with a 60-degree intersection has the minimum kinetic energy. As a result of the maximum deviation of the flow in the main channel caused by the flow of the side channel, the channel with a 90-degree intersection also has the maximum kinetic energy near the wall in front of the side channel.

Examining the side channel length: In model 1, the side channel is 3.66 meters long, whereas in model 4, it is 5.52 meters long. This study aims to determine how changing the side channel's length affects the flow pattern where two channels intersect. The kinetic energy contours were obtained for two states of the channel length, which are known to extend the lateral channel, increase the energy of the flow after the intersection, and shorten the length of the high-kinetic energy zone. When compared to model 1 with a shorter length of the side channel, the width of the flow separation zone is reduced by approximately 20%, which results in less flow sedimentation. Figure 12 illustrates the rotating zones in the flow separation area. Studying the intersection of the lateral channel: After determining the lateral channel's length, its width and, consequently, its intersectional area should be evaluated. This section compares model 1 width of 0.91 meters to model 5 widths of 1.40 meters. One of the most recent topics related to the intersection of the main and side channels is examining the intersection of the side channel. In model 5, the side channel's flow rate has also increased due to an increase in the width or intersection of the channel. The flow rate through the intersection and the momentum of the flow from the side channel and the main channel increase when the side channel flow rate rises. The findings indicate that when flow width and side channel flow rise, energy increases after the inlet.

Investigating the value of inlet speed in the side channel: Unlike the preceding sections, which were all concerned with the channel geometry, the inlet velocity in the side channel is one of the hydraulic parameters of the flow. In this section, models 1 and 6 with inlet velocities of the side channel of 0.5 and 0.75 m/s are evaluated. According to the modeling, the flow is somewhat horst before and immediately on the intersection of the flow level, but it undergoes a substantial prolapse just after the intersection. Model 6 has a larger volume and height of flow, but a smaller and softer prolapse after the intersection.

Conclusion: Some hydraulic and geometric properties of the intersection of channels have been examined using Flow-3D software. The RNG turbulence model was used for three-dimensional modeli ng. Some of the results are listed below.

1. The flow is uniform upstream of the main and minor channels and only slightly becomes horst at the intersection.
2. The analysis of the lengthening of the side channel revealed a 20% reduction in the separation zone's width and a considerable reduction in the kinetic energy at the intersection.
3. The input flow rate of this channel to the intersection increases with the speed and width of the side channel, which accounts for the local drop in the width of the main channel flow.

Keywords: Channel Confluence, Channel cross, sectional area, Cross channel angles, Modelling, Flow-3D

Citation: Raeisi Dehkordi, M. R., Yeganeh Mazhar, A. H. & Kheradzare, F. (2023). Investigating effects of lateral inflow characteristics on main flow using numerical modeling. Integrated Watershed Management, 3(1), 54-71. doi: 10.22034/iwm.2023.1990397.1064

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 سوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات (۷۱-۵۴) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.1990397.1064

بررسی تأثیر مشخصات جریان ورودی جانبی بر جریان اصلی با استفاده از مدل‌سازی عددی

محمدرضا رئیسی‌دهکردی[1*]، امیرحسین یگانه مظهر[1]، فرزانه خرد زارع[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه مدیریت ساخت و آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناس ارشد عمران، گرایش مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران و مکانیک، دانشگاه غیاث‌الدین جمشید کاشانی، قزوین، ایران

***نویسنده مسئول: mohamadreza.raeisi.d@gmail.com**

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱)

چکیده

اهمیت آب در زندگی امروزه، باعث شده است تا همواره انسان به فکر انتقال و انحراف جریان‌های موردنیاز به نفع بقا خود باشد. باید این واقعیت را پذیرفت که مسئله سیل هنوز به‌طور کامل حل‌نشده است و هدایت و منحرف کردن سیلاب جهت آبیاری هنوز موردتقاضا است؛ بنابراین ارائه مدل‌های هیدرولیکی مؤثر جهت شبیه‌سازی جریان در کانال با جریان ورودی جانبی برای انتقال حداکثری دبی موردنیاز است. در اثر برخورد جریان کانال جانبی به جریان اصلی تغییراتی در الگوی جریان عبوری از کانال اصلی ایجاد می‌شود که به نسبت دبی جریان، زاویه بین دو کانال و غیره وابسته است. جریان‌های کانال‌های متقاطع به‌طور پایه سه‌بعدی هستند. برای راستی آزمایی نتایج نرم‌افزار عددی از مدل وبر و همکاران که روی یک کانال مستطیلی با زاویه تقاطع ۹۰ درجه و شیب صفر انجام‌شده، استفاده‌شده است. درنهایت، دقت نتایج مدل‌های آشفتگی با داده‌های آزمایشگاهی انطباق دارد و مدل در این زمینه RNG از دقت بالاتری برخوردار است. طبق نتایج مشخص شد، بعد از تقاطع در پایین‌دست کانال اصلی ناحیه جدایی جریان تشکیل می‌شود. این ناحیه به دلیل جریان چرخشی موجود در آن سبب رسوب‌گذاری بیشتری در دیواره داخلی کانال اصلی بعد از تقاطع می‌شود که این موضوع باعث ایجاد مشکلاتی خواهد شد. به‌علاوه با بررسی زاویه تقاطع دو کانال اصلی و جانبی مشخص شد که در زاویه ۳۰ درجه تقریباً ناحیه جدایی محو می‌شود ولی چون جریان‌ها با زاویه‌ای کم به هم می‌پیوندند، سرعت و انرژی جریان در محل تقاطع و بعدازآن نسبت به زاویه ۶۰ درجه بیشتر است. بنا بر آنچه در بررسی‌ها و مدل‌سازی‌ها انجام شد، این موضوع که بهترین کانال متقاطع با زاویه‌ای ۶۰ درجه است، تأیید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تلاقی کانال‌ها، سطح مقطع کانال جانبی، زاویه کانال متقاطع مدل‌سازی، Flow-3D.

استناد: رئیسی‌دهکردی، م. ر.، یگانه مظهر، ا. ح؛ و خرد زارع، ف. (۱۴۰۲). بررسی تأثیر مشخصات جریان ورودی جانبی بر جریان اصلی با استفاده از مدل‌سازی عددی. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۳(۱)، ۷۱-۵۴.

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

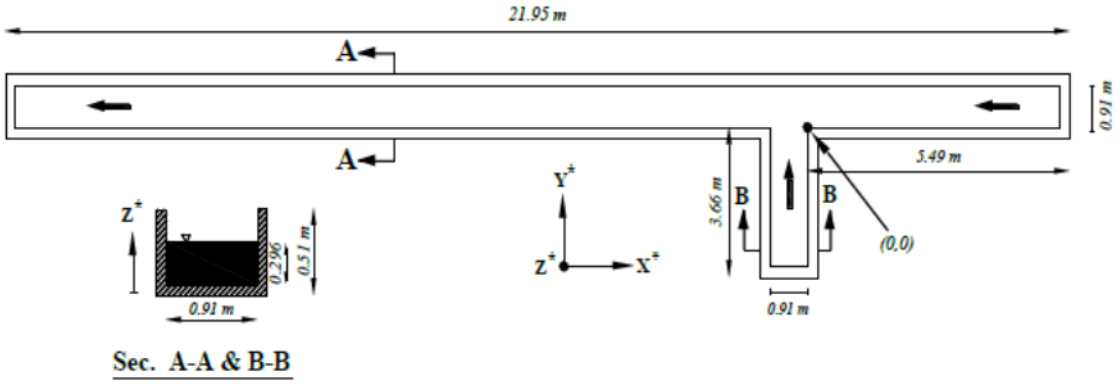
بررسی خصوصیات جریان در تقاطع کانال‌ها و رودخانه‌های طبیعی از مباحث مهم در مهندسی رودخانه است. برخورد دو جریان با یکدیگر پدیده‌ای است که هم در طبیعت و هم در پروژه‌های مهندسی مانند کانال‌های انتقال، جمع‌آوری و زهکشی دیده می‌شود (Tabesh., 2018). برخلاف وجود این نوع از جریان‌ها در بسیاری از پدیده‌های هیدرولیکی، توجه کمتری به آن شده است. این سازه‌ها در پخش و انتقال آلاینده‌ها نیز حائز اهمیت است (Raeisi Dehkordi., 2022). تبادل نیروی ورودی از کانال جانبی با جریان اصلی پس از برخورد با آن، باعث حرکت جریان کانال فرعی به سمت پایین‌دست تقاطع کانال می‌شود. شکل‌گیری ناحیه چرخشی با فشار پایین و حتی فشار منفی در مجاورت دیواره داخلی سمت کانال جانبی، از بارزترین مشخصات جریان در این مقاطع است. (Tabesh., 2018). جریان چرخشی این ناحیه با فشار پایین، از یک‌سو فضای کافی برای رسوب‌گذاری را در اختیار جریان قرار داده و از طرف دیگر ضمن کاهش سطح مقطع عبوری جریان، منجر به افزایش سرعت عبوری در مجاورت کف و دیواره خارجی کانال می‌شود. افزایش سرعت در درازمدت، آب شستگی این ناحیه را در بر خواهد داشت (Masjedi and Taeedi., 2011). کاهش رسوب‌گذاری در ناحیه چرخشی و آب شستگی در فضای بالای صفحه برشی مهم‌ترین دغدغه‌های اصلی طراحی این تقاطع‌ها است (Khosravinia *et al*., 2018). در پژوهش حاضر به بررسی تأثیرات جریان در کانال انحرافی بر جریان اصلی در محل تقاطع پرداخته می‌شود. زاویه تقاطع، عرض مقطع جریان جانبی، سرعت جریان جانبی و طول کانال جریان جانبی موردبررسی قرار می‌گیرد. استفاده از مدل عددی سه‌بعدی به‌منظور بررسی تأثیر پارامترهای جریان جانبی بر رفتار جریان در کانال اصلی را می‌توان به‌عنوان نوآوری این تحقیق به‌حساب آورد. همچنین این تحقیق چندین پارامتر مؤثر از خصوصیات جریان در کانال جانبی را به‌طور هم‌زمان بررسی کرده است. تیلور (Taylor, 1944) از نخستین کسانی بود که موضوع جریان در تقاطع کانال‌ها را بررسی کرد. وی با در نظر گرفتن فرض‌های ساده‌کننده‌ای صرف‌نظر کردن از اصطکاک دیواره‌ها به بررسی معادله ممنتوم، معادله‌ای برای برآورد نسبت عمق جریان در کانال‌های بالادست و پایین‌دست ارائه کرد. در مقاله‌ای دیگر رامامورثی و همکاران (Ramamurthy *et al*., 1988) به ارزیابی ارتباط بین افزایش عمق آب کانال و دبی جریان جانبی به کل دبی در پایین‌دست پرداختند. فرض آن‌ها یکسان بودن مقطع عرضی دو کانال اصلی و جانبی، جریان در ورودی هر دو کانال دارای عمق یکسان و یکنواخت و سرعت در ابتدا و انتهای جریان جانبی یکسان بود. آن‌ها دریافتند که نقطه ساکن در دهانه خارجی کانال جانبی و جدایی جریان در دهانه داخلی آن ایجاد می‌شود. در مدل‌سازی دیگر وبر و همکاران نیز (Weber *et al*., 2001) به مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان در کانال‌های متقاطع ۹۰ درجه پرداختند. داده‌های اندازه‌گیری شده توسط آن‌ها به‌صورت سرعت‌های سه‌بعدی به همراه نوسانات سرعت و عمق جریان بوده است. این داده‌های اندازه‌گیری شده، ابزار اعتبارسنجی مدل‌های عددی سال‌های بعدی را فراهم کرده است. آن‌ها بیان کردند که ابعاد ناحیه جدایی جریان در نزدیکی بستر با تغییر زاویه ورودی جریان کوچک‌تر می‌شود و در سطح چرخش بیشتری داخل ناحیه جدایی ایجاد می‌شود. برقعی و نظری در پژوهشی (Burqa‘i and Nazari, 2003) به‌منظور بررسی الگوی رسوب و فرسایش در تقاطع کانال‌ها اثر متغیرهای چون قطر متوسط مصالح بستر، نسبت عرض کانال‌های فرعی به اصلی و نسبت دبی کانال‌های فرعی به دبی کل بر این الگو آزمایش‌هایی را روی یک اتصال ۹۰ درجه انجام دادند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که حداکثر عمق آب شستگی در ابتدای ناحیه جداشدگی جریان اتفاق می‌افتد و حداکثر عمق آب شستگی با کاهش عمق متوسط برای مصالح بستر، کاهش نسبت

دبی کانال اصلی به دبی کل و همچنین کاهش عرض شاخه فرعی افزایش می‌یابد. کوانزا و همکاران (Kwanza *et al.*, 2007) نیز در پژوهشی تأثیرات شیب کانال، عرض کانال و سرعت که از یک نقطه تا نقطه دیگر کانال تغییر کرده و دبی جانبی را بر سرعت جریان و دبی در دو نوع کانال مستطیلی و ذوزنقه‌ای را موردمطالعه قراردادند. آن‌ها بیان کردند که برای افزایش دبی عبوری از کانال، شیب، عرض و دبی جانبی نیاز به افزایش دارد. درمجموع با حداقل کردن پیرامون مرطوب، سرعت جریان سیال افزایش یافت. تیونگئو در پایان‌نامه خود (Thiong'o, 2011) جریان سیال در کانال‌های باز مستطیلی و مثلثی را مورد ارزیابی قرار داده است. یافته‌های این محقق در کانال‌های مستطیلی منطبق با (Kwanza *et al.*, 2007) بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، سرعت باز در جریان کانال‌های مستطیلی هنگامی‌که شیب، دبی و عرض کانال زیاد می‌شود، افزایش می‌یابد اما افزایش پیرامون مرطوب باعث کاهش سرعت جریان می‌شود. اژدری و همکاران (Azhdari *et al.*, 2020) در تحقیقی مشخصات جریان در تقاطع کانال چهار شاخه با زاویه ۹۰ درجه با دو ورودی و خروجی با استفاده از نرم‌افزار Flow3D شبیه‌سازی کردند. آن‌ها دریافتند که در یک نسبت دبی ثابت، هرچه ارتفاع سرریز خروجی کمتر باشد، عدد فرود در کانال ورودی بیشتر است و همچنین مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی برای پروفیل‌های سطح آب تطابق خوبی داشتند. با مطالعه پیشینه پژوهش حاضر مشخص شد، مطالعات گذشته بیشتر درزمینهٔ بررسی پروفیل‌های سرعت جریان در محل تقاطع و تعیین پروفیل سطح جریان بوده است اما در این مطالعه پارامترهایی همچون کانتورهای انرژی جنبشی، خطوط جریان و نواحی چرخشی و بردارهای سرعت بررسی می‌شود که به این پارامترها در مطالعات گذشته پرداخته نشده است. از نتایج این تحقیق جهت طراحی بهتر شبکه انتقال زه آب شهری که آب از کانال‌های فرعی به‌طور جانبی به کانال‌های اصلی وارد می‌شود، می‌توان استفاده نمود. در محل برخورد در جریان از کانال اصلی و کانال فرعی، جریان‌های پیچیده‌ای به وجود می‌آید که بررسی الگوی جریان می‌تواند به شناسایی تغییرات بستر در جریان‌های دارای رسوب کمک کند. در محل برخورد دو جریان از کانال اصلی و کانال فرعی، ناحیه تنگ‌شدگی جریان ایجاد می‌شود. به‌موازات ناحیه تنگ‌شدگی جریان ناحیه با سرعت پایین و چرخشی در کانال اصلی ایجاد می‌گردد که ناحیه جدایی جریان گفته می‌شود. در ناحیه جدایی جریان، جریان‌های چرخشی وجود دارد که در آن سرعت‌های عرضی جریان سرعت غالب جریان بوده و کاهش جهت سرعت طول معکوس می‌گردد. در ناحیه جدایی جریان امکان رسوب‌گذاری وجود داشته که مشکلات زیادی را به همراه دارد؛ بنابراین مطالعه رفتار دقیق جریان‌های متقاطع در بحث‌های انتقال و جمع‌آوری از اهمیت بالایی برخوردار هستند.

مواد و روش‌ها

مدل آزمایشگاهی

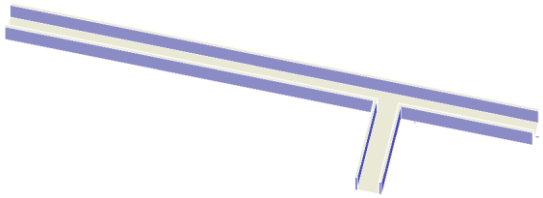
در پژوهش حاضر برای صحت‌سنجی و بررسی سایر اهداف تحقیق دقیقاً از کانال (فلوم) ساخته‌شده در آزمایشگاه توسط (Weber *et al.*, 2001) استفاده‌شده است. طول کانال اصلی ۲۱/۹۵ متر، طول کانال جانبی یا فرعی ۳/۶۶ متر که با زاویه ۹۰ درجه نسبت به کانال اصلی قرارگرفته است. سرعت بالادست کانال اصلی ۰/۱۶۶ متر بر ثانیه و سرعت بالادست کانال جانبی ۰/۵ متر بر ثانیه است و درنتیجه دبی کل پایین‌دست خروجی حدود ۰/۱۷ مترمکعب بر ثانیه است. عمق جریان و عرض در هر دو کانال به ترتیب ۰/۲۹۶ متر و ۰/۹۱ متر است. شکل ۱ مشخصات هندسی کانال آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- تصویر شماتیک فلوم آزمایشگاهی (Weber *et al.*, 2011)

Figure 1- Schematic image of laboratory flume (Weber *et al.*, 2011)

شکل ۲ تصویری از کانال آزمایشگاهی با ابعاد گفته‌شده در محیط سه‌بعدی را نشان می‌دهد. این شکل دقیقاً مربوط به کانال (Weber *et al.*, 2001) است و تغییرات موردنظر تحقیق برای تغییر در زاویه، عرض و طول کانال جانبی در این شکل اعمال نشده است.

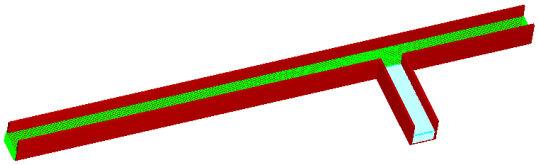


شکل ۲- تصویری از مدل سه‌بعدی کانال در محیط اتوکد

Figure 2- image of the 3D model of the channel in the AutoCAD

تعیین شبکه مش

نرم‌افزار ساده و قدرتمند Flow-3D، مش را تولید می‌کند. این نرم‌افزار مش‌ها را در سیستم‌های مختصات کارتزین[1] و استوانه‌ای[2] استفاده می‌کند. این مش‌های مستطیلی نسبت به سایر شکل‌های شبکه مش حجم محاسبات را کاهش می‌دهد (Behdarvandi *et al.*, 2022) هندسه مدل با استفاده از FAVORize شناسایی می‌شود. شبکه مش در سه جهت به‌طور مستقل تعریف می‌شوند و برای هندسه‌های پیچیده‌تر می‌توان از چند بلوک مش برای مش‌بندی هندسه مدل استفاده کرد. این نرم‌افزار قابلیت تعریف هم‌زمان ۱۵۰ بلوک مش را دارد (Hemmati and Aghazade-Soureh., 2018) با تعیین ابتدا و انتهای مش می‌توان تعداد یا اندازه سلول‌ها را تعیین کرد تا شبکه مش ایجاد شود. اگر اندازه مش‌ها در سه جهت به هم نزدیک شود و شبکه نیز یکنواخت باشد جواب‌هایی با دقت بیشتری حاصل می‌شود. در قسمت‌های حساس مانند تقاطع کانال در این پژوهش می‌توان ابعاد مش را ریز و تعداد آن‌ها را بیشتر کرد. در این تحقیق مانند شکل ۳ دو بلوک مش برای مش‌بندی هندسه مدل استفاده‌شده است که بلوک اول کانال اصلی و بلوک دوم کانال فرعی را پوشش می‌دهد.



شکل ۳- شبکه مش‌بندی بلوک‌ها روی کانال اصلی و جانبی

Figure 3- Meshing network of blocks on the main and side channel

این دو بلوک در محل تقاطع مماس با هم هستند و از نوع بلوک‌های لینک شده محسوب می‌شود. برای بلوک مش اول که بر روی کانال اصلی در نظر گرفته، تعداد ۷۵ هزار سلول با سایز هر سلول بین ۳ تا ۶ سانتی‌متر که سایزهای ریزتر مربوط به محل تقاطع است و در

1 - Mesh cartesian
2 - Mesh cylindrical

بلوک مش دوم که بر روی کانال جانبی بسته‌شده است، مجموعاً ۵۰ هزار مش و سایز ۵ سانتی‌متر برای کل مش‌ها به‌صورت یکنواخت تعیین‌شده است. در کل نسبت مش‌ها در سه جهت همواره کمتر از ۲ است.

تعیین مدل آشفتگی، شرایط مرزی و شرایط اولیه

برای تعیین آشفتگی، با توجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی مدل‌های K-ε و RNG با نتایج مدل آزمایشگاهی Weber و استفاده سایر محققین گذشته، از مدل گروه نرمال شده RNG برای مدل‌سازی جریان در کانال و محل تقاطع دو کانال استفاده‌شده است.

برای تعیین متغیرهای مجهول ازجمله سرعت، فشار، انرژی جنبشی و پخش انرژی آشفتگی باید شرایط مرزی را برای مدل تعریف کرد. در نرم‌افزار Flow-3D مرز سطح آزاد جریان به‌وسیله تکنیک VOF محاسبه می‌شود. همچنین روش FAVOR برای شناسایی هندسه در سلول‌های حجم محدود استفاده می‌شود. روی دیواره‌ها و بافل به دلیل در نظر گرفتن شرط عدم لغزش در معادلات ناویر - استوکس سرعت u و v صفر است. شرایط مرزی تعیین‌شده برای شش وجه مش‌بندی مدل به تفکیک به شرح زیر است:

ورودی: سرعت ورودی برای بلوک اول که شامل کانال اصلی می‌شود در همه مدل‌ها ۰/۱۶۶ متر بر ثانیه را برای شرط مرزی ورودی با انتخاب گزینه Specified Velocity مشخص می‌شود. برای ورودی بلوک دوم روی کانال فرعی نیز سرعت مشخص تعیین‌شده است.

خروجی: با انتخاب شرط مرزی OutFlow برای قسمت خروجی در پایین‌دست کانال اصلی، محاسبه پارامترهای جریان در خروجی به نرم‌افزار محول می‌شود.

کف دیواره‌های حوضچه: هرچند نرم‌افزار باقدرت تکنیک FAVOR دیواره‌ها و کف را شناسایی می‌کند ولی گزینه Wall برای کف کانال‌ها و دیواره آن‌ها انتخاب می‌شود.

سطح آزاد جریان: نرم‌افزار Flow-3D از روش VOF برای حل سطوح آزاد استفاده می‌کند که شرایط مرز آب‌وهوا را به‌صورت حجم سیال شبیه‌سازی می‌کند. شرط مرزی در نظر گرفته‌شده برای وجه بالارو به هوا در هر دو کانال گزینه Summetry است که به معنای متقارن در نظر گرفتن این مرز تا بی‌نهایت است.

برای تعیین شرایط اولیه در زمان t=0 دو شرط اولیه برای مدل در نظر گرفته‌شده است. با تعریف ناحیه جریان در هر دو کانال به ارتفاع ۰/۲۹۶ متر برابر ارتفاع جریان در مدل، کانال از اول زمان مدل‌سازی پر در نظر گرفته می‌شود. دیگر شرط اعمال‌شده در زمان سفر این است که توزیع فشار در این زمان به‌صورت فشار هیدرواستاتیک در نظر گرفته‌شده است تا از شروع مدل‌سازی فشار سطح آزاد کانال‌ها ورودی در جهت z به شکل هیدرواستاتیک برای سطوح آزاد باشد.

معرفی مدل‌های پژوهش

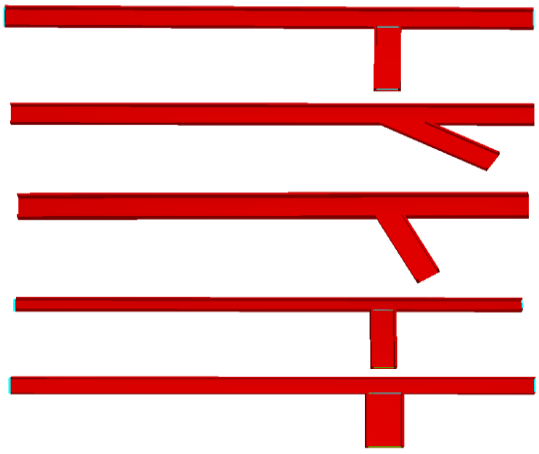
در این مقاله به بررسی زاویه تقاطع بین کانال اصلی و جانبی، سرعت جریان ورودی، سطح مقطع و طول در کانال جانبی پرداخته‌شده است. مدل‌های موردبحث و بررسی در قالب جدول ۱ شرح داده‌شده است. قابل‌ذکر است که سرعت ورودی، عرض و سطح مقطع و همچنین طول کانال اصلی در تمام مدل‌سازی‌ها ثابت و برابر با هم هستند. ازآنجاکه به دلیل عوامل اثر زیاد هندسی مانند زاویه تقاطع، سطح مقطع و متغیرهای جریان مانند عدد فرود کانال پیش‌بینی درست خصوصیات جریان در تقاطع کانال‌ها با مدل‌های ساده ریاضی و کدنویسی تقریباً غیرممکن است و نیاز به تحلیل عددی سه‌بعدی دارد در این تحقیق از بسته نرم‌افزاری سه‌بعدی Flow-3D استفاده‌شده است.

جدول ۱- معرفی مدل‌های تحقیق

Table 1- Introduction of research models

مدل Model	زاویه تقاطع intersection angle	طول کانال جانبی side channel length (m)	عرض کانال جانبی intersection of the lateral channel (m)	سرعت ورودی کانال جانبی value of inlet speed in the side channel (m/s)
1	90	3.66	0.90	0.5
2	60	3.66	0.90	0.5
3	30	3.66	0.90	0.5
4	90	5.52	0.90	0.5
5	90	3.66	1.40	0.5
6	90	3.66	0.90	0.75

مدل ۱ همان مدل آزمایشگاهی Weber است که مشخصات تقاطع و کانال جانبی آن در جدول فوق مشاهده می‌شود. مدل‌های ۲ و ۳ به ترتیب دارای زاویه تقاطع ۶۰ و ۳۰ درجه و بقیه ویژگی آن‌ها مطابق با مدل پایه یا همان مدل ۱ است. مدل ۴ در طول کانال جانبی با مدل ۱ متفاوت است. عرض مقطع کانال جانبی در این مدل ۱/۵ برابر عرض این کانال در مدل پایه است. مدل ۶ دقیقاً هندسه مدل پایه را دارد و تفاوت آن در سرعت ورودی کانال جانبی است که سرعتی معادل ۰/۷۵ متر بر ثانیه و ۱/۵ برابر سرعت ورودی کانال جانبی در مدل‌های دیگر است. شکل ۴ هندسه این مدل‌ها را به ترتیب از مدل شماره ۱ تا مدل شماره ۵ را در نرم‌افزار Flow-3D نشان می‌دهد.



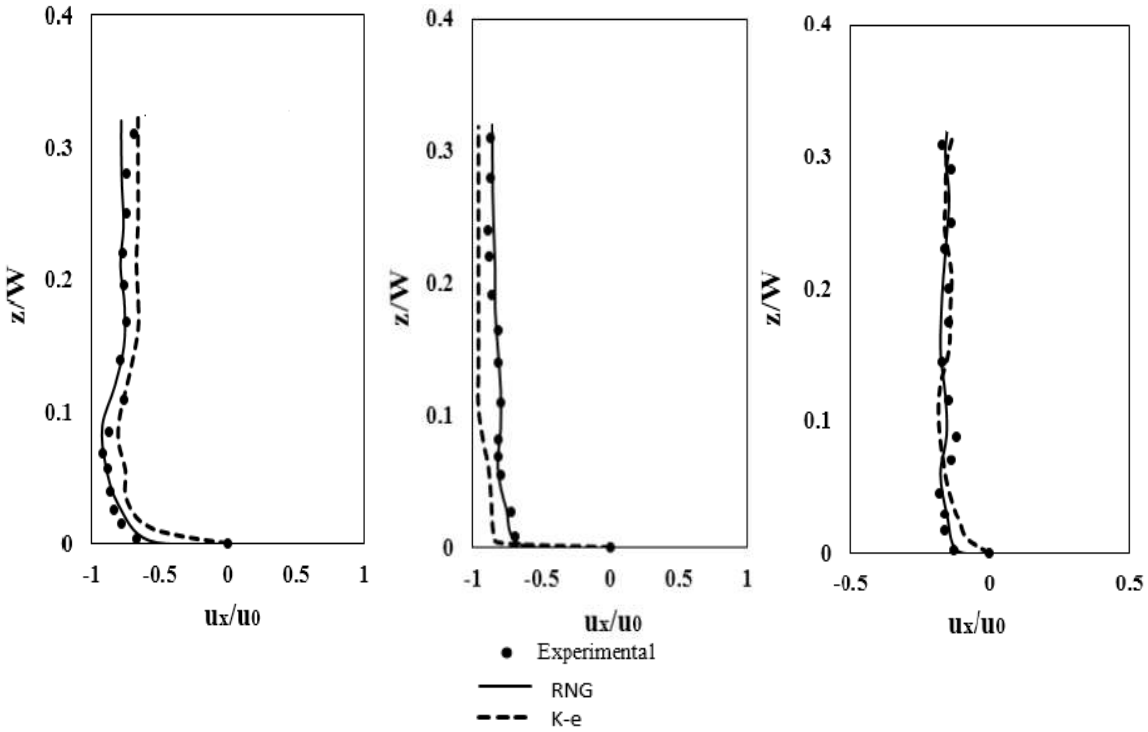
شکل ۴- هندسه مدل‌ها به ترتیب از مدل ۱ تا ۵

Figure 4- The geometry of the models, respectively, from model 1 to 5

صحت‌سنجی مدل جریان

همان‌طور که گفته شد از مدل آزمایشگاهی تحقیق Weber *et al.*, (2001) جهت صحت‌سنجی مدل عددی ساخته‌شده استفاده‌شده است. Weber *et al.*, (2001) به مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان در کانال‌های متقاطع ۹۰ درجه پرداختند. مؤلفه‌های سرعت اندازه‌گیری شده توسط Weber به‌صورت سه‌بعدی بوده است. در این مدل‌سازی مجموعاً حدود ۲۸۵۰ مؤلفه سرعت در مقطع‌ها و عمق‌های مختلف برداشت‌شده است. این داده‌های اندازه‌گیری شده در تحقیق حاضر نیز برای صحت‌سنجی مدل عددی مجدد استفاده‌شده است.

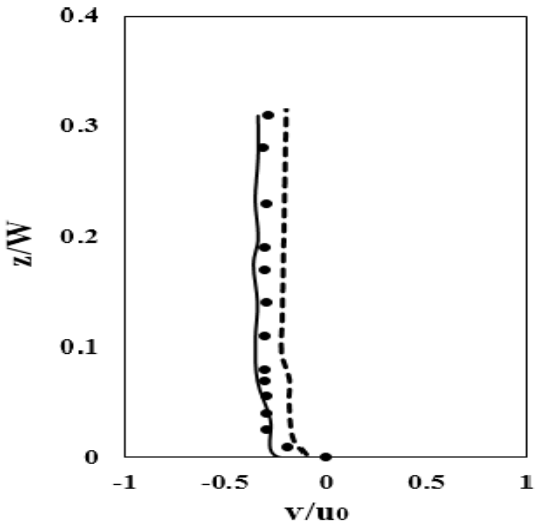
شکل ۵ پروفیل سرعت در جهت X برای کانال اصلی را در سه مقطع بالادست تقاطع، روی تقاطع و مقطع پایین‌دست تقاطع را نشان می‌دهد. این شکل مقایسه داده‌های آزمایشگاهی Weber را با دو نتیجه از نرم‌افزار Flow-3D مشخص کرده است. تفاوت دو نمودار استخراج‌شده از نرم‌افزار در مدل آشفتگی آن‌ها بوده است. همان‌طور که مشخص است نتایج پروفیل سرعت مدل‌های عددی با داده‌های آزمایشگاهی با تفاوت اندکی منطبق است. مدل آشفتگی RNG مطابقت بیشتری با داده‌های آزمایشگاهی دارد.



شکل ۵- پروفیل بی‌بعد سرعت در جهت X در کانال اصلی، به ترتیب از راست: مقطع بالادست تقاطع، مقطع روی تقاطع و مقطع پایین‌دست تقاطع

Figure 5- The dimensionless profile of velocity in the X direction in the main channel, in order from the right: the section upstream of the intersection, the section above the intersection and the section downstream of the intersection.

در شکل ۶ همانند شکل قبلی مقایسه پروفیل سرعت در جهت Y داده‌های آزمایشگاهی و مدل‌های عددی این بار در کل کانال جانبی را نمایش می‌دهد. چون این دو کانال بر هم عمودند در کانال جانبی باید سرعت در جهت Y در نظر گرفته شود. در این بخش صحت نتایج و مدل‌سازی عددی با مقایسه داده‌های آزمایشگاهی Weber تأیید و همچنین نشان داده شد که مدل آشفتگی RNG نسبت به مدل آشفتگی k-e در مدل‌سازی تقاطع کانال‌ها مناسب‌تر است. در اینجا صحت نتایج و مدل‌سازی عددی با مقایسه با داده‌های آزمایشگاهی Weber تأیید و همچنین نشان داده شد که مدل آشفتگی RNG نسبت به مدل آشفتگی k-e در مدل‌سازی تقاطع کانال‌ها مناسب‌تر است.



شکل ۶- پروفیل بی‌بعد سرعت در جهت Y در کانال جانبی مقطع قبل از تقاطع دو کانال

Figure 6- Dimensionless profile of velocity in the Y direction in the side channel of the section before the intersection of the two channels

معادلات حاکم بر جریان

معادله پیوستگی

با تعریف قانون بقا جرم روی یک حجم کنترل ثابت کوچک که جریان سیال از آن عبور می‌کند، معادله پیوستگی به‌صورت رابطه ۱ بیان می‌شود:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla.(\rho v) = 0 \qquad (۱)$$

و معادله پیوستگی برای یک المان سیال تحت کسری از حجم سیال به شکل رابطه ۱ تشکیل می‌شود که در آن ρ چگالی سیال، V_f کسر حجم باز سیال و u, v و w سرعت جریان در جهت‌های x, y و z است.

معادلات ممنتوم

همه جریان‌ها در مسیر حرکت خود با هر هندسه‌ای از قوانین حاکم بر جریان پیروی می‌کنند. معادله دیگر حاکم بر جریان سیال بقا اندازه حرکت یا ممنتوم یا همان قانون دوم نیوتن است. معادلات ناویر - استوکس همان معادلات ممنتوم حاکم بر جریان سیالات نیوتنی لزج یا مدل ریاضی حاکم بر حرکت سیالات هستند. این معادلات در جهت‌های سه‌گانه محور مختصات به شکل رابطه ۲ تا ۴ تعریف می‌شود که در آن G_x و G_y و G_z شتاب‌های جرم و f_x و f_x و f_x شتاب‌های لزجت است. برای سایر مؤلفه‌ها به مراجع اصلی و راهنمای نرم‌افزار Flow-3D مراجعه شود.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_t}\left\{uA_x\frac{\partial u}{\partial x} + vA_y\frac{\partial u}{\partial y} + wA_z\frac{\partial u}{\partial z}\right\} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial x} + G_x + f_x \qquad (۲)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_t}\left\{uA_x\frac{\partial v}{\partial x} + vA_y\frac{\partial v}{\partial y} + wA_z\frac{\partial v}{\partial z}\right\} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial y} + G_y + f_y \qquad (۳)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_t}\left\{uA_x\frac{\partial w}{\partial x} + vA_y\frac{\partial w}{\partial y} + wA_z\frac{\partial w}{\partial z}\right\} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial w} + G_z + f_z \qquad (۴)$$

نتایج و بحث

مطابق با جدول ۱ به ارائه بررسی و نتایج حاصل از تغییرات موردنظر و گفته‌شده در این جدول بر کانال آزمایشگاهی Weber پرداخته می‌شود. در چهار بخش زاویه تقاطع دو کانال، طول کانال جانبی، مساحت مقطع کانال جانبی و سرعت در ورودی کانال جانبی می‌پردازیم.

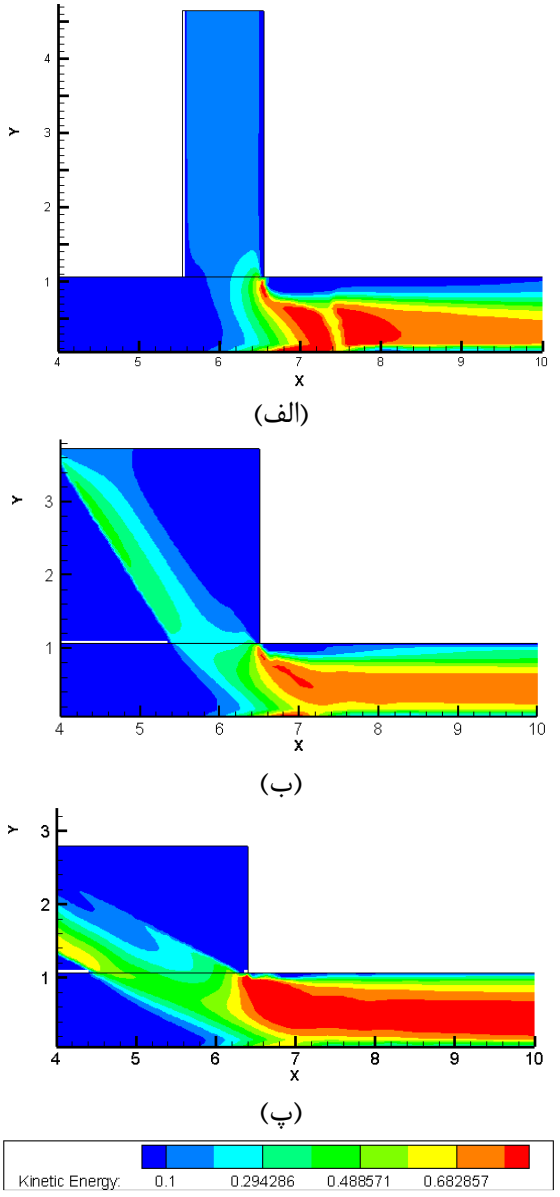
بررسی جریان در کانال جانبی نشان داد در همه مدل‌سازی‌ها در این کانال، جریان به‌صورت یکنواخت و بدون جریان‌های عرضی و نواحی چرخشی است که به همین دلیل در نتایج از مقاطع بالادست تقاطع در کانال جانبی صرف‌نظر شده است و بیشتر تغییرات در محل تقاطع و بعدازآن اتفاق افتاده است.

بررسی زاویه تقاطع

در این قسمت از نتایج به بررسی زاویه بین کانال اصلی و کانال جانبی پرداخته می‌شود. مدل‌های شماره یک، دو و سه به ترتیب با زاویه‌های تقاطع ۹۰، ۶۰ و ۳۰ درجه ارزیابی می‌شوند. همان‌طور که در بررسی سایر مقالات و موضوعات مرتبط با این پژوهش مانند تحقیق قبادیان و سیدی‌تبار (Ghobadian and Seyedi tabar., 2016) مشاهده شد، در بعضی از تحقیقات اثر زاویه تقاطع بررسی‌شده است اما در این پژوهش به بررسی سه‌بعدی در مقاطع عرضی و طولی و پلان محل تقاطع پرداخته می‌شود.

شکل ۷ کانتورهای انرژی جنبشی در ارتفاع میانه کانال را برای سه مدل با زوایای تقاطع ۹۰، ۶۰ و ۳۰ درجه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در کانال با زاویه تقاطع ۳۰ درجه (مدل شماره ۳) جریان دارای بیشترین انرژی جنبشی است. کمترین انرژی جنبشی مربوط به کانال با تقاطع ۶۰ درجه است، همچنین در کانال با تقاطع ۹۰ درجه بیشترین انرژی جنبشی نزدیک به دیواره روبروی کانال جانبی است که

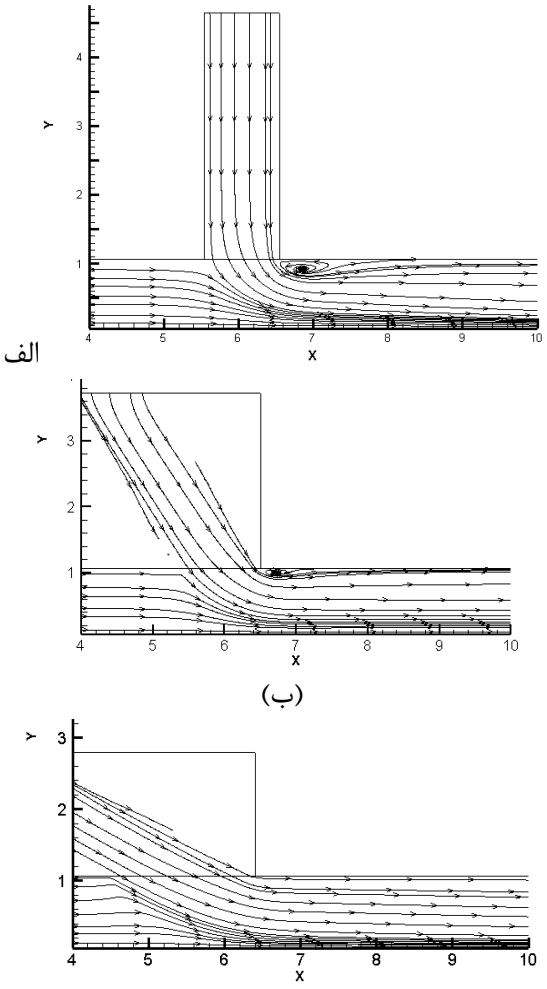
این امر به دلیل ایجاد بیشترین انحراف جریان در کانال اصلی توسط جریان کانال جانبی است.



شکل ۷- مقایسه کانتورهای انرژی جنبشی در پلان تقاطع کانال‌های اصلی و جانبی با زاویه الف) ۹۰، ب) ۶۰ و پ) ۳۰ درجه

Figure 7- Comparison of kinetic energy contours in the intersection plan of the main and side channels with angles a) 90, b) 60 and c) 30 degrees

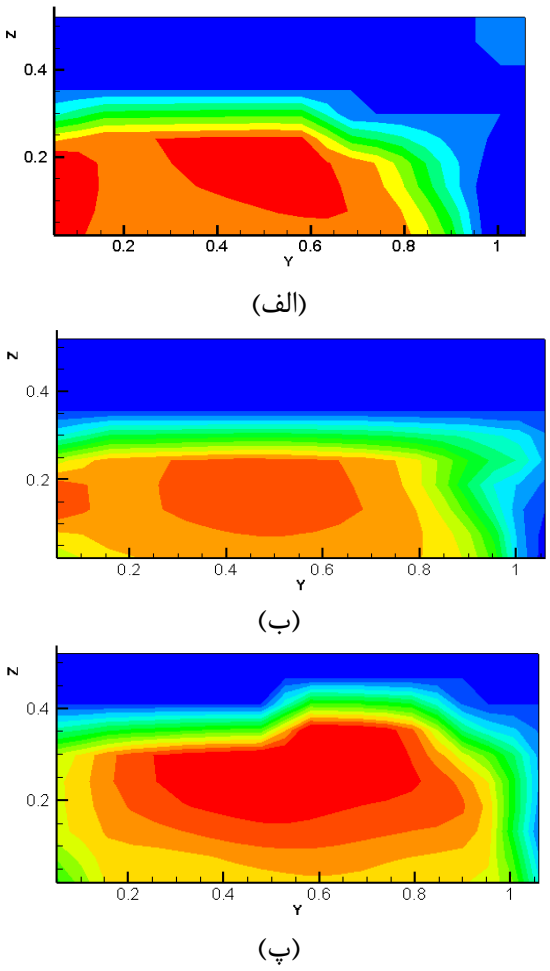
در شکل ۸ با یکسان بودن تقریبی نواحی چرخشی در سه منطقه نزدیک به کف، میانه ارتفاع و نزدیک به سطح جریان، متوجه می‌شویم این خطوط مربوط به ارتفاع میانه است. بزرگ‌ترین ناحیه جدایی جریان مدل ۱ با زاویه تقاطع ۹۰ درجه است. این ناحیه جدایی در مدل ۲ با زاویه تقاطع ۶۰ درجه کم شده و در مدل ۳ با زاویه تقاطع ۳۰ درجه محو می‌شود. ناحیه جدایی جریان سبب رسوب‌گذاری در دیواره داخلی بعد از تقاطع می‌شود. با بررسی شکل‌های ۷ و ۸ می‌توان گفت زاویه ۳۰ و ۶۰ درجه بهترین زاویه برای کمترین انرژی جنبشی و ابعاد ناحیه جدایی جریان است.



شکل ۸- مقایسه خطوط جریان و ابعاد ناحیه جدایی جریان برای تقاطع کانال‌ها با زاویه الف) ۹۰، ب) ۶۰ و پ) ۳۰ درجه

Figure 8- Comparison of the flow lines and the dimensions of the flow separation area for the intersection of two channels with an angle a) 90, b) 60 and c) 30 degrees

شکل ۹ مقطع عرضی کانال اصلی درست بعد از تقاطع را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۹ قسمت الف مشخص است جریان به سمت دیواره بیرونی (ناحیه قرمز) کشیده شده و در سمت دیواره داخلی ناحیه‌ای بزرگ یا همان ناحیه جدایی جریان با جریان‌های منفی و چرخشی تشکیل‌شده است. این ناحیه تقریباً در شکل ۹-پ وجود ندارد و جریان به شکل قرینه است. آرام‌ترین جریان مربوط به کانال با تقاطع ۶۰ درجه در شکل ۹-ب است.



(الف)

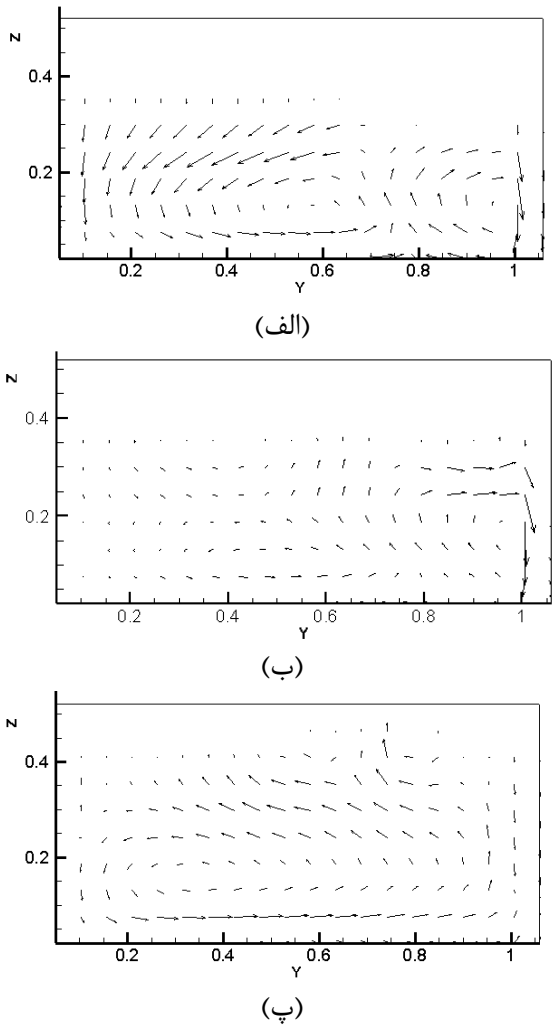
(ب)

(پ)

شکل ۹- مقایسه کانتورهای سرعت u (m/s) مقطع عرضی در X=7m کانال اصلی برای تقاطع کانال‌ها با زوایای الف) ۹۰، ب) ۶۰ و پ) ۳۰ درجه

Figure 9- Comparison of velocity contours u (m/s) of the cross section at X=7m of the main channel for the intersection of the channels with angles a) 90, b) 60 and c) 30 degrees

شکل ۱۰ بردارهای سرعت برای همان مقطع عرضی کانال اصلی بعد از تقاطع گفته‌شده را نشان می‌دهد. کمترین جریان‌های عرضی برای مدل شماره ۲ با زاویه تقاطع ۶۰ درجه در شکل ۱۰-ب مشاهده می‌شود. بنا بر آنچه در بررسی‌های قبل انجام شد و در این نتیجه نیز مشاهده شد، همچنین در نتایج تحقیق افرادی مثل بهداروند و همکاران (Behdarvandi *et al.*, 2022) این موضوع که بهترین کانال متقاطع با زاویه ۶۰ درجه است را تأیید می‌کند.



(الف)

(ب)

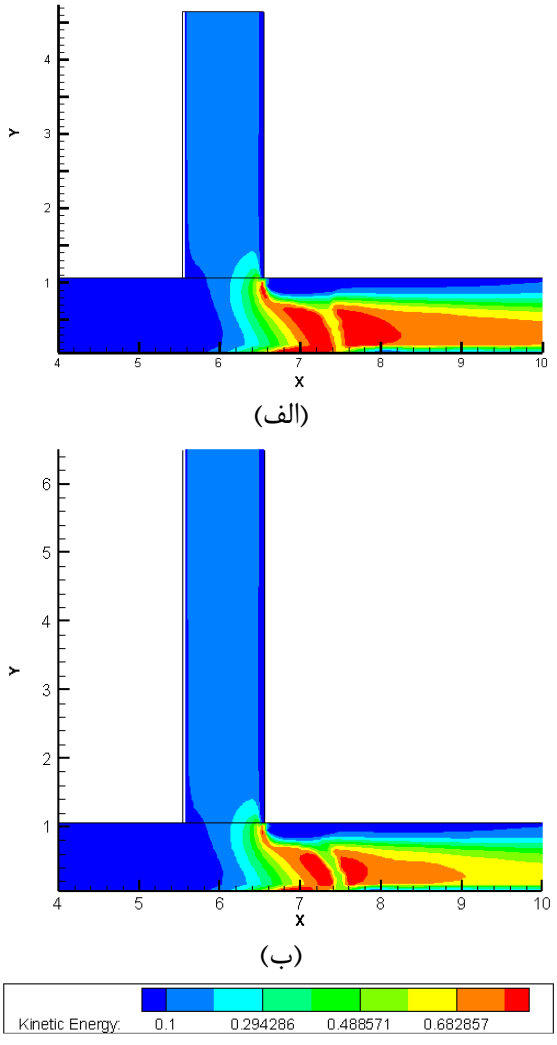
(پ)

شکل ۱۰- مقایسه بردارهای سرعت مقطع عرضی در X=7m کانال اصلی برای تقاطع کانال‌ها با زوایای الف) ۹۰، ب) ۶۰ و پ) ۳۰ درجه

Figure 10- Comparison of cross-sectional velocity vectors at X=7m of the main channel for the intersection of channels with angles a) 90, b) 60 and c) 30 degrees

بررسی طول کانال جانبی

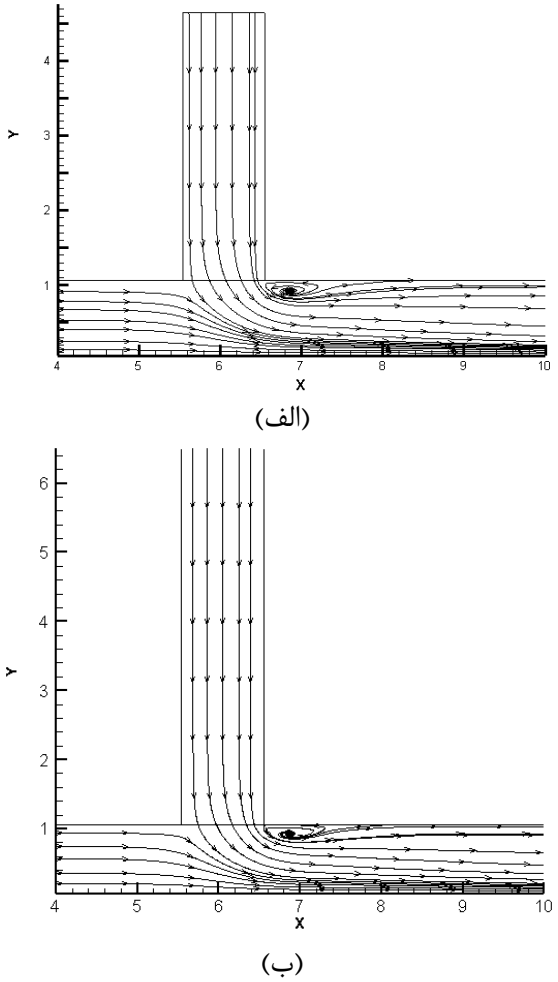
طول کانال جانبی در مدل یک برابر با ۳/۶۶ و این طول برای مدل چهار ۵/۵۲ متر در نظر گرفته‌شده است که هدف از این کار بررسی اثر افزایش طول کانال جانبی بر الگوی جریان در محل تقاطع دو کانال است. شکل ۱۱ کانتورهای انرژی جنبشی را برای دو حالت طول کانال به تصویر می‌کشد. معلوم است که با افزایش طول کانال جانبی انرژی جریان بعد از تقاطع و طول ناحیه باانرژی جنبشی بالا (ناحیه سرخ) کاهش می‌یابد.



شکل ۱۱- مقایسه کانتورهای انرژی جنبشی (m^2/s^2) برای طول کانال جانبی الف) ۳/۶۶ متر و ب) ۵/۵ متر

Figure 11- Comparison of kinetic energy contours (m^2/s^2) for the length of side channel a) 3.66 meters and b) 5.52 meters

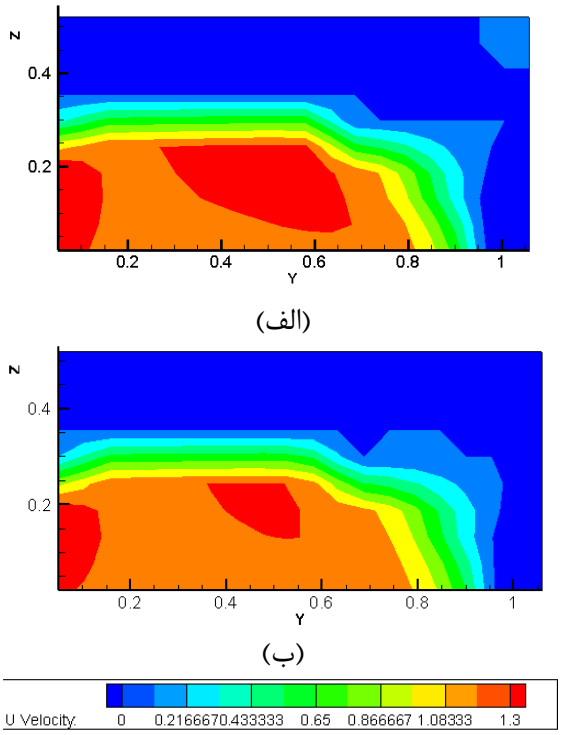
شکل ۱۲ نواحی چرخشی در ناحیه جدایی جریان را نشان می‌دهد که با دقت در آن می‌توان فهمید عرض ناحیه جدایی جریان حدود ۲۰ درصد نسبت به مدل شماره ۱ با طول کانال جانبی کمتر، کاهش‌یافته است و سبب کاهش رسوب‌گذاری جریان می‌شود. طول ناحیه جدایی جریان تقریباً بدون تغییر باقی‌مانده است. همچنین نتیجه مشابه‌ای را نیکپور و خسروی‌نیا (Nikpour and Khosravinia., 2018) در پژوهش خود نیز به دست آورده‌اند.



شکل ۱۲- مقایسه خطوط جریان و ابعاد ناحیه جدایی جریان برای طول کانال جانبی الف) ۳/۶۶ متر و ب)۵/۵۲ متر

Figure 12- Comparison of flow lines and dimensions of flow separation area for side channel length a) 3.66 meters and b) 5.52 meters

در شکل ۱۳ مقطع عرضی در X=7 متر بررسی‌شده است. برای هر دو مدل شماره یک و چهار با طول کانال جانبی مختلف الگوی جریان تشکیل‌شده تقریباً برابر است ولی سرعت در جهت افقی u برای مدل شماره یک با طول کمتر، بیشتر است. عرض کمتر ناحیه جدایی برای مدل شماره ۴ را هم می‌توان مشاهده کرد.

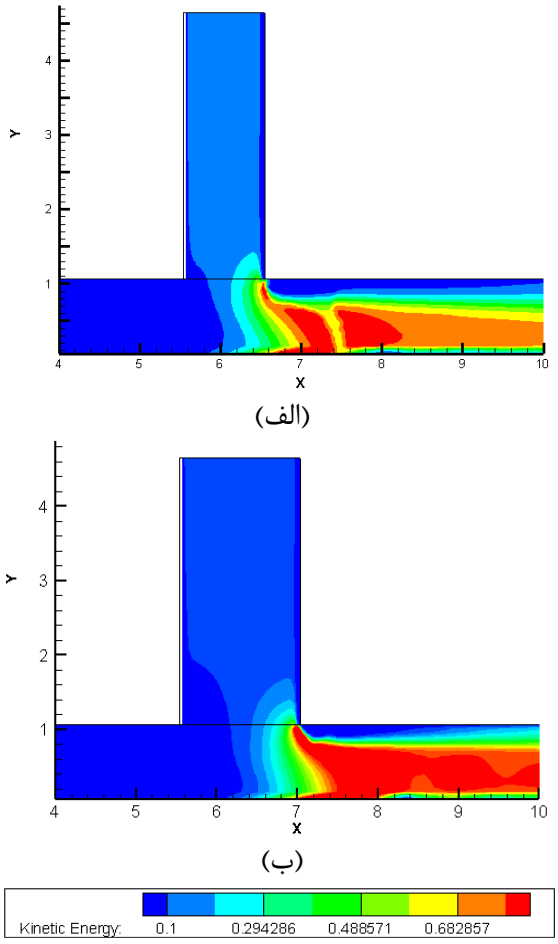


شکل ۱۳- مقایسه کانتورهای سرعت u مقطع عرضی در X=7 کانال اصلی برای طول کانال جانبی الف) ۳/۶۶ متر و ب) ۵/۵۲ متر

Figure 13- Comparison of u speed contours of the cross section at X=7 of the main channel for the length of the side channel a) 3.66 meters and b) 5.52 meters

بررسی سطح مقطع عرضی کانال جانبی

بعد از بررسی طول کانال جانبی نوبت به ارزیابی عرض و درنتیجه سطح مقطع کانال جانبی می‌رسد. مدل شماره ۱ با عرض ۰/۹۱ متر و مدل شماره ۵ با عرض ۱/۴۰ متر در این قسمت با هم مقایسه می‌شود. بررسی سطح مقطع عرضی کانال جانبی یکی از جدیدترین موضوعات در بحث تقاطع کانال‌های اصلی و جانبی است. با افزایش عرض یا سطح مقطع کانال جانبی در مدل شماره ۵، دبی جریان در این کانال نیز افزایش‌یافته است. با افزایش دبی کانال جانبی، دبی عبوری از تقاطع نیز افزایش‌یافته و ممنتوم برخورد جریان از کانال جانبی و کانال اصلی بیشتر می‌شود. شکل ۱۴ نشان از افزایش انرژی بعد از ورودی با افزایش عرض دبی و جریان کانال جانبی است.

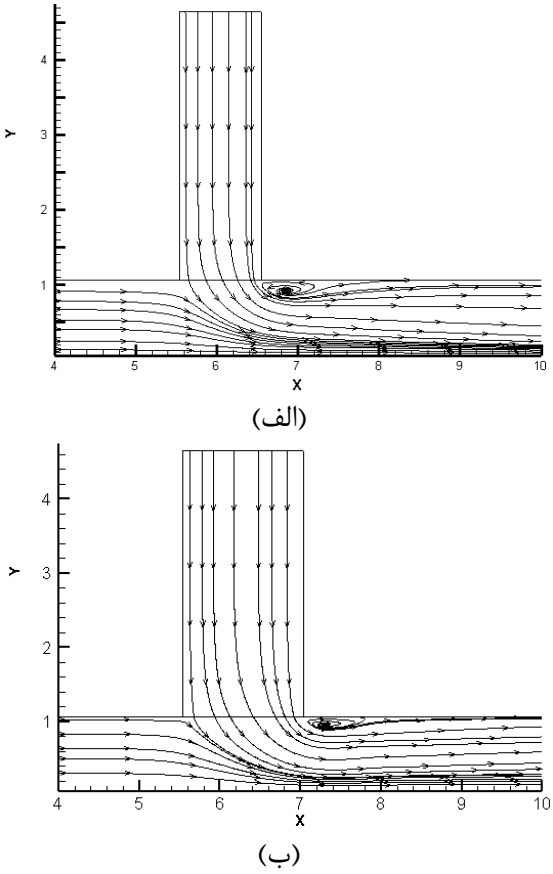


شکل ۱۴- مقایسه کانتورهای انرژی جنبشی (m^2/s^2) برای عرض کانال جانبی الف) ۰/۹۱ متر و ب)۱/۴۰ متر.

Figure 14- Comparison of kinetic energy contours (m2/s2) for side channel width a) 0.91 m and b) 1.40 m

شکل ۱۵ خطوط جریان و مقدار ناحیه جدایی جریان را نشان می‌دهد. با افزایش عرض در قسمت ب شکل ۱۵ مشخص است که طول ناحیه جدایی جریان افزایش‌یافته و همچنین افزایش دبی کانال جانبی و

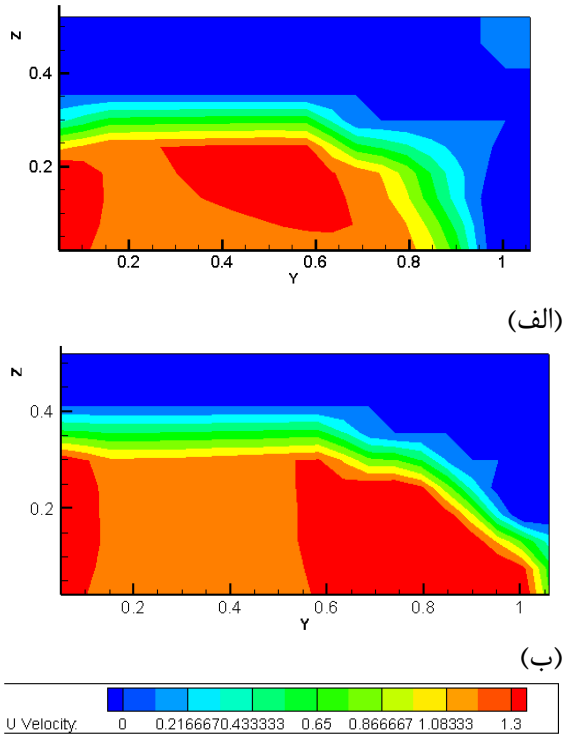
اعمال نیروی بیشتر بر جریان اصلی، عرض عبوری جریان کانال اصلی کاهش پیداکرده است.



شکل ۱۵- مقایسه خطوط جریان و ابعاد ناحیه جدایی جریان برای عرض کانال جانبی الف) ۰/۹۱ متر و ب)۱/۴۰ متر.

Figure 15- Comparison of the flow lines and the dimensions of the flow separation area for the width of the side channel a) 0.91 m and b) 1.40 m

همان‌طور که شاهد هستیم در شکل ۱۶، همانند سایر مدل‌ها سرعت‌های بزرگ‌تر در نزدیکی کف ایجادشده است. در مدل شماره ۴ با عرض بیشتر دو ناحیه با سرعت بزرگ در سمت چپ و راست کانال تشکیل‌شده است که در ناحیه تشکیل‌شده در دیواره بیرونی نشان از جریان عبوری کانال اصلی و ناحیه قرمز در دیواره داخلی نشان از جریان عبوری با دبی بالای کانال جانبی را می‌دهد. این ناحیه در جریان با عرض کمتر در میانه عرض کانال تشکیل شد.



شکل ۱۶- مقایسه کانتورهای سرعت u مقطع عرضی در X=7m کانال اصلی برای عرض کانال جانبی الف) ۰/۹۱ متر و ب)۱/۴۰ متر.

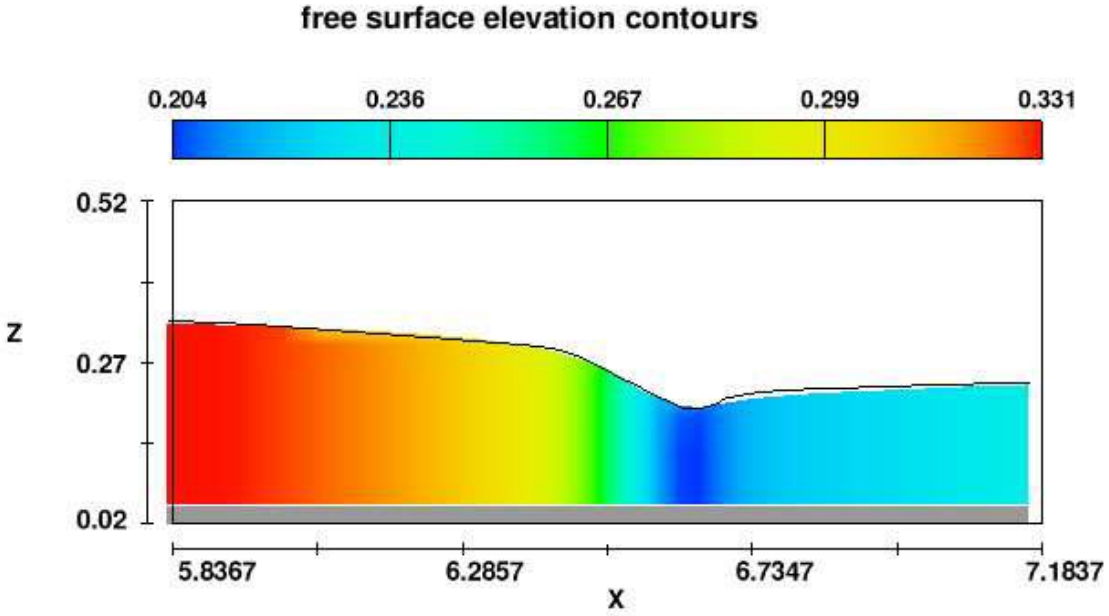
Figure 16- Comparison of u velocity contours of the cross section at X=7m of the main channel for the width of the side channel a) 0.91 m and b) 1.40 m

بررسی مقدار سرعت ورودی در کانال جانبی

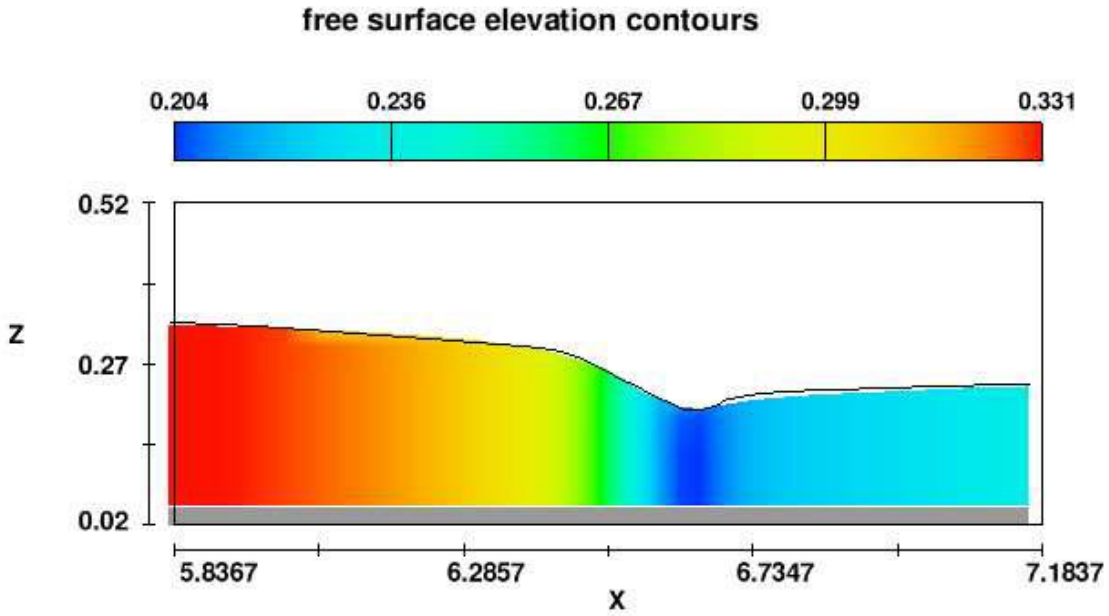
سرعت ورودی در کانال جانبی برخلاف بخش‌های قبلی که همگی مربوط به هندسه کانال‌ها بودند، جز پارامترهای هیدرولیکی جریان است. مدل شماره ۱ و ۶ به ترتیب با سرعت ورود کانال جانبی ۰/۵ و ۰/۷۵ متر بر ثانیه در این قسمت بررسی می‌شود. شکل ۱۷ پروفیل سطح آب برای مدل‌های شماره ۱ و ۶ را نشان می‌دهد. همان‌طور که معلوم است قبل و دقیقاً روی تقاطع سطح جریان، جریان اندکی بالا افتادگی است ولی بلافاصله بعد از تقاطع جریان دچار پایین‌افتادگی محسوسی می‌شود. حجم و ارتفاع جریان در مدل شماره ۶ بیشتر است ولی افتادگی بعد از تقاطع برای این مدل کمتر و ملایم‌تر است. کرمی مقدم و همکاران

(Karami moghadam *et al*., 2019) نیز در تحقیق خود این بالا رفتگی و سپس پایین‌افتادگی را، تجربه کردند و راهکارهایی برای آن پیشنهاد داده‌اند.

همچنین آن‌ها در تحقیق خود، مدل ساختگی با زاویه ۹۰ درجه همانند مدل شماره ۶ در این تحقیق را بررسی کردند که در قسمت افتادگی کمتر و ملایم‌تر بعد از تقاطع، به نتیجه مشترک رسیده‌ایم.



(الف)

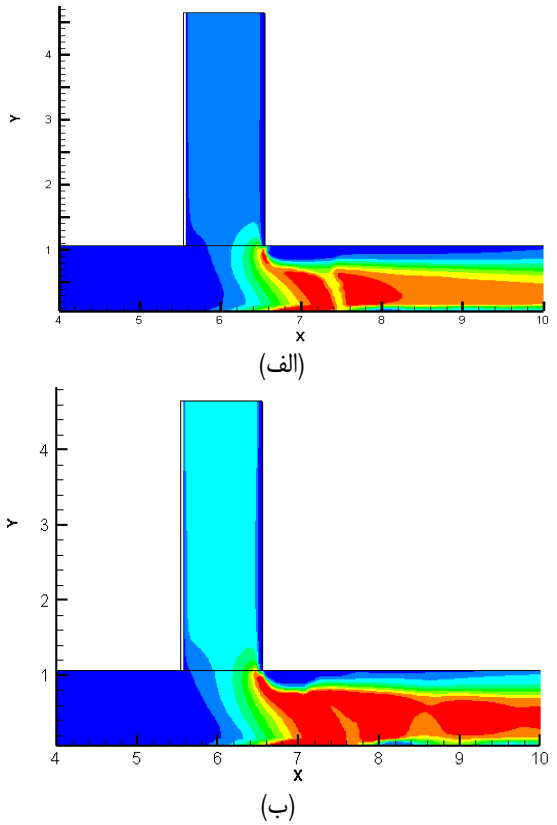


(ب)

شکل ۱۷- پروفیل سطح آب در محل تقاطع و اندکی بعدازآن در کانال اصلی برای سرعت ورودی الف) ۰/۵ m/s و ب) ۰/۷۵ m/s .

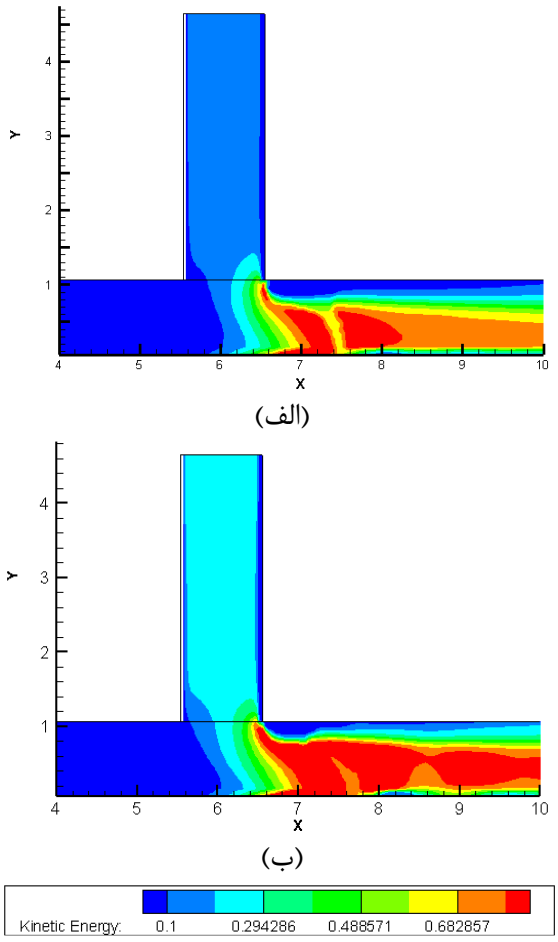
Figure 17- Water level profile at the intersection and shortly after that in the main channel for the inlet velocity a) 0.5 m/s and b) 0.75 m/s

شکل ۱۸ کانتورهای انرژی جنبشی را نشان می‌دهد که با افزایش سرعت ورودی کانال جانبی همانند افزایش سطح مقطع آن، حجم جریان ورودی به تقاطع از این کانال افزایش‌یافته و همچنین انرژی جنبشی در طول کانال اصلی بیشتر می‌شود. همین عالم سبب افزایش طول ناحیه جدایی جریان به‌عنوان ناحیه‌ای رسوب‌گذار و مشکل‌ساز در سمت دیواره داخلی می‌شود که در شکل ۱۹ مشخص است. البته به نظر می‌رسد از عرض این ناحیه اندکی کاسته شده است و همچنین انرژی جریان به سمت دیواره خارجی کشیده شده است و خطر فرسایش در این دیواره را افزایش می‌دهد.



شکل ۱۸- مقایسه کانتورهای انرژی جنبشی (m^2/s^2) برای مقدار سرعت ورودی کانال جانبی الف) ۰/۵ متر بر ثانیه و ب) ۰/۷۵ متر بر ثانیه.

Figure 18- Comparison of kinetic energy contours (m2/s2) for the inlet velocity of the side channel a) 0.5 m/s and b) 0.75 m/s.



شکل ۱۹- مقایسه کانتورهای انرژی جنبشی (m^2/s^2) برای مقدار سرعت ورودی کانال جانبی الف) ۰/۵ متر بر ثانیه و ب) ۰/۷۵ متر بر ثانیه.

Figure 19- Comparison of kinetic energy contours (m2/s2) for the inlet velocity of the side channel a (0.5 m/s and b) 0.75 m/s.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برخورد جریان ورودی از کانال جانبی با جریان اصلی پس از برخورد با آن، باعث انحراف جریان کانال فرعی به سمت پایین‌دست تقاطع دو کانال اصلی و فرعی می‌شود (Ghobadian and Seyedi tabar., 2016). شکل‌گیری و ناحیه چرخشی با فشار پایین در مجاورت دیواره سمت کانال جانبی از مشخص‌ترین ویژگی جریان در این تقاطع‌ها است (Hosseini and Abrishami, 2018). جریان چرخشی در این ناحیه با

فشار پایین، فضای کافی برای رسوب‌گذاری را در اختیار جریان قرار داده و از طرف دیگر ضمن کاهش سطح مقطع عبوری جریان، منجر به افزایش سرعت عبوری در مجاورت کف و همچنین جداره بالایی کانال می‌شود که این افزایش سرعت در درازمدت، آب شستگی این ناحیه را در بر خواهد داشت (Musavi Jahromi and Goudarzizadeh, 2011). در این پژوهش برخی خصوصیات هیدرولیکی و هندسی تقاطع کانال‌ها با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D بررسی شد و همچنین با نمونه‌هایی مقایسه گردید. مدل‌سازی به‌صورت سه‌بعدی و با استفاده از مدل آشفتگی RNG انجام شد. در زیر به برخی از نتایج به‌دست‌آمده اشاره‌شده است.

۱- در منطقه بالادست کانال‌های اصلی و فرعی جریان حالتی یکنواخت دارد و فقط در نزدیکی تقاطع دچار اندکی بالاآمدگی می‌شود.

۲- بعد از تقاطع در پایین‌دست کانال اصلی ناحیه جدایی جریان تشکیل می‌شود. این ناحیه به دلیل جریان چرخشی موجود در آن سبب رسوب‌گذاری بیشتری در دیواره داخلی کانال اصلی بعد از تقاطع می‌شود که این موضوع مشکلاتی را ایجاد می‌کند.

۳- با عبور از ناحیه جدایی جریان، شرایط جریان به سمت دوباره یکنواخت شدن پیش می‌رود و با حذف شدن ناحیه چرخشی جدایی جریان مقطع، جریان عبوری به همان کل عرض مقطع کانال می‌رسد.

۴- با بررسی زاویه تقاطع دو کانال اصلی و جانبی مشخص شد که در زاویه ۳۰ درجه تقریباً ناحیه جدایی محو می‌شود ولی چون جریان‌ها با زاویه‌ای کم به هم می‌پیوندند سرعت و انرژی جریان در محل تقاطع و بعدازآن نسبت به زاویه ۶۰ درجه بیشتر است.

۵- بررسی افزایش طول کانال جانبی نشان داد که عرض ناحیه جدایی حدود ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، همچنین انرژی جنبشی بعد از تقاطع مقدار قابل‌توجهی کاهش داشته است.

۶- با افزایش سرعت و همچنین افزایش عرض کانال جانبی، دبی ورودی این کانال به تقاطع افزایش میابد.

با توجه به اهمیت رسوب‌گذاری کف و همچنین فرسایش دیواره خارجی در تقاطع دو کانال اصلی و فرعی، پیشنهادهایی برای محققین آینده و طراحان تقاطع کانال‌ها ارائه می‌شود.

۱- کانال‌های مصنوعی در تقاطع‌ها ترجیحاً بر هم عمود نباشند و زاویه‌ای کمتر از ۶۰ و بیشتر از ۳۰ درجه، حدود ۴۵ درجه مناسب‌ترین زاویه برای تقاطع‌ها است.

۲- پیشنهاد می‌شود جریان همراه با رسوب نیز در تقاطع‌ها بررسی شود.

۳- بررسی تأثیر شیب کف کانال اصلی و جانبی از دیگر مباحث قابل تحقیق بیشتر در این زمینه است.

۴- پیشنهاد می‌شود شیب دیواره‌ها و تغییر شکل هندسی مقاطع عرضی هر دو کانال مثلاً به شکل‌های مثلثی و ذوزنقه‌ای ارزیابی شود.

۵-پیشنهاد می‌شود اثر انواع بافل‌ها در تقاطع جریان شامل بافل‌های مستغرق و غیر مستغرق بررسی شود.

References

Azhdari, K., Talebi, Z. & Hosseini, S. H. (2020). Simulation of Subcritical Flow Distribution and Water Surface Fluctuations in Four-branch Open Channel Junction with FLOW 3D. *Irrigation and Drainage*, 14(3), 1018-1031. (In persian).

Behdarvandi, M., Hajipour, M., Parsi, E. & Ansari ghojghar, M. (2022). Investigation of Velocity Changes in a Straight Asymmetric Rectangular Composite Channel Using Flow-3D Software. *Irrigation and Water Engineering*, 13(1), 1-16. Doi: 10.22125/iwe.2022.158503 (In Persian).

Burqa'i, S. M. & Nazari, A. (2003*). Laboratory investigation of sediment pattern at the intersection of channels.* 6th International Civil Engineering Conference, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran (In Persian).

Ghobadian, R. & Seyedi tabar, Z. (2016). Numerical investigating of the effect of lateral channel junction position on flow pattern at river bend. *Water and Soil Conservation*, 22(6), 81-89. (In Persian).

Hemmati, M. & Aghazade-Soureh, T. (2018). Simulation of the Effect of Bed Discordance on Flow Pattern at the River Confluence by Flow-3D Model. *Irrigation and Drainage*, 11(5), 785-797.

Hosseini, S, M. & Abrishami, J. (2018). *Open-Channel Hydraulics*. 35th Edition: Imam Reza International University, 613 pages (In Persian).

Karami moghadam, M., Keshavarz, A. & Sabzevar, T. (2019). The Effect of Diversion Flow, Intake Inlet Shape, Topography and Bed Roughness on the Flow Separation Dimensions and Shear Stress at the Lateral Intake. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 73(19), 113-126. (In Persian).

Khosravinia, P., Hosseini, S.H. & Hosseinzadeh Dalir, A. (2018). Numerical analyzing of flow in open channel junction with effect of side slope of channel. *Irrigation and Water Engineering*, 10(1), 1-16. Doi: 10.22125/iwe.2019.95871 (In Persian).

Kwanza, J.K., Kinyanjui, M. & Nkoroi, J.M. (2007). Modelling fluid flow in rectangular and trapezoidal open channels. *Advances and Applications in Fluid Mechanics*, 2(2), 149-158.

Masjedi, A. & Taeedi, A. (2011). Experimental Investigations of Effect Intake Angle on Discharge in Lateral Intakes in 180 Degree Bend. *World Applied Sciences Journal*, 15(10), 1442-1444

Musavi Jahromi, S.M., & Goudarzizadeh, R. (2011). Numerical Simulation of 3D Flow Pattern at Open-Channel Junctions. Irrigation *Sciences and Engineering*, 34(2), 61-70 (In Persian).

Nikpour, M. & Khosravinia, P. (2018). Numerical Simulation of Side Slope Effect of Main Channel Wall on Flow Behavior in Open Channels *Junction. Irrigation and Drainage*, 11(6), 1024-1037. (In persian).

Raeisi Dehkordi, M. (2022). Description of types of pollution in water resources and protection of water resources, *New Approaches in Civil Engineering*, 6(1), 42-52. Doi: 10.30469/jnace.2022.154373 (In Persian).

Ramamurthy, A.S., Carballada, L.B. & Tran, D.M. (1988). Combining Open Channel Flow at Right Angled Junctions. *Journal of hydraulic engineering*, 114(12), 1449-1460.

Tabesh, M. (2018). Advanced Modeling of Water Distribution Networks. 4th Edition: University of Tehran Press, 585 pages.

Taylor, E. (1944). Flow Characteristics at Rectangular Open-Channel Junctions. *Journal of hydraulic engineering*, 10(6), 893-902.

Thiong'o, J.W. (2011). *Investigations of fluid flows in open rectangular and triangular channels.* Master's thesis, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Juja, Kenya.

Weber, L.J., Schumate, E.D. & Mawer, N. (2001). Experiments on Flow at a 90° Open-Channel Junction. *Journal of hydraulic engineering*, 127(5), 340-350.

Integrated Watershed Management, spring, 2023, 3(1), 72-88 **Article Type: Technical**

doi: 10.22034/IWM.2023.1995634.1066 **Online ISSN: 2783-4581**

A comprehensive overview of the effects of acid rain on different parts of the planet

Hamzeh Saeediyan*

Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran

*** Corresponding Author:** Hamzah.4900@yahoo.com

(Received: 07 March 2023 Revised: 09 May 2023 Accepted: 22 May 2023)

Extended Abstract

Introduction: Nowadays, the effects of acid rains in different regions of the world have been considered by most researchers as well as politicians around the world, such that acid rain has new dimensions and has become one of the key words in scientific circles around the world.

Materials and Methods: The present study investigated the effects of acid rain in different regions of the world and on soil, ranges and forests, seas and lakes and rivers, humans, buildings and structures as well as transportation industry and agricultural products according to national and international scientific documents.

Results and Discussion: The results showed that acid rain, which occurs naturally due to the combination of water and carbon dioxide, leads to the creation of a weak acid called carbonic acid, which is extremely useful for nature and does not cause any destructive effects on the environment and humans. However, what has disturbed this natural trend in recent decades is the unscrupulous and unthinking interference of human beings, which has caused natural acid rain to become artificial acid rain and has very destructive and dangerous effects for humans and the entire planet. The results also showed that soils around the world, despite the buffering state that is created and have an important defense device called calcium carbonate, are still severely affected by acid rains and there are significant changes in soil properties as well as accelerating its erodibility. Other categories such as ranges and forests, agricultural products, surface and non-surface waters, humans, buildings and structures, transportation, and wildlife do not usually have a good defense against the destruction caused by acid rain and can be far more effective. The results also showed that the biggest victim of acid rain is human, which appears to be weaker than other categories and has more influence than acid rain.

Conclusion: Due to the risks of acid rain around the world, various studies have been conducted on soil, vegetation and forests, agricultural products and surface and subsurface waters, but they are usually not comprehensive throughout the world. However, studies on the role of acid rain in various buildings and structures, transportation industry and onshore and marine wildlife as well as humans are very few. The strong recommendation of this research to researchers and politicians is that acid rain can even change civilizations, so it should be taken extraordinarily seriously, just as in the past water shortages have changed civilizations. In the future, acid rain and changes in water quality can transform civilizations around the world. Furthermore, considering that there are several methods around the world in all different sectors to deal with acid rain, but there is a pressing need to establish an important and comprehensive law to coordinate researchers and politicians and make the methods of dealing with acid rain more efficient, so it is recommended that the comprehensive law against acid rain be passed and implemented in Iran as soon as possible.

Keywords: Acid rain, Soil, Water, Vegetation

Citation: Saeediyan, H. (2023). A comprehensive overview of the effects of acid rain on different parts of the planet. *Integrated Watershed Management*, 3(1), 72-88. doi: 10.22034/iwm.2023.1995634.1066

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 سوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات (۸۸-۷۲) نوع مقاله: فنی و ترویجی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.1995634.1066

مروری جامع بر اثرات باران اسیدی در بخش‌های مختلف زمین

حمزه سعیدیان *

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

* **نویسنده مسئول:** Hamzah.4900@yahoo.com

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۱۲/۱۶ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۰۲/۱۹ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۲/۲۸)

چکیده

امروزه اثرات باران‌های اسیدی در مناطق مختلف دنیا موردتوجه اکثر محققان و همچنین سیاستمداران در سراسر دنیا قرارگرفته است به‌طوری‌که در محافل علمی سراسر دنیا موضوع باران اسیدی به‌عنوان یکی از واژه‌های کلیدی روزبه‌روز دارای ابعاد تازه‌ای می‌شود. تحقیق حاضر به اثرات باران اسیدی در مناطق مختلف دنیا و بر روی خاک، مراتع و جنگل‌ها، دریاها و دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، انسان، ساختمان و سازه‌ها و همچنین صنعت حمل‌ونقل و محصولات کشاورزی با توجه به مستندات علمی داخلی و خارجی پرداخته است. نتایج تحقیق نشان داد که باران اسیدی که به‌صورت طبیعی و در اثر ترکیب آب و دی‌اکسید کربن اتفاق می‌افتد منجر به ایجاد اسید ضعیفی با اسم اسیدکربنیک می‌شود که فوق‌العاده برای طبیعت مفید است و هیچ‌گونه آثار مخربی در هیچ مقوله‌ای برای محیط‌زیست و بشر ایجاد نمی‌کند؛ اما آنچه این روند طبیعی را در دهه‌های اخیر به هم زده است دخالت‌های بدون ضابطه و بدون اندیشه بشر است که باعث شده باران اسیدی طبیعی به باران اسیدی مصنوعی تبدیل شود و دارای آثار بسیار مخرب و خطرناکی برای بشر و کل کره زمین باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که خاک‌ها در سراسر دنیا به‌شدت تحت تأثیر باران‌های اسیدی قرار می‌گیرند و تغییرات مشهودی در خصوصیات خاک و همچنین تسریع در فرسایش‌پذیری آن ایجاد می‌شود. سایر مقوله‌های موردبررسی مانند مراتع و جنگل‌ها، محصولات کشاورزی و آب‌های سطحی و غیر سطحی، انسان، ساختمان و سازه‌ها، حمل‌ونقل و حیات‌وحش معمولاً وسیله دفاعی مناسبی هم در برابر تخریب‌های ناشی از باران اسیدی ندارند و به‌مراتب می‌تواند تأثیرپذیری بیشتری هم داشته باشند. همچنین نتایج تحقیقات نشان داد که بزرگ‌ترین قربانی باران اسیدی، انسان است که نسبت به مقوله‌های دیگر ضعیف‌تر به نظر می‌رسد و تأثیرپذیری بیشتری نسبت به باران اسیدی دارد. ضمناً با توجه به خطرات باران اسیدی در سراسر دنیا، مطالعات مختلفی بر روی خاک، پوشش گیاهی و جنگل‌ها، محصولات کشاورزی و آب‌های سطحی و غیر سطحی در حال انجام یا انجام‌شده است ولی معمولاً گسترده و جامع در سراسر دنیا نیستند. ولی مطالعات بر روی نقش باران اسیدی در ساختمان و سازه‌های مختلف، صنعت حمل‌ونقل و حیات‌وحش خشکی و دریایی و همچنین انسان به‌شدت کم است. توصیه اکید این تحقیق به محققان و سیاستمداران این است که باران اسیدی می‌تواند حتی باعث تغییر تمدن‌ها نیز شود پس فوق‌العاده جدی گرفته شود و هر چه سریع‌تر قانون جامع مقابله با باران اسیدی در ایران تصویب و اجرا شود.

واژهای کلیدی: باران اسیدی، خاک، آب، پوشش گیاهی

استناد: سعیدیان، ح. (۱۴۰۲). مروری جامع بر اثرات باران اسیدی در بخش‌های مختلف زمین. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۳(۱) ۸۸-۷۲.

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

باران اسیدی اصطلاحی است که در دهه‌های اخیر با توجه به انقلاب‌های صنعتی مختلف در سراسر دنیا بسیار موردتوجه محققان مختلف قرارگرفته است به‌طوری‌که بخش‌های مهم تحقیقاتی خود را به شناخت باران اسیدی و چگونگی به وجود آمدن آن و درنهایت اثرات باران اسیدی و راه‌حل‌های مختلف کاهش آن اختصاص داده‌اند. برای نخستین بار در سال ۱۸۴۵ داکروس به باران اسیدی پی برد و در اواسط قرن نوزدهم میلادی شیمیدانی انگلیسی به اسم روبرت آنگوس اسمیت به باران اسیدی و جزئیات آن برای اولین بار اشاره کرد (Ghoddousian, 2006). روبرت آنگوس اسمیت در سال ۱۸۷۲ برای نخستین بار اصطلاح باران اسیدی را برای تشریح و توصیف طبیعت اسیدی باران‌های باریده شده در شهر منچستر به کار برد. ترکیب شیمیایی فرم‌های مختلف بارندگی از سال‌ها پیش توسط محققین متعدد در مناطق مختلف موردبررسی قرارگرفته است (Junge & Werby, 1958). ترکیب شیمیایی آب باران یا برف عمدتاً توسط منبع بخارآب و یون‌های اضافه‌شده در طول مسیر قطرات به آن تعیین می‌شود (Appelo *et al*., 2005). درصورتی‌که هیچ‌گونه آلودگی هوا در طبیعت اتفاق نیفتد باران اسیدی طبیعی به وجود می‌آید که هیچ‌گونه ضرری برای طبیعت ندارد. در این هنگام باران از خالص ترین منابع آبی است و در هنگام بارش دی‌اکسید کربن اتمسفری را جذب کرده و موجب پیدایش اسیدکربنیک می‌گردد و اسیدکربنیک تولیدشده pH آب را به ۵/۶ کاهش می‌دهد.

اگر pH آب به پایین‌تر از ۵/۶ برسد به آن باران اسیدی اطلاق می‌گردد (Gupta, 2009). درصورتی‌که آلودگی‌های مختلف با مشتقات سولفات و نیترات و غیره اتفاق بیفتد باران اسیدی از حالت طبیعی خارج می‌شود و به علت آلودگی‌های مختلف بشری به باران اسیدی مصنوعی تغییر نام می‌دهد که از این به بعد دارای اثرات خطرناکی بر ابعاد مختلف زندگی موجودات زنده و کره زمین است که به‌مرورزمان تغییرات پایدار و بدون بازگشتی را به وجود می‌آورد. باران به‌طورمعمول به‌خودی‌خود مقداری اسیدی است، اما زمانی وضعیت حاد می‌گردد و بارش‌های اسیدی زیان‌بار می‌شوند که مقدار pH باران به علت ورود مشتقات سولفات و نیترات به داخل جو و حل شدن آن‌ها در آب باران و تولید اسیدسولفوریک و اسید نیتریک به مقدار کمتر از ۵ کاهش یابد و درنهایت قدرت اسیدی باران بیشتر گردد. به‌طورکلی منظور از باران اسیدی، بارانی است که pH آن از ۵/۶ کم‌تر باشد (Welburn, 1990؛ Cowgil, 1990؛ Neill, 1993). اگر مقدار pH کمتر از ۴/۶ شود باران اسیدی به‌شدت خطرناک است. ازجمله اثرات زیست‌محیطی بارش‌های اسیدی می‌توان به تخریب بناها و برخی ابزارهای انسان، تخریب و کاهش جنگل‌ها، اسیدی شدن محیط‌های آبی، تأثیر بر گیاهان زراعی (Ferenbaugh, 1976) و غیره اشاره نمود. باران اسیدی از پیامدهای مهم آلودگی هواست که در دهه‌های اخیر رشد چشم‌گیری پیداکرده است و اگر به همین شکل ادامه پیدا کند قطعاً باعث تغییرات مهمی در زندگی همه موجودات زنده در کره زمین خواهد شد و حتی می‌تواند باعث مرگ زودرس در همه موجودات زنده شود. باران اسیدی پدیده مهمی است که مردم اطلاعات کمی در مورد آن دارند و آنچه باران اسیدی را تحت عنوان مشکلی بزرگ مطرح می‌کند به دلیل آلودگی و غیربهداشتی بودن آن است (Karami Sorkheh Liejeh *et al*., 2014). متأسفانه فعالیت‌های انسانی بدون توجه به آلودگی هوا در سراسر دنیا به‌سرعت در حال گسترش می‌باشند و به قولی این فعالیت‌ها برای رفاه بیشتر انسان‌ها صورت می‌گیرد درحالی‌که اگر همراه با توجه ویژه و اساسی به بحث آلودگی هوا نباشد نه‌تنها باعث رفاه بیشتر برای انسان نمی‌شود بلکه باعث مرگ زودرس و کوتاهی عمر در انسان و سایر موجودات زنده نیز می‌شود.

اگر انقلاب‌های صنعتی به همین روال و بدون توجه به خطرات آلودگی هوا ادامه یابد در آینده همه مردم دنیا باید منتظر وقوع باران‌های اسیدی خطرناک‌تر که می‌تواند نسل بشر و سایر موجودات زنده را منقرض کند،

باشند. هدف تحقیق حاضر برجسته کردن اثرات باران اسیدی بر روی بخش‌های مختلف کره زمین با توجه به مستندات علمی داخلی و خارجی در ایران و دنیا است که به‌نوبه خود کاری ارزشمند برای اهمیت دادن به باران اسیدی و خطراتی که در حال و آینده برای بشر و سایر موجودات زنده دارد، است؛ بنابراین ضروری است که تحقیقات مختلف در مورد باران اسیدی و خطرات ناشی از آن موردتوجه بیش‌ازپیش محققان و سیاست‌گذاران کشورهای مختلف قرار گیرد تا جایی که قوانینی محکم با ضمانت‌های اجرایی بالا توسط سازمان‌های بین‌المللی وضع شود و کشورهای خاطی توسط سایر کشورها مورد بازخواست قرار گیرند و تلاش شود آلودگی هوا به میزان قابل قبولی کاهش یابد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با تأکید بر مطالعات مختلف بر روی باران-های اسیدی و اثرات متفاوت آن‌ها در ایران و دنیا در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف انجام‌شده است. برای انجام این پژوهش مستندات مختلف از منابع داخلی و خارجی جمع‌آوری شد و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و اثرات مختلف باران‌های اسیدی به‌صورت جزئی و همراه با تفصیل‌های متفاوت بر روی خاک، مراتع و جنگل‌ها، دریاها و دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، انسان، ساختمان و سازه‌ها و همچنین صنعت حمل‌ونقل و محصولات کشاورزی موردبررسی قرار گرفتند و اثرات باران اسیدی توسط پژوهشگران مختلف در مناطق متفاوت سراسر دنیا مورد بازبینی قرار گرفت و مقایسه اثرات باران اسیدی در اقلیم‌های مختلف دنیا صورت گرفت و درنهایت نیز هشدارهای مهمی همراه با مستندات علمی جمع‌آوری‌شده از سراسر دنیا به محققان و همچنین سیاستمداران داخلی و خارجی در ارتباط با باران‌های اسیدی و خطرات حال و آینده آن برای بشر و کره زمین داده شد.

نتایج و بحث

یکی از پدیده‌های مهلک و خطرناک در دهه‌های اخیر، باران اسیدی است. باران یکی از بزرگ‌ترین نعمت‌های خداوند متعال است اما انقلاب‌های صنعتی سبب شده است تا باران سودمند به یک باران مضر تبدیل شود. در چند دهه اخیر میزان اسیدیته آب باران، در بسیاری از نقاط کره زمین افزایش یافته و به همین خاطر اصطلاح باران اسیدی رایج شده است. تا چندی پیش چنین تصور می‌شد که باران اسیدی یک مشکل اروپایی است اما امروزه مشاهده می‌شود که باران اسیدی همه کشورهای صنعتی در تمام دنیا را تحت تأثیر قرار می-دهد و اگر قوانینی بین‌المللی که همه کشورهای جهان را ملزم به کاهش آلودگی هوا کند، هرچه زودتر تدوین نشود در آینده کره زمین با فاجعه باران اسیدی در ابعاد بزرگ‌تر مواجهه خواهد شد. آب باران هیچ‌گاه، کاملاً خالص نبوده و با پیشرفت صنعت بر ناخالصی‌های آن افزوده‌شده است. ناخالصی طبیعی باران به‌طور عمده ناشی از نمک‌های دریایی است و گازها و دودهای ناشی از فعالیت انسان در فرآیند ابرها دخالت می‌کنند. البته آب باران به‌طور طبیعی، مشکل بهداشتی ازنظر مواد شیمیایی ندارد مگر اینکه آلودگی بسیار شدید هوا در منطقه وجود داشته باشد (Beiderwieden *et al.*, 2005). آتش‌سوزی جنگل‌ها نیز ازجمله عواملی است که در میزان اسیدیته آب باران نقش دارد. فرآیندهای بیولوژیکی، آتشفشانی و فعالیت‌های انسان، مواد آلوده‌کننده جو را در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی در فضا منتشر می‌کنند. تحقیق حاضر به اثرات باران اسیدی در اکوسیستم‌های مختلف دنیا بر روی خاک، پوشش گیاهی و جنگل‌ها، دریاها و دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، انسان، ساختمان و سازه‌ها و همچنین صنعت حمل‌ونقل و محصولات کشاورزی با توجه به مستندات علمی در بخش‌های مختلف به‌صورت مجزا پرداخته است.

اثرات باران اسیدی بر روی ویژگی‌های مختلف خاک و فرسایش

خاک در کنار آب‌وهوا یکی از اضلاع مثلث حیات روی زمین است. در جهان صنعتی امروزه مواد زیادی هستند که باعث آلودگی خاک می شوند. متخصصین هشدار می‌دهند که خطر آلودگی خاک نباید دست‌کم گرفته شود زیرا این آلودگی به‌طور مستقیم بر انسان و سایر موجودات زنده کره زمین تأثیر دارد. آلودگی خاک به هرگونه تغییر در ویژگی اجزای تشکیل‌دهنده خاک می‌گویند به‌طوری‌که استفاده از خاک ناممکن شود (Karami Sorkheh Liejeh & Maleki, 2014). خاک در هر جنبه‌ای از زندگی شامل غذا، آب، هوا و سلامت نقش دارد. سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) تخمین می‌زند که تولید ۹۵ در صد غذای ما به صورت مستقیم و غیرمستقیم با خاک در ارتباط است.

بر همین اساس، آلودگی خاک یک خطر سلامت واقعی و بسیار جدی است. یکی از انواع آلودگی‌های محیط‌زیست، آلودگی خاک است. خاک‌ها به‌عنوان پالاینده‌های طبیعت محسوب می‌شوند و علاوه بر اینکه تأمین‌کننده مواد غذایی هستند، خاصیت تصفیه‌کنندگی نیز دارند که این خاصیت آن‌ها در اثر خواص فیزیکی و شیمیایی و همچنین خواص زیستی آن‌ها حاصل می‌گردد (Karami Sorkheh Liejeh & Maleki, 2014). یکی از منابع آلوده‌کننده خاک، آلودگی هوا و در پی آن تشکیل باران‌های اسیدی است. یکی از تأثیرات مهم باران اسیدی اثر آن بر خاک است که از این طریق می‌تواند بر محیط‌های دیگری مثل آب‌های سطحی و زیرزمینی، گیاهان و جانوران تأثیر بگذارد. ازآنجاکه عمده خاک‌های اکثر مناطق جهان قلیایی است با بارش باران‌های اسیدی بر روی زمین اسید موجود در آب خنثی می‌شود و به‌این‌ترتیب کمی از قدرت تخریب اسیدی آن کاسته خواهد شد اما در مناطقی که خاک قلیایی می شود و یا ضخامت لایه قلیایی خاک کم است، درنتیجه بارش باران اسیدی باعث تجزیه شدن مواد موجود در خاک و درنتیجه آن کاهش خاصیت خاک و سست شدن ذرات خاک و درنتیجه بارندگی، شسته شدن خاک صورت می‌گیرد. باران اسیدی به‌طور مستقیم سبب آبشویی عناصر مغذی نظیر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم موجود در خاک می‌شود و خاک حالت اسیدیته پیدا می‌کند و عمدتاً خاک‌های اسیدی، خاک‌های نامناسبی هستند که به‌واسطه اسیدها، عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را ازدست‌داده‌اند. خاک ممکن است بخشی یا همه اسیدیته باران را نیز خنثی کند که به این قابلیت ظرفیت بافری خاک نیز گفته می‌شود و بدون آن خاک‌ها اسیدی‌تر می‌شوند (Gholinejad *et al.*, 2019)؛ بنابراین اثرات باران اسیدی بر خاک به شکل‌های متفاوتی از قبیل شستشوی عناصر مغذی خاک، اسیدی شدن خاک و رهاسازی عناصر سمی رخ می‌دهد. افزایش باران اسیدی سبب تغییر در خصوصیات شیمیایی خاک می شود و در کنار باران اسیدی، دی‌اکسید کربن حاصل از فعالیت میکروبی نیز موجب پیشبرد تولید اسیدکربنیک می‌شود که نتیجه آن‌هم کاهش اسیدیته خاک است.

اسیدیته بر روی خاک تأثیر می‌گذارد و یک عنصر مغذی برای گیاه نظیر پتاسیم به‌تدریج از خاک شسته و خارج می شود. تحت شرایط اسیدی، فلزات سمی برای گیاه در خاک انباشته می‌شوند. باران اسیدی منجر به اسیدی شدن خاک و افزایش تبادل میان یون هیدروژن و کاتیون هایی مانند پتاسیم، منیزیم و کلسیم در خاک می‌شود. این کاتیون‌ها در خاک تجزیه می شوند و می‌توانند به سرعت در محلول خاک همراه با سولفات باران اسیدی شسته شوند (Van Breeman *et al.*, 1984). اسیدی شدن بیش‌ازحد خاک در تجزیه لاشبرگ‌های درختان و مواد مغذی سلولزی تأخیر ایجاد می‌کند (Francis, 1982). کیفیت خاک نقش مهمی در نگهداری تنوع ساختاری اکوسیستم‌های جنگلی دارد. همچنین بارش اسیدی فعالیت میکروب‌هایی را که مواد آلی موجود در خاک را به عناصر مغذی موردنیاز گیاه تبدیل می‌کنند، مختل می‌نمایند. زمانی که جمعیت میکروبی کاهش

پیدا می‌کند، میکروب‌ها آن‌چنان قادر به تحمل محیط اسیدی خاک به علت بارش اسیدی نیستند. Bakhshipour و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر باران اسیدی بر خواص ژئوتکنیک خاک‌های درجا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اسیدیته کم باران اسیدی باعث کاهش مقاومت و بیشینه وزن مخصوص خشک خاک شده و ضریب نفوذپذیری در نمونه خاک را کاهش می‌دهد. Lemos و همکاران (۲۰۱۸) به اثر اسیدی شدن در مناطق شهری و صنعتی پرداختند. نتایج نشان داد که حضور آلاینده‌های اسیدی، تأثیر منفی درازمدتی بر خصوصیات اتمسفر و خاک داشته و موجب تغییرات جهشی خاک می‌شوند. Saeediyan و همکاران (۲۰۱۳) و (۲۰۲۱) به بررسی اثر باران اسیدی در فرسایش‌پذیری خاک پرداختند. نتایج نشان داد که در سازندهای آغاجاری و گچساران میزان رواناب و رسوب و همچنین فرسایش‌پذیری خاک با افزایش غلظت باران اسیدی به اسیدیته ۴ و ۵، افزایش می‌یابد. Wei و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تأثیر باران اسیدی بر واکنش‌های اسیدی در خاک اراضی کشاورزی پرداختند. نتایج نشان داد که باران اسیدی با اسیدیته معین موجب ایجاد واکنش‌های اسیدی یکسان در نمونه‌های مختلف خاک نخواهد شد؛ زیرا واکنش‌های اسیدی در هر نوع خاک با توجه به ساختار و محتوای خاک متغیر است. باران اسیدی اثرات سریعی بر خاک داشته و سبب تجزیه و پراکنده شدن خاک و درنتیجه فرسایش می شود. Alipour و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که با اسیدی‌تر شدن باران و درنهایت مقایسه آن با باران غیر اسیدی مقدار پاشمان خاک افزایش می‌یابد که این امر هم در خاک خشک و هم در خاک اشباع اتفاق می‌افتد. Saeediyan و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که در میزان رواناب و رسوب سازندهای گچساران و آغاجاری در سه غلظت بارش آب مقطر، اسیدیته ۵ و اسیدیته ۴، بیشترین تأثیر را شدت بارش دارد و همچنین کمترین تأثیر را اثر متقابل شدت بارش و جهت دامنه در میزان رواناب و رسوب بازی می‌کند و در سازندهای گچساران و آغاجاری میزان رواناب نسبت به رسوب حساسیت بسیار بیشتری در غلظت‌های مختلف بارش نسبت به اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش از خود نشان می‌دهد. Koosha (۲۰۱۵) به بررسی اثر باران‌های اسیدی و قلیایی بر ویژگی‌های خاک و تولید رسوب پرداختند و بیان کردند که با افزایش pH میزان حجم رواناب و غلظت رسوب در تمامی تیمارها کاهش یافت ولی افزایش شدت بارندگی باعث افزایش مقادیر مذکور شد. Saeediyan و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری خاک نسبت به بارش‌های اسیدی بیان کردند که به‌طورکلی با افزایش میزان درجه اسیدی و افزایش مدت‌زمان نفوذ، ویژگی‌های خاک دچار تغییرات شده که ازجمله این تغییرات می‌توان به ویژگی‌های مقاومتی و ظرفیت باربری خاک اشاره کرد که در این میان جهت دامنه نیز به دلیل داشتن میزان رس و مواد آلی متفاوت باعث تأثیرپذیری بیشتر بارش اسیدی در میزان نفوذپذیری خاک می‌شود.

کربنات کلسیم یکی از ضربه‌گیرهای طبیعی باران اسیدی در خاک‌های مختلف محسوب می‌شود. هیدروژن اسید با کربنات کلسیم ترکیب شده و در جریان این واکنش اسید خنثی می‌گردد که این پدیده را ظرفیت خنثی سازی اسیدی می‌نامند (Ezzatian, 2010). بنابراین وقتی بارش اسیدی بر روی خاک می بارد آهک توسط اسید خنثی می‌شود و درنتیجه ذرات خاک به‌راحتی از هم جدا می‌شوند و باعث تولید رواناب و رسوب زیادی می‌گردد. میزان تأثیر باران اسیدی بر خاک به نوع و خواص آن خاک نیز بستگی دارد. حساسیت خاک‌ها نسبت به باران اسیدی بستگی دارد به وجود یا نبود کربنات در نیمرخ خاک، ظرفیت کلی بافری یا ظرفیت تبادل کاتیونی خاک که عمدتاً توسط محتوی رس و مواد آلی خاک تعیین می شود و همچنین سیستم مدیریتی که بر خاک اعمال می‌شود

(McFee, 1980 ؛Manahan, 2005). درنهایت باران اسیدی با کاهش pH خاک عناصر سمی مانند آلومینیوم را آزاد می‌کند و فعالیت آن دسته از ریزاندام‌واره‌های مفید خاک را که در دامنه‌های بالای pH فعال‌اند را کم کرده و درنتیجه از حاصلخیزی خاک می‌کاهد (Zhang *et al.*, 2007؛ King *et al.*, 2006). Meer Hosaini و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که مقدار نسبتاً زیاد آهک موجود در منطقه سرچشمه استان کرمان اثر بارش‌های اسیدی را کاهش می‌دهد ولی بااین‌وجود باران‌های اسیدی علاوه بر شستن بخشی از عناصر، مقادیر کلسیم و منیزیم تبادلی را کاهش می‌دهند و همچنین قابلیت جذب عنصر مس در خاک‌های مورد آزمایش نیز درنتیجه تأثیر باران‌های اسیدی افزایش می‌یابد.

میزان تأثیر باران اسیدی بر روی حیات زیست‌شناختی در یک منطقه به ترکیب خاک و صخره سنگی که در زیر لایه سطحی زمین آن منطقه واقع است، بستگی دارد. مناطقی که در زیر لایه سطحی زمین گرانیت یا کوارتز دارند، بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند، زیرا خاک وابسته به آن، ظرفیت کمی برای خنثی کردن اسید دارد. چنانچه صخره سنگی در زیر لایه سطحی زمین از نوع سنگ‌آهک یا گچ باشد، اسید به‌طور مؤثر خنثی می‌شود، زیرا کربنات کلسیم به‌صورت باز عمل کرده و با اسید وارد واکنش می‌شود. باران اسیدی در آلودگی‌های مختلف خاک که ممکن است به وجود بیاید بدترین نوع آلودگی محسوب می‌شود چون در ابتدا باعث از بین رفتن پوشش‌های گیاهی و جنگلی و سپس باعث آلودگی منابع آب در حد وسیع می شود (Karami Sorkheh Liejeh & Maleki, 2014).

اثرات باران اسیدی بر روی مراتع و جنگل‌ها

مراتع و جنگل‌ها جزء مقوله‌هایی هستند که در ابتدا و به‌طور سریع تحت تأثیر آلودگی هوا و به‌تبع آن باران-های مختلف اسیدی قرار می‌گیرند. باران اسیدی باعث وارد آمدن خسارت به مراتع و جنگل‌ها نیز می‌شود، ازجمله مراتع و جنگل‌هایی که در ارتفاعات بالاتر قرار دارند.

اثرات باران اسیدی همراه با سایر عوامل زیست‌محیطی باعث می‌شود گیاهان و درختان کمتر قادر باشند در برابر دماهای سرد، حشرات و بیماری‌ها مقاومت کنند. همچنین آلاینده‌ها ممکن است توانایی درختان برای تولیدمثل را محدود کنند. باران اسیدی، اختلالاتی در روزنه برگ‌های درختان ایجاد می‌کنند که سبب ازدیاد تعریق و کمبود آب درخت می‌شود. بارش اسیدی به برگ‌های درختان صدمه زده و فرسایش سطح برگ را تسریع می‌کنند. رشد برگ‌ها به علت اسیدیته بالا کاهش می‌یابد. زمانی که رشد برگ‌ها تحت تأثیر بارش اسیدی قرار می‌گیرد، نابودی گیاهان سبز نیز حاصل می‌شود. در جنگل‌هایی که در معرض بارش‌های اسیدی قرار دارند درختان بیشتر دارای سوختگی‌های موضعی هستند و اثرات شدیدتر آن از بین رفتن برگ‌ها و شاخه‌ها در قسمت تاج درختان مختلف است (Zare Chenijani & Sher Afros, 2012). باران اسیدی به‌عنوان عامل مخرب و خورنده‌ی پوشش محافظ برگ‌های گیاهان شناخته‌شده است که فتوسنتز گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به دلیل ضعف در تغذیه، گیاهان در برابر بیماری آسیب‌پذیر می‌شوند. این یکی از دلایل مهمی است که گفته می‌شود جنگل‌ها در آلمان رو به نابودی هستند.

یکی دیگر از دلایل عدم تغذیه مناسب درختان، ممکن است از جذب باران اسیدی توسط خاک باشد. اسیدهای مضر می‌توانند عوارض خطرناک در ریشه‌های درختان داشته باشند. در درخت کاج، باران اسیدی باعث ریزش برگ‌ها و جلوگیری از تولید درختان جدید می‌شود و برگ‌های سوزنی شکل قهوه‌ای‌رنگ شده و درزمانی که باید سبز باشند، می‌ریزند (Zare Chenijani & Sher Afros, 2012). بررسی‌ها حاکی از آن است که جنگل‌ها بیشتر از دیگر اکوسیستم‌ها در معرض خطر باران‌های اسیدی هستند به‌ویژه جنگل‌های ارتفاعات بالا که بیشتر تحت تأثیر ریزش باران اسیدی هستند.

باران‌های اسیدی با گذشتن از لابه‌لای برگ درختان با از بین بردن آن‌ها و همچنین گیاهان کف جنگل به‌طور مستقیم در اکوسیستم جنگل تأثیر می‌گذارد و به‌تدریج آن را نابود می‌کند. باران اسیدی مستقیماً درختان را از بین نمی‌برد و بیشتر به نظر می‌رسد از طریق آسیب رساندن به برگ‌ها، محدود کردن قابلیت دسترسی مواد مغذی یا از طریق مواجه کردن آن‌ها با عناصر سمی که به آهستگی از خاک آزاد می‌شوند درختان را ضعیف می‌کند (Gholinejad *et al*., 2019) که در اغلب موارد مرگ یا آسیب درختان نتیجه آثار باران اسیدی است که در ترکیب با یک یا چند اثر محیطی اضافه‌شده هست. رسوب اسیدهای نیتریک و سولفوریک علاوه بر تغییر در خاک جنگل‌ها، عناصر غذایی ضروری را برای گیاه فراهم می‌کند؛ اما خطر بزرگ رسوب اسید، تحرک فلزات سمی مانند آلومینیوم و زدایش کلسیم، منیزیم و عناصر غذایی دیگر ضروری برای رشد گیاه از خاک است (Ezzati & Rabbani, 2014). درختان نسبت به سایر گیاهان حساسیت بیشتری به باران اسیدی دارند و براثر ریزش باران اسیدی برگ‌های سرشاخه آن‌ها می‌ریزد و همچنین باعث ایجاد لکه در برگ نیز می‌شود (Zare Chenijani & Sher Afros, 2012).

در کشور اسکاندیناوی به‌خصوص در سوئد، جنگل‌ها به‌طور تأسف‌باری در اثر آلودگی اسیدی تخریب‌شده‌اند. پدیده مرگ جنگل در ارتباط با جوامع گیاهی در کوهستان‌های مرتفع از قبیل کاج‌ها و جامعه سوزنی‌برگان بسیار شدید و سریع به وقوع می‌پیوندد (Gholinejad *et al*., 2019). درختان باریک برگ که با باران اسیدی آسیب می‌بینند به‌تدریج برگ‌های خود را از بالا به پایین از دست می‌دهند و اکثر برگ‌های خشک‌شده در بهار بعدی نیز تجدید نمی‌شوند (Erglisman, 2001). Bell و Treshow (۲۰۰۲) باران اسیدی را عامل فرسایش کوتیکول و ایجاد ترک در برگ دانستند. Jafarian و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که افرای پلت در برابر باران اسیدی تا اسیدیته ۴ به دلیل افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها مقاوم بوده ولی در برابر باران اسیدی دارای اسیدیته ۳ و بی‌تردید اسیدیته‌های پایین‌تر به دلیل افزایش رادیکال‌ها، کاهش فتوسنتز مشهود است. درنهایت باران اسیدی به‌طور مستقیم در مواجه با برگ‌های گیاهان بر آنان اثر گذاشته و سبب کاهش سرعت رشد (Silva *et al*., 2005) و در pHهای پایین‌تر حتی منجر به ریزش نابهنگام، پیری و مرگ گیاه می‌شود. ضمناً باران اسیدی همچنین بر روی اندام‌های تولیدمثل گیاه نیز اثر می‌گذارد.

بر اساس مطالعات میکرومورفولوژی برگی انجام‌شده توسط Bruno و همکاران (۲۰۰۶) منافذ روزنه‌ای در درخت گرمسیری جنیپا پس از مواجهه شدن با باران اسیدی شبیه‌سازی شده، شکل طبیعی خود را از دست داده و لبه بیرونی روزنه‌ها ازهم‌گسیخته می‌شوند. در حقیقت باران اسیدی به‌عنوان یک تنش غیر زیستی سطوح رادیکال‌های آزاد اکسیژن را در بافت‌های گیاهی افزایش می‌دهد (Kong *et al*., 2000؛ Gabara *et al*., 2003). سطوح بالای رادیکال‌های آزاد اکسیژن برای یاخته‌های گیاهی بسیار خطرناک است و به غشاها، پروتئین و DNA آسیب وارد می‌کند.

اثرات باران اسیدی بر روی محصولات کشاورزی

ریزش باران‌های اسیدی هم رشدونمو گیاهی و هم برداشت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته بررسی‌های آزمایشگاهی حاکی از این است که گیاهان زراعی رشد یافته در شرایط باران‌های اسیدی رفتار متفاوتی نشان می‌دهند. محصولات برخی افزایش‌یافته و محصولات گروهی کاهش می‌یابد. باران اسیدی موجب کاهش شاخص‌هایی مانند وزن تر و خشک، سطح برگ، محتوای کلروفیل، فعالیت کاتالاز، ایجاد نشانه‌های آسیب و کاهش در میزان محصول می‌شود (Shou – Quing, 2011). یکی از مهم‌ترین اثرات باران اسیدی، کاهش شدید تولیدات کشاورزی است (wang *et al*., 2012). ماهیت اسیدیِ باران اسیدی مواد مغذی برای گیاه را از خاک جدا می‌کند و از حاصلخیزی‌اش

جهت کشاورزی می‌کاهد. خاک‌های دارای مواد قلیایی فراوان مانند آهک یا سنگ‌آهک اسیدها را خنثی می‌کنند و حساسیت کمتری دارند. سایر خاک‌ها معمولاً حاوی مواد معدنی موردنیاز گیاهان می‌باشند، اما اسید موجود در باران اسیدی آن‌ها را حل می‌کند و یون‌های فلزی را با هیدروژن جایگزین می‌کند. زمانی که گیاهان آبی را جذب می‌کنند که معمولاً حاوی مواد معدنی است، به‌جایش هیدروژن می‌گیرند و نمی‌توانند با سرعت و مقدار قبلی رشد کنند. در موارد حاد، این کمبود مواد معدنی می‌تواند باعث از بین رفتن گیاه شود.

افزایش میزان مشتقات سولفات و نیترات که با تشکیل اسیدهای سولفوریک و نیتریک همراه هستند سبب افزایش اسیدیته باران می‌شود که اثر مضری بر محصولات کشاورزی دارد (Shou – Quing, 2011). باران اسیدی بر مراحل بیوشیمیایی و بیولوژیکی گیاهان اثر می‌گذارد (Koricheva *et al*., 1996). باران اسیدی همچنین به لایه مومی شکل روی برگ‌ها که گیاه را در برابر شرایط مختلف آب و هوایی و تغییرات جوی حفاظت می‌کند آسیب می‌زند و درنتیجه با آسیب‌پذیر شدن، گیاه در مقابل امراض مقاومت خود را ازدست‌داده و با باران‌های سنگین، بادهای قوی و حتی یک دوره کوتاه‌مدت خشکی مفرط نه‌تنها جوانه‌زنی، رویش و تولید دوباره در گیاه متوقف می‌شود بلکه مرگ گیاه را هم باعث خواهد شد. در وضعیت اسیدی تحرک فلز سنگین سمی آلومینیوم در خاک زیاد می‌شود و به گیاهان آسیب می‌رساند (Verma *et al*., 2010). باران اسیدی با اسیدیته ۳/۵ در فلفل موجب کاهش در وزن خشک ساقه و برگ، وزن تر میوه، تعداد میوه و نیز توسعه نشانه‌های بیماری، از دست رفتن محصول در مرحله رشد میوه و دانه رُست (دانه رویش یافته) در مقایسه با گیاهان شاهد تحت باران با اسیدیته ۵/۵ شد (Choi *et al*., 2010). Ezzati و Rabbani (۲۰۱۴) به بررسی گیاهان گندم تحت آبیاری و برگ‌پاشی با باران اسیدی به غلظت‌های مختلف پرداختند. نتایج نشان داد که گیاهان شاهد در تمام شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی بهتر از گیاهان تیمار باران اسیدی با اسیدیته ۲/۵ و ۳/۵ بودند. همچنین گیاهان تیمار شده با باران اسیدی در اسیدیته ۵/۶ و ۴/۵ به‌غیراز شدت فتوسنتز، محتوای رنگیزه‌ها و قندهای محلول در دیگر فاکتورها در سطح پایین‌تری از گیاهان شاهد قرار داشتند و در اسیدیته ۳/۵ و ۲/۵ ایجاد لکه‌های سفید در هر دو سطح برگ، خشک شدن راس و کناره‌های برگ نیز مشاهده شد. Kumari و Tomar (۲۰۰۹) بیان کردند که باران اسیدی بر محتوای کلروفیل و اسید آسکوربیک برگ‌ها در اسیدیته ۲/۵ و ۳/۵ اثرات منفی اعمال می‌کند که این اثرات با کاهش اسیدیته و دوره تیمار تشدید می‌شوند.

باران اسیدی با اسیدیته ۳/۵ در برنج در مقایسه با باران معمولی موجب کاهش در شاخص‌هایی مانند طول گیاه، درصد جوانه‌زنی، تعداد جوانه و برگ می‌شود (Zabawi *et al*., 2008). البته نیتروژن و گوگرد باران اسیدی ممکن است اثرات مثبتی بر رشد ایجاد کند که بستگی به وضعیت عناصر غذایی، ظرفیت بافری، شرایط رشد و نیاز غذایی گیاه دارد (Gibbons, 1984). Haqirchergani و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثر تیمارهای اسیدی مشابه باران اسیدی بر گیاهان لوبیا پرداختند. نتایج نشان داد که وزن خشک در گیاهان تحت تیمارهای اسیدی کاهش‌یافته است. این کاهش در گروه تیمار شده با محلول اسیدی HNO_3 با pH=2 بیش از سایر گروه‌ها بود. تعداد دانه‌ها در نیام گیاهان تحت تیمار نسبت به شاهد کاهش‌یافته است که این کاهش در گروه تیمار شده با H_2SO_4 بیش از سایر گروه‌ها قابل‌توجه است. بررسی اثرات میکروسکوپی تیمارهای اسیدی بر ریزساختار سطح برگ نشان داد که تیمار اسیدی موجب بی‌نظمی در سلول‌های اپیدرمی، شکستگی کرک‌های اپیدرمی و گسیختگی سلول‌ها از هم شده است. باران اسیدی در اسیدیته ۳ و ۴ در گیاه گوجه‌فرنگی موجب ایجاد خال‌های سیاه تا قهوه‌ای روی سطح دور از محور برگ و نیز کاهش درخور توجه سنتز رنگیزه‌ها، وزن خشک ساقه و ریشه، میزان محصول و کاهش در قندهای غیر کاهنده به‌ویژه

در اسیدیته ۳ می‌شود و همچنین باران اسیدی موجب انباشتگی فنول‌های محلول به‌عنوان سازوکار القایی در برابر تنش باران اسیدی می‌شود (Shaukat & Alikhan, 2008). باران اسیدی جنگ‌افزارهای شیمیایی ناخوانده علیه گیاهان است (Karami Sorkheh Liejeh *et al*., 2014). Singh و Agrawal (۲۰۰۴) بیان کردند کاهش اسیدیته آب باران در حد ۳ و ۴ باعث کاهش طول ساقه، سطح برگ و میزان فتوسنتز خالص در گندم می‌شود.

یکی دیگر از اثرات باران اسیدی این است که به‌واسطه یک سری از واکنش‌های شیمیایی برخی از یون‌های مهم برای گیاهان غیرقابل‌دسترس می‌شوند (Hoveidi *et al*., 2010). Daneshmandy و Nabavi Kalat (۲۰۱۵) بیان کردند که کاهش اسیدیته آب و مسمومیت ناشی از باران‌های اسیدی می‌تواند مانع جوانه‌زنی، رشدونمو و استقرار گیاهچه ذرت شود. Evans و همکاران (۱۹۸۴) بیان کردند که باران‌های اسیدی عامل مهمی در کاهش عملکرد دانه سویا است. Wang و Zhou (۲۰۱۰) بیان کردند که کاهش pH تا حد ۵ باعث افزایش جزئی درصد جوانه‌زنی در برنج‌های مورد آزمایش شد ولی با افزایش سطح اسیدیته، جوانه‌زنی به‌شدت کاهش یافت.

همچنین در تحقیقی دیگر، Askari و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که باران اسیدی در اسیدیته بالا رشد و پروتئین‌سازی گیاه گوجه‌فرنگی را کاهش خواهد داد در صورتی که محتوی گوگرد برگ را افزایش می‌دهد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که پایین بودن اسیدیته رشد گیاه گوجه‌فرنگی را تقویت. همچنین کاهش محصول و یا آسیب برگی به دلیل اختلال در فتوسنتز، جلوگیری از رشد، تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی، ایجاد سمیت و افزایش فئوفیتین ازجمله اثرات باران اسیدی است (Irshad *et al*., 2011; Santos *et al*., 2006).

اثرات باران اسیدی بر روی آب‌های سطحی و غیر سطحی، موجودات دریا و حیات‌وحش

باران اسیدی می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم و همچنین محسوس و نامحسوس، بر محیط‌زیست اثر بگذارد و سبب تغییراتی در آن می‌شود. آثار زیست‌محیطی اسیدی شدن، نخستین بار با تغییرات شدید اجتماع حیاتی آب شیرین در دهه ۱۹۷۰ میلادی مشخص شد به‌طوری‌که باران اسیدی با اسیدی کردن آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها شرایط زندگی آبزیان را به خطر می‌اندازد (Botkin & Keller, 2003). باران اسیدی باعث از بین رفتن حیات در دریاچه می‌شود و مرگ آبزیان و گونه‌های گیاهی را به دنبال دارد. دریاچه‌های اسیدی شده به علت شسته شدن سنگ‌ها به‌وسیله یون هیدروژن دارای غلظت‌های بالای آلومینیوم هستند. قدرت اسیدی بالا و غلظت‌های بالای آلومینیوم عامل اصلی کاهش جمعیت ماهی‌هاست. ترکیب زیست‌شناختی دریاچه‌های اسیدی شده به‌شدت دچار تغییر می‌شود و تکثیر ماهی‌ها در آب‌های دارای قدرت اسیدی بالا کاهش می‌یابد. وقتی pH خیلی پایین‌تر از ۵ باشد، گونه‌های اندکی زنده مانده و تولیدمثل می‌کنند. در اسیدیته‌ای برابر ۵ اغلب تخم‌های ماهی‌ها نمی‌توانند رشد کنند و در سطوح پایین‌تر برخی از ماهی‌های بالغ نیز می‌میرند و برخی دریاچه‌های اسیدی هم هیچ‌گونه ماهی ندارند؛ بنابراین باران اسیدی مستقیماً به زیستگاه‌های آبی منتقل می‌گردد و اکثر دریاچه‌ها و نهرها اسیدیته‌ای در حدود ۶ تا ۸ دارند هرچند که برخی دریاچه‌ها به‌طور طبیعی اسیدی هستند (Hoveidi *et al*., 2010). آب دریاچه‌های اسیدی شده اغلب زلال و شفاف است و این به علت از بین رفتن زندگی گیاهی و جانوری این دریاچه‌ها است؛ برای مثال در میان کشورهای اسکاندیناوی دریاچه‌های جوانی پیداشده است که در مراحل اولیه حیات قرار دارند که پس از بررسی‌های اولیه مشخص شد که این دریاچه‌ها، دریاچه‌های قدیمی بوده‌اند که در اثر باران اسیدی حیات در آن‌ها از بین رفته است. ورود رسوبات

حاصل از رواناب ناشی از باران‌های اسیدی به تالاب‌ها و دریاچه‌ها می‌تواند حیات موجودات آبزی را به خطر بیندازد. به‌محض اینکه اسیدیته در دریاچه‌ها و نهرها کاهش می‌یابد، میزان آلومینیوم افزایش می‌یابد (Rahimzadeh, 2001). کاهش pH و افزایش آلومینیوم برای آبزیان فوق‌العاده سمی هستند.

باران‌های اسیدی که در خاک نفوذ می‌کنند باعث رهاسازی فلزاتی چون نیکل، سرب و منگنز و سایر فلزات شده و به‌تدریج توسط جریان آب به دریاها حمل می‌شود و در مرگ بعضی از موجودات دریایی مؤثر مواقع می‌شود. اکثر دریاچه‌ها و نهرهایی که توسط سازمان بین‌المللی آب‌های سطحی مورد آزمایش قرار گرفتند، اسیدیته شدیدی را در شرایطی که آب آن‌ها یک سطح دائمی از pH را داشتند، نشان دادند (Ardakani, 2003). آثار مخرب ریزش اسیدی بر اکوسیستم‌ها، آشکارا مشاهده می‌شود و با توجه به حساسیت ویژه دریاچه‌ها و خاک‌ها در بخش‌های دیگر جهان و توسعه صنعتی سریع کشورهای مختلف، این نواحی نیز در آینده در معرض آثار مخرب بارش مرطوب، قرار خواهند گرفت. هیچ‌کدام از تأثیرات زیست‌محیطی باران اسیدی به‌اندازه تأثیر آن بر دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها و دیگر محیط‌های آبی نیست. دریاچه‌ها و خاک می‌توانند سطح طبیعی اسید را خنثی کنند، اما باران اسیدی قوی‌تر از آن است که دریاچه‌ها بتوانند با آن مقابله کنند. درنهایت، باران اسیدی دریاچه‌ها را عاری از زندگی می‌کند. امروزه دریاچه‌های زیادی در ایالات‌متحده، کانادا و بخش‌هایی از اروپا یافت می‌شوند که به دلیل بارش باران اسیدی مرده یا خشک‌شده‌اند. باران‌های اسیدی ناشی از آلودگی شدید هوا، به‌طور وسیعی می‌تواند سفره‌های آب زیرزمینی را تحت تأثیر قرار دهد. ورود اسید، آب‌اکسیژنه و مواد مغذی به درون آبخوان ممکن است روند کاهش استحکام ضعیف‌ترین سنگ‌ها را تسریع نماید (Ming zhang & McSaveney, 2018). گیاهان آبزی نیز به علت آلودگی آب به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند. آلودگی آب می‌تواند منجر به ایجاد تعداد زیادی خزه در سطح رودخانه‌ها شود که این امر موجب نرسیدن نور خورشید به عمق رودخانه‌ها می‌شود و بر رشد گیاهان آبزی با فقدان فتوسنتز تأثیر می‌گذارد. در آب‌های آلوده رودخانه‌ها، برخی از علف‌های هرز آبزی به‌عنوان سرخس‌های آبزی و سنبلچه‌ها شروع به افزایش می‌کنند و منجر به افزایش قارچ، باکتری و جلبک می‌شوند. اثرات اکولوژیکی بارش اسیدی به‌وضوح در محیط‌های آبی مانند نهرها، دریاچه‌ها و مرداب‌ها دیده می‌شود که می‌تواند برای ماهی‌ها و سایر حیوانات وحشی مضر باشد.

آب اسیدی باران همان‌طور که از خاک عبور می‌کند می‌تواند آلومینیوم را از ذرات خاک خارج کرده و سپس به نهرها و دریاچه‌ها بریزد. هر چه بارش اسیدی بیشتری به اکوسیستم وارد شود آلومینیوم بیشتری آزاد می‌شود. برخی از انواع گیاهان و حیوانات قادر به تحمل آب‌های اسیدی و مقادیر متوسط آلومینیوم هستند. برخی دیگر به اسید حساس هستند و با افزایش اسیدیته آب از بین می‌روند. آلومینیوم در انتقال پیام از غشاء سلول، حافظه و یادگیری و همچنین هورمون‌های جنسی جانوران اختلال ایجاد می‌کند. آلومینیوم در مورد ماهی‌ها نیز سبب تغییر در ساختار بافتی تیغه‌های آبششی و سلول موکوسی آبشش می‌گردد. باران‌های اسیدی به دلیل ایجاد اشکال در واکنش‌های ایمنوفیزیولوژیک سبب افزایش حساسیت آبزیان به بیماری‌های مختلف می‌گردند (Hatami, 2011; Pham *et al.*, 2020). باران‌های اسیدی می‌تواند با از بین بردن جانوران ضعیفی مانند پلانکتون‌ها و بی‌مهرگان و گیاهان بر زنجیره غذایی جانداران تأثیر گذارد. تمام ارگانیزم‌های زنده مستقیم یا غیرمستقیم به هم مرتبط هستند حتی اگر یک ارگانیزم میکروسکوپی به‌طور غیرطبیعی نابود شود ارگانیزم بزرگ‌تری که در این حلقه به آن مرتبط است تحت تأثیر قرار می‌گیرد و به‌این‌ترتیب همه حیوانات که بر چرخه غذایی مشترکی مربوط هستند آسیب می‌بینند. مرگ‌ومیر آبزیان از اسیدیته زیر ۶/۵ شروع‌شده و همه نمونه‌های حیات را در اسیدیته ۵ در برمی‌گیرد

(Gholinejad *et al*., 2019). به‌طورکلی تنوع زیستی جانوران آبزی در دریاچه‌های اسیدی کمتر است. غلظت زیاد اسید و آلومینیوم علاوه بر ماهی‌ها و آبزیان، بر پرندگان و حیات‌وحش نیز مؤثر است به علت تغذیه‌ای که از همدیگر دارند. آلودگی هوا و تبع آن باران اسیدی سبب امراض و ناراحتی‌هایی در حیوانات اهلی و وحشی نیز می‌شود که به دلیل استفاده انسان می‌تواند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم برای انسان خطرآفرین نیز باشد.

اثرات باران اسیدی بر روی انسان‌ها

محیط‌زیست انسانی به دست بشر ساخته‌شده و زائیده تفکر او است. محیط‌زیست انسانی شامل هوا، آب، خاک، گیاه، جنگل، بیشه، مرتع، دریا، دریاچه، رودخانه چشمه، آبزیان، حیوانات، کوه، دشت، جلگه، کویر، شهر و یا ده است که در دهه‌های اخیر با انقلاب‌های صنعتی به‌شدت تحت تأثیر انواع آلودگی قرارگرفته است. هوای آلوده به‌خودی‌خود به دلیل وجود آلاینده‌های مختلف و ذرات معلق در هوا و میزان بالای گازهای دی‌اکسید کربن و مونواکسید کربن باعث بروز برخی مشکلات تنفسی خفیف و درازمدت می‌شود اما این عارضه هنگام بارش باران اسیدی به دلایل مختلف تشدید می‌شود. باران اسیدی بر انسان هم تأثیرگذار است و باعث عوارض جانبی سریعی می‌گردد. زمانی که باران اسیدی می‌بارد علاوه بر ذرات معلق موجود در هوا، ذرات معلق ارتفاعات بالاتر که به کمک باران به لایه‌های پایین آمده و وارد ریه‌های انسان می‌شود و به همراه تنفس دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن موجب تشدید بیماری تنفسی در افراد بیمار می‌گردد. اگر میزان حجم این مواد در هوا افزایش یابد افراد سالم نیز علاوه بر سردرد ممکن است عوارض تنگی نفس و یا برونشیت را از خود بروز دهند. سوزش چشم و عفونت ریه نیز از دیگر عوارض باران‌های اسیدی بر انسان است. دی‌اکسید گوگرد به‌خصوص در شکل سولفات خود ممکن است موجب آسیب‌های جدی به ریه‌های انسان و سایر جانوران شود (Hoveidi *et al*., 2010). انسان هم به گیاه و هم به جانوران برای تکمیل چرخه غذایی خود محتاج است. وقتی حیات آبزیان از هجوم سم در آب لطمات جبران‌ناپذیر می‌بینند ماهی‌های مسموم که خوراک انسان‌ها را شامل می‌شوند به‌طور غیرمستقیم پیامدهای ناگواری بر سلامتی انسان‌ها را سبب می‌شوند و استفاده گوشت پرندگانی که خوراکشان از حیوانات و جانوران آلوده دریایی تأمین‌شده است مشکلات جدی در سلامتی ایجاد می‌کند. اگر میزان حجم دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن در هوا افزایش یابد که در هنگام باران‌های اسیدی شدید این اتفاق می‌افتد، افراد سالم نیز علاوه بر سردرد ممکن است عوارض تنگی نفس و یا برونشیت و گرفتگی نایچه‌های ریه را از خود نشان دهند و همچنین در اختلالات بینایی نیز دخالت می‌کنند (Hoveidi *et al*., 2010).

اثرات باران اسیدی بر روی ساختمان‌ها و سازه‌ها

باران‌های اسیدی با حل کردن مواد معدنی و فلزات باعث تخریب ساختمان‌ها می‌شود. ساختمان‌هایی که از جنس سنگ‌های آهکی می‌باشند به باران‌های اسیدی حساسیت بیشتری دارند که این مسئله علاوه بر زیان‌های اقتصادی می‌تواند باعث زیان‌های فرهنگی هم شود. باران اسیدی پنجره‌های شیشه‌ای رنگی را تخریب می‌کند، باعث خوردگی فلزها می‌شود و هم‌چنین رنگ نقاشی‌ها را خراب می‌کند. باران اسیدی با کلسیم واکنش می‌دهد تا بی‌کربنات کلسیم تولید شود که می‌تواند به‌راحتی شسته شود. باران اسیدی همچنین باعث آسیب به بناهای تاریخی نیز می‌گردد (Bear, 1964). یکی از اثرات شدید باران اسیدی را می‌توان در یکی از عجایب هفت‌گانه جهان، تاج‌محل، در هند دید. دیوارهای سنگ مرمر و ستون‌های این بنای بزرگ تاریخی ساخته‌ی بشر، توسط باران‌های اسیدی خورده شده است. حتی کلیسای جامع سنت پل در لندن و مجسمه آزادی در نیویورک نیز چند نمونه از این تخریب‌ها هستند. معماران و مهندسین عمران همواره تلاش می‌کنند تا با انتخاب مصالح

مناسب با توجه به شرایط جوی منطقه، این اثر را کاهش دهند. واکنش شیمیایی مصالح مختلف ساختمانی با اسید درگذر زمان همانند حل شدن حبه‌ی قند در آب عمل می‌کند. ازاین‌رو پرداختن به این مسئله از مهم‌ترین نکات در ساخت‌وساز ابنیه محسوب می‌شود. شیمیدان‌ها قدرت خورندگی اسیدها را با pH اندازه‌گیری می‌کنند. در حالت مرطوب، بارش اسیدی که سطح سنگ‌ها ریزش می‌کند با عناصر موجود در سنگ واکنش انجام داده و باعث تخریب سنگ می‌شود زیرا کانی کلسیت که کانی اصلی سنگ-های آهکی است به‌وسیله آب‌های اسیدی خیلی سریع حل می‌شود. Nikodel و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی اثر باران اسیدی بر روی سنگ‌های ساختمانی پرداختند و بیان کردند که نمونه‌های با ترکیب غیرکربناتی در برابر محلول‌های اسیدسولفوریک و اسید نیتریک مقام هستند و نمونه‌های با ترکیب غیرکربناته نا مقاوم می-باشند. Zeng و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر باران اسیدی بر روی ملات آسفالت امولسیون سیمان پرداختند و بیان کردند که اثرات طولانی‌مدت باران اسیدی باعث خسارت شدید می‌شود. سولفات از آلاینده‌های شاخص مناطق با اتمسفرهای آلوده است که در اثر ترکیب شدن با یون‌های هیدروژن، محلول اسیدسولفوریک ایجاد می‌کند. این محلول از عوامل اصلی و مهم انحلال و زوال‌پذیری سنگ‌های ساختمانی است (Winkler, 1994; Sunil *et al*., 2006). اسیدسولفوریک اثر انحلالی بیشتری نسبت به اسید نیتریک با pHهای یکسان دارد (Nikodel *et al*., 2010). Singh و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که مقدار pH تأثیر مهمی روی ویژگی‌های مهندسی سنگ‌آهک دارد. Vazquez و همکاران (۲۰۱۶) نیز اثر شش نوع سنگ ساختمانی را در محیط اسیدی بررسی کردند و بیان کردند که اتمسفرهای اسیدی ممکن است به همه شش نوع سنگ ساختمانی آسیب برساند حتی سنگ‌هایی که کلسیم بسیار کمی دارند. Ghanbari و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر باران اسیدی بر روی آثار باستانی تخت جمشید پرداختند و بیان کردند که باران اسیدی یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب و فرسایش نقوش برجسته آثار تاریخی تخت جمشید است؛ بنابراین در دهه‌های اخیر باران‌های اسیدی و آلاینده‌های اسیدی در سطوح ملی و بین‌المللی، آثار مخربی بر روی سلامتی انسان و محیط‌زیست داشته‌اند و آثار باستانی نیز از این قاعده مشتثنی نبوده است (Stern, 2005) و اگر به همین شکل شاهد انقلاب‌های صنعتی بیشتری بدون توجه به آلودگی‌های محیط زیستی به وقوع بپیوندد بشر شاهد تخریب کلی آثار تاریخی در سراسر دنیا خواهد بود.

اثرات باران اسیدی بر روی صنعت حمل‌ونقل

امروزه اثرات باران اسیدی به حدی محسوس شده است که تأثیرات مشهودی بر صنعت‌های مختلف به‌خصوص صنعت حمل‌ونقل گذاشته است. به‌طوری‌که آثار ناشی از باران اسیدی در برخی مناطق که غلظت اسید بالاست به‌وضوح در رنگ ماشین‌های مختلف اثر خود را می‌گذارد و به‌مرورزمان آثار تخریبی پرهزینه‌ای را ایجاد می‌کند. همچنین صنعت‌های راه‌آهن و هواپیما نیز سالانه به دلیل ریزش باران اسیدی مقدار زیادی هزینه می‌کنند. پل‌های فلزی به دلیل فرسایش کارآیی خود را از دست می‌دهند و دچار خسارت می‌شوند. خطوط راه‌آهن و حتی ماشین‌ها به علت قرار گرفتن در فضای آزاد، بیشترین آسیب را از غبار و باران اسیدی، متحمل می‌شوند. رویه آن‌ها در اثر باران اسیدی، ساییدگی شیمیایی پیدا می‌کند. گزارش‌های متعددی در مورد آسیب به رنگ و دیگر پوشش‌های ماشین‌های مختلف وجود دارد. به‌علاوه برخی شواهد نشان می‌دهد که آسیب‌ها اغلب در ماشین‌های تازه رنگ‌شده اتفاق می‌افتد. معمولاً آسیب‌های دائمی هستند و تنها راه‌حل رنگ کردن مجدد آن‌ها است (Rahimzadeh, 2001). هرچند که تأثیر باران اسیدی نیز بر صنعت حمل‌ونقل در حال حاضر نسبت به مقوله‌های دیگر مانند خاک، گیاه و انسان پایین است ولی می‌تواند در آینده چالشی بزرگ را به وجود آورد و هزینه‌های هنگفتی را ایجاد کند ولی درمجموع اهمیت کمتری نسبت به مقوله‌های

دیگر متأثر از باران اسیدی دارد و به همین دلیل کمتر موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته است.

نتیجه‌گیری کلی

باران اسیدی یکی از نتایج زیان‌بار آلودگی هواست که در دهه‌های اخیر به‌شدت تشدید شده است و آثار ناشی از آن از حالت نامحسوس و پنهان به حالت محسوس و آشکار در حال نمایان شدن است. نتایج تحقیق نشان داد که میزان بارش‌های اسیدی در دنیا ازنظر زمانی و مکانی رو به افزایش است و این نوع بارش‌ها نیز بیشتر در نواحی صنعتی در دنیا رخ می‌دهد. میزان خسارات ناشی از باران اسیدی در بخش‌های مختلف کره زمین آن‌چنان در حال افزایش است که عملاً به دست آوردن مقدار کمی از این خسارات غیرممکن است و آثار آن در حال تبدیل‌شدن به یک معضل بین‌المللی است و هیچ حدومرزی هم برای اثرگذاری آن در مقوله‌های مختلف در کره زمین وجود ندارد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که خاک‌ها در سراسر دنیا با توجه به اینکه به علت حالت بافری که ایجاد می‌شود و وسیله دفاعی مهمی به اسم کربنات کلسیم دارند ولی باز هم به‌شدت تحت تأثیر باران‌های اسیدی قرار می‌گیرند و تغییرات مشهودی در خصوصیات خاک و همچنین تسریع در فرسایش‌پذیری آن ایجاد می‌شود. سایر مقوله‌های موردبررسی مانند مراتع و جنگل‌ها، محصولات کشاورزی و آب‌های سطحی و غیر سطحی، انسان، ساختمان و سازه‌ها، حمل‌ونقل و حیات‌وحش معمولاً وسیله دفاعی مناسبی هم در برابر تخریب‌های ناشی از باران اسیدی ندارند و به‌مراتب می‌تواند تأثیرپذیری بیشتری هم داشته باشند. همچنین نتایج تحقیقات نشان داد که بزرگ‌ترین قربانی باران اسیدی، انسان است که نسبت به مقوله‌های دیگر به نظر می‌رسد ضعیف‌تر نیز است و تأثیرپذیری بیشتری نسبت به باران اسیدی دارد. با توجه به خطرات باران اسیدی در سراسر دنیا، مطالعات مختلفی بر روی خاک، پوشش گیاهی و جنگل‌ها، محصولات کشاورزی و آب‌های سطحی و غیر سطحی در حال انجام یا انجام‌شده است ولی معمولاً گسترده و جامع در سراسر دنیا نیستند ولی مطالعات بر روی نقش باران اسیدی در ساختمان و سازه‌های مختلف، صنعت حمل‌ونقل و حیات‌وحش خشکی و دریایی و همچنین انسان به‌شدت کم است. به‌طورکلی توصیه می‌شود که محققان و سیاستمداران کشور با توجه به انقلاب‌های صنعتی که روزبه‌روز در تمام دنیا در حال گسترش است و ایران نیز متأثر از آن‌ها است کارگروه مقابله با باران اسیدی زیر نظر نهاد ریاست جمهوری و سازمان محیط‌زیست هر چه زودتر تشکیل شود و قوانینی محکم و دارای ضمانت اجرایی بالا در سطح ملی برای مقابله با باران اسیدی تدوین شود و روش‌های مختلف موفق مقابله با باران اسیدی که در سطح دنیا وجود دارد، شناسایی و در ایران اجرا شود در غیر این صورت با توجه به نقشی که باران اسیدی در آلودگی‌های خاک، آب و گیاه و حیوانات وحشی و اهلی و غیره دارد می‌تواند در آینده‌ای بسیار نزدیک باعث بروز بیماری‌های خطرناک و بسیار پیچیده شود که علم پزشکی هم با توجه به پیشرفت‌هایی که در سراسر دنیا و ایران دارد عاجز و درمانده در درمان این بیماری‌ها باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که باران اسیدی می‌تواند حتی باعث تغییر تمدن‌ها نیز شود همان‌طور که درگذشته کمبود آب باعث تغییر تمدن‌ها شده است در آینده باران اسیدی و تغییر در کیفیت آب می‌تواند باعث دگرگونی تمدن‌ها در سراسر دنیا شود؛ بنابراین نیاز مبرم است که برای هماهنگی محققان و سیاستمداران و کارایی بیشتر روش‌های مقابله با باران اسیدی، قانون جامع مقابله با باران اسیدی در ایران تصویب و اجرا شود.

References

Alipour, A., Kavian, A., Soleimani, K. & Gholami, L. (2018). Effect of Different Concentrations of Acid Rain on Soil Splash Erosion Process in Dry and Saturated Soil, *Iran Watershed Science and Engineering*, 12 (42): 60-69. (In Persian)

Appelo, C.A., Postma, J. & Geochemistry, D. (2005). *Groundwater and Pollution*, 2nd edition, Balkema ublisher, Leiden, The Netherlands, 649 Pp.

Ardakani, M, R. (2003). *Ecology*, 4th edition, University of Tehran Press.

Askari, M., Amini, F. & MirMahmoodi, N. (2014). The effect of simulated acid rain on germination, growth, content of elements, protein and photosynthetic pigments of tomato plant, *Journal of Crop and Horticulture Production and Processing*, 4th year, 11:295-303.

Bakhshipour, Z., Asadi A, B., K. Huat B., Sridharan A. & Kawasaki S. (2016). Effect of Acid Rain on Geotechnical Properties of Residual Soils, *Soils and Foundations*, 56(6):1008–1019. (In Persian)

Bear, F. (1964). *Chemistry of the Soil. Reinhold Publisher Corp*. New York, second edition, 515

Beiderwieden, E., Wrzesinsky, T. & Klemm O. (2005). Chemical characterization of fog and rainwater collected at the eastern Andes cordillera. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 2005; 863-885.

Bell, J. N. B. & Treshow, M. (2002). *Air Pollution and Plant Life*. Willy & Sons, LTD. New York.

Botkin, D. B. & Keller, A. (2003). *Environmental Science*, 4th Ed. John Wiley and Sons, USA, pp.485-519.

Bruno, F. S., Silva, L. C., Azevedo, A. A. & Aguiar, R. (2006). Effects of simulated acid rain on leaf anatomy and micromorphology of Genipa Americana L. (Rubiaceae). *Brazilian Archives Biology and Technology*, 49: 313-321.

Choi, E. U., Moon, J. H., Lee, W., Son, S.H., Lee, S.G. & Cho, I. H. (2010). The response of antioxidant enzyme activity, growth and yield of pepper and watermelon plants to a single application of simulated acid rain. – J. of Food, *Agriculture and Environment*, 8: 1265-1271.

Cowgil, U. M. (1990). Acid Precipitation: a Review. In: Environmental Problems and

Gibbons, J. H. (1984). Acid rain and transported air pollutants. Washington, D.C. U.S. Congress, *Office of Technology Assessmen*t. OTA-O-204.

Gupta, P. K. (2009). *Laboratory Analysis Methods in Environmental Studies*, Translated by Solutions, Veziroglu, T. N. (eds). *Hemisphere Publication Corporation*, 111-137.

Daneshmandy, M, Sh. & Nabavi Kalat, M. (2015). Single Cross 704 hybrid corn germination reaction in response to acid rain stress, *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 4(2): 57-69.

Erglisman, A. (2001). *Agro Ecology*, Ferdowsi University Press.

Evans, L., Dimitriadis, L. & Hinkley, D.A. (1984). Seed protein quantities of field growth soybeans exposed to simulated acid rain. *New Phytol*. 97:71-76.

Ezzati, R. & Rabbani, G. (2014). The effect of acid rain on growth and physiological responses of wheat, *new findings in life sciences*, 1:70-81.

Ezzatian, V. (2010). Acid rainfall consequences of air pollution, 14th Iranian Geophysical Conference, Institute of Geophysics, *Space Physics*, Tehran, May 13-11, pp, 196-201.

Ferenbaugh, R. W. (1976). Effect of Simulated Acid Rain on Phaseolus vulgaris L. *American. Journal of. Botany*. v. 63, pp. 283-288.

Francis, A. J. (1982). Effects of Acidic Precipitation Acidity on Soil Microbial Processes. *Water Air Soil Pollution*, 18: 375-314.

Gabara, B., Skłodowska, M., Wyrwicka, A., Gli´nska, S. & Gapi´nska, M. (2003). Changes in the ultrastructure of chloroplasts and mitochondria and antioxidant enzyme activity in Lycopersicon esculentum Mill. *leaves sprayed with acid rain. Plant Science* 164: 507–516.

Ghanbari, M, M., Burqai, M., Hesam Hassani, A. & Farjadfard, S. (2010). The impact of acid rains on the environment and antiquities of Persepolis, *Human and Environment Quarterly*, pp. 59-66.

Ghoddousian, M. (2006). *Air Pollution (Resources, Effects and Control Methods)*, University of Tehran Press. (In Persian)

Gholinejad, A., Fahim Dezhban, Y. & Abedi, M. (2019). Study of the effect of acid rain on the degradation of forest ecology and aquatic ecosystems, 3rd National Conference on New Research in Agricultural Engineering, *Environment and Natural Resources*, Pp. 1-9. (In Persian)

Haqirchergani, A., Kavianpour, F. & Eshghaye Malayeri, B. (2006). Studying of the effect of acidic treatments similar to acid rain on some aspects of leaf surface growth and microstructure in bean plant, *Journal of Science*

in University of Tehran, 32(4): 391-397. (In Persian)

Hatami, H. (2011). The effects of acid rain on the environment of agricultural ecosystems and ways to deal with it, National Conference on Climate Change and its impact on agriculture and the environment, pp. 1-5.

Hoveidi, H., Mahdloui, S. & Olya, Aqeel. (2010). Acid rain and its impact on environmental pollution, 4th Specialized Conference on Environmental Engineering, pp. 1-8.

Irshad, A. H., Fayaz Ahmad, S. & Sultan, P. (2011). Effect of sulphur dioxide on the biochemical parameters of spinach (Spinacea oleracia). *Trakia Journal of Sciences* 9(1): 24-27.

Jafarian, V., Salehi, M. & Fotouhi Ghazvini, R. (2016). Effect of Acid Rain on Morphological and Physiological Characteristics of Persian Maple (Acer velutinum Boiss), *process and plant function*, 5(15): 23-32. (In Persian)

Junge, C.E. & Werby, R.T. (1958). The Concentration of Chloride, Sodium, Potassium, Calcium and Sulfate in Rain Water over the United States, J. *Meteorological*. 15: 417-425.

Karami Sorkheh Liejeh, Sh., Gholami, Z. & Veisi, F. (2014). The effect of acid rains on plant growth and development, *The First National Electronic Congress of Biology and Natural Sciences of Iran*, pp. 1-9. (In Persian)

Karami Sorkheh Liejeh, Sh. & Maleki, A. (2014). Soil pollution and ways to prevent it, 2nd National Conference on Agricultural Engineering and Management of Environment and Sustainable Natural Resources, International Conference Center of Shahid Beheshti University of Tehran, pp. 1-11. (In Persian)

King, H. B., Wang, M. K., Zhuang, S. Y., Hwong, J. L. Liu, C. P. & Kang, M. J. (2006). Sorption of sulfate and retention of cations in forest soils of Lien-Hua- Chi watershed in central Taiwan. *Geoderma* 13: 143-153.

Kong, F. X., Liu, Y., Hu, W., Shen, P. P., Zhou, C. L. & Wang, L. S. (2000). Biochemical responses of the mycorrhizae in Pinus massoniana to combined effects of Al, Ca and low pH. *Chemosphere*. 40: 311-318.

Koosha, S. (2015). Acidic and alkaline precipitation's effect on soil properties and sediment yield of different soils by rain simulator. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan.

Koricheva, J., Roy, S., Vernjic, J., Haukioga. E., Hughes. P. & hanninen. O. (1996). Antioxidant responsesto simulated acid rain and heavy metal deposition in birch seedlings. *Enviromental Pollution.* 95 (2): 249-258.

Kumari, P. & Tomar, Y.S. (2009). Effect of stimulated acid rain on chlorophyll and ascorbic acid contents of Mentha piperata (Pepperiment). *Agric. Sci. Digest*. 29: 1-6.

Lemos, A. D., Rocha, J. A. & Ferra, V. M. (2018). Soil mutagenicity- Effects of acidification and organic pollutants in urban/industrial areas. *Chemosphere*, 209: 666-674.

Manahan, S. E. (2005). Environmental Chemistry, CRC Press, 763 Pp.

McFee, W.W. (1980). Sensitivity of Soil Regions to Long-Term Acid Precipitation. In: Shriner, D.S., CR. Richmond & S.E. Lindberg) eds. Atmospheric sulfur deposition. Ann Arbor Science: Michigan. Pp. 495-506.

Meer Hosaini, S. M., Shahabpour, J. & Haddy Farpur, M. (2008). Effect of acid rain on chemical mobility of calcium, magnesium and copper in soils of Sarcheshmeh region of Kerman province, *Journal of Research in Isfahan University (Basic Sciences*), 32 (3): 151-164.

Ming zhang, Mauri. & McSaveney, J. (2018). Is air pollution causing landslides in China, *Earth and Planetary Science Letters*, 481: 284 – 289.

Neill, P. O. (1993). *Environmental Chemistry*, *Chapman and Hall*, Second Edition, 268Pp.

Nikodel, M., Jamshidi, A. & Hafezi Moqaddas, N. (2010). Investigation of dissolution and deterioration of samples of construction stone in sulfuric acid and nitric acid solutions, *Journal of Geosciences*, 80: 135 – 142.

Pham, H.T., Nguyen, A.T., Nguyen, T.T. & Hens, L. (2020). Stakeholder Delphi-perception analysis on impacts and responses of acid rain on agricultural ecosystems in the Vietnamese upland. *Environment, Development and Sustainability*, 22: 4467-4493.

Rahimzadeh, F. (2001). *Principles of Ecology in Plant Production*, Tabriz University Press. (In Persian)

Saeediyan, H. & Moradi, H, R., 2021. Interaction effect between slope aspect and precipitation intensity in soil infiltration compared to acidic precipitation, *Journal of Environmental Sciences*, 19 (4): 131-144. (In Persian)

Saeediyan, H., Moradi, H, R., Feiznia, S. & Bahramifar, N. (2013). Effect of acid rain and its concentration change in erodibility of

Aghajari Formation (Case study: part of Margha watershed of Izeh city), *Watershed Research*, winter, No. 101. (In Persian)

Saeediyan, H., Moradi, H, R., Feiznia, S. & Bahramifar, N. (2021). Interaction effect between slope aspect and precipitation intensity in runoff and sediment of acidic precipitations. *Journal of Watershed Science and Journal of Iran*; 15 (54): 29-38.

Saeediyan, H., Moradi, H, R., Feiznia, S. & Bahramifar, N. (2021). The effect of acid rain on erodibility in the slope main aspects of Gachsaran Formation (Case study: part of Kuhe Gach watershed of Izeh), *Journal of Rangeland and Watershed Management*, 74 (3): 543-556. (In Persian)

Santos, S., Francisco, B., Campos, L., Silva, L., Azevedo, A. & Aguiar, R. (2006). Effects of Simulated Acid Rain on Leaf Anatomy and Micromorphology of Genipa americana L. (Rubiaceae). *Brazilian archives of biology and technology*. 49 (2): pp. 313-321.

Shaukat, S.S. & Alikhan, O. (2008). Growth and physiological responses of tomato (Licipersicon esculentum L.) to stimulated acid rain. – Pak. J. Bot. 40: 2427-2435.

Shou Quing, N. (2011). Effects of simulated acid rain on growth of wheat (Secale cereal L.) in north China. – Conference Publications 3: 2282-2291.

Silva, L. C., Azevedo, A. A., Silva, E. A. M. & Oliva, M. A. (2005). Effects of simulated acid rain on the growth and anatomy of five Brazilian tree species. *Australian Journal of Botany*. 53: 1-8.

Singh, M. & Agrawal, M. (2004). Impact of simulated acid rain on growth and yield of two cultivars of wheat. *Water, Air, and Soil Pollution*. 152: 71–80.

Singh, T. N., Sharma, P. K. & Khandelwal, M. (2007). Effect of pH on the physico-mechanical properties of marble". *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66(1): 81-87.

Stern, D. I. (2005). Global Sulfur Emissions from 1850 to 2000. *Chemosphere*, 58: 163-175.

Sunil, B. M., Nayak, S. & Shrihari, S. (2006). Effect of pH on the geotechnical properties of laterite*". Engineering Geology*, 85: 197-203.

Van Breeman, N., Driscoll, C.T. & Mulder, J. (1984). Acidification and Internal Proton Sources in Acidification of Soil and Water. *Nature*, 307, 599-604.

Vazquez, P., Carrizo, L., Thomachot-Schneider, C., Gibeaux, S. & Alonso, F. J. (2016). Influence of surface finish and composition on the deteriorationof building stones exposed to acid atmospheres". *Construction and Building Materials*, 106: 392-403.

Verma, A., Tewari, A. & Azami, A. (2010). An impact of simulated acid rain of different pH-levels on some major vegetable plants in India. *Report and Opinion* 2: 38-40.

Wang, L.H. & Zhou, Q. (2010). Responses of rice seed germination to acid rain stress. *Seed Sci. Technol*. 38: 26-35.

Wang, R., Rehman, SH., Liang, X., Song, Y., SU, Y., Baerson, S. & Zeng, R. (2012). Effects of simulated acid rain on the allelopathic potential of invasive weed Wedelia trilobata. *Allelopathy Journal* 30(1): 23-32.

Wei, H., Liu, Y., Xiang, H., Zhang, J., Li, S. & Yang, J. (2019). Soil pH responses to simulated acid rain leaching in three agrricultural soils. *Sustainability*, 12: 280

Welburn, A. (1990). *Air Pollution and Acid Rain: The Biological Impact*. Longman Publication, 274 Pp.

Winkler, E. M. (1994). *Stone in Architecture*. 3nd Edition, Springer-Verlag, pp. 313.

Zabawi, A.G., Moh Esa, S. & Leong, C.P. (2008). Effects of simulated acid rain on germination and growth of rice plant. J. *Trop. Agric. and Fd*. Sc. 36: 281-286.

Zare Chenijani, N. & Sher Afros, A. (2012). Acid rains and its effects on the environment, 1st National Conference on Agriculture in Difficult Environmental Conditions, Islamic Azad University in Ramhormoz, pp. 1-6.

Zeng, X., Li, Y., Ran, Y., Yang, K., Qu, F. & Wang, P. (2018). Deterioration mechanism of CA mortar due to simulated acid rain. Construction and Building Materials, 168: 1008-1015.

Zhang, J. E., Ouyang, Y. & Ling, D. J. (2007). Impact of simulated acid rain on cation leaching from the Latosol in south China. *Chemospher*. 67: 2131-2137.

Integrated Watershed Management, spring, 2023, 3(1), 89-99 **Article Type: Technical**

doi: 10.22034/IWM.2023.1995873.1068 **Online ISSN: 2783-4581**

Erosion hazard classification using the Fargas qualitative model in the Chehelgazi sub-watershed of Kurdistan province

Seyed Pedram Nainiva[1*], Maedeh Parichereh[2]

1- PhD student of Watershed Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2- PhD student of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

* **Corresponding author**: Pedram.nainava@gmail.com

(Received: 13 March 2023 Revised: 28 March 2023 Accepted: 15 April 2023)

Extended Abstract

Introduction: Today, soil erosion has become one of the biggest problems in the world, especially in arid and semi-arid areas, which affects environmental, agricultural and food security issues. On the other hand, the growth and development of human activities along with land use change and resource destruction are among the factors affecting the intensity of erosion. Soil erosion in Iran has intensified due to the destruction of natural resources in recent years, and land use changes have played a significant role in this process. However, until now, preventive approaches based on soil erosion hazard assessment to adopt correct management measures have received less attention, which is mostly due to the lack of necessary statistics and information in the basins. Therefore, in any case, it is necessary to identify the areas prone to erosion and sediment production in the internal sub-basins of Iran, which lead to the loss of thousands of tons of fertile soil every year. To achieve this objective, models have been presented, each of which has strengths and weaknesses. By organizing the information related to the decision-making process and simulating the factors affecting the decision, as well as by simplifying the relationships in nature, the models lead to the understanding natural systems. Models are tools that are used in combination with many other assessment methods, so it can be said that modeling is the best option for the initial assessment of watersheds without statistics or with limited statistics. Therefore, the present study was conducted with the aim of investigating the hazard and identifying the areas sensitivity to soil erosion in the sub-basin of the Chehelgazi watershed of Kurdistan province using the Fargas model.

Materials and methods: Chehelgazi sub-basin as one of the sub-basins of Qeshlaq dam is located in Sanandaj province. Considering the natural and weather conditions, it is considered representative of mountainous areas (27,233 hectares and equipped with a hydrometric station). The average height of the mentioned sub-basin is about 2200 meters above the sea level, and also the average annual rainfall in this sub-basin is 294.2 mm, the area of pastures is 23465 and the total of irrigated and rainfed agriculture is 3768 hectares. Fagas model was used in order to investigate the hazard and identify the areas sensitive to soil erosion in the mentioned sub-basin. In determining the hazard of erosion, the Fargas model considers two factors of erodibility of rocks and drainage density in each rock unit. In this research, by using maps of rock units, drainage density and scoring tables related to the model, a soil erosion hazard map of the basin was prepared. In the first step, the rock units of the basin were determined using the geological map, and based on the model guide, the rock resistance to erosion was evaluated. In the second step, the drainage network map of the studied basin was prepared and integrated with the stone unit map, and after integration, the drainage density of each stone unit was determined and based on the model valuation guide, the drainage density of each stone unit was valued. Finally, the erodibility hazard map of the basin was prepared in five categories (low to very severe) by multiplying the value number of rock erosion resistance and drainage density in each rock unit.

Results and Discussion: The results of the Fargas model analysis showed that 0.48, 36.15, 15.35 and 48% of the sub-basin are in low, medium, severe and very severe erosion hazard, respectively. In other words, 63.35% of the sub-basin is in a state of severe and very severe erosion hazard. Comparing the results of the model with various studies in the basin and other similar basins showed that the Fargas model estimates the erosion hazard more than the actual value, which can be caused by the valuation of rock units. However, the existence of shale and its high sensitivity to erosion in the basin and the confirmation of the model in determining its erosion hazard can be a confirmation of the efficiency of the model.

Conclusion: The results indicate the hazard of high erodibility of the sub-basin. Because of the the sub-basin's position in the water supply of Qeshlaq Dam, it is suggested, while examining other quantitative and qualitative models and their results, to provide evaluation and planning models, to make management decisions, and to promote, train, and implement useful projects related to reducing the rate of displacement and loss of the soil at the basin level. Because in order to increase the life and efficiency of dams, the entry of sediment into the dam should be as low as possible to be a small step towards reducing the rate of soil erosion and wastage. However, according to the results of the model, it can be observed that the studied area is under severe hazard of soil erosion, and these results are useful for researchers and planners to control erosion; but due to the limited number of studies in the region, other studies should be conducted in the region for more certainty.

Keywords: Water Erosion, Soil Loss, Vahdat Dam (Qeshlag), Fargas qualitative model.

Citation: Nainiva, S. P., & Parichereh, M. (2023). Erosion hazard classification using the Fargas qualitative model in the Chehelgazi sub-watershed of Kurdistan province. *Integrated Watershed Management*, 3 (1), 89-99. doi: 10.22034/iwm.2023.1995873.1068

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 سوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات (۹۹-۸۹) نوع مقاله: فنی و ترویجی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/IWM.2023.1995873.1068

طبقه‌بندی خطر فرسایش با استفاده از مدل کیفی فارگاس در زیرحوضه چهل‌گزی استان کردستان

سید پدرام نی‌نیوا [1*]، مائده پریچهره [2]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲- دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

***نویسنده مسئول: Pedram.nainava@gmail.com**

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۰۱/۰۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۱/۲۶)

چکیده

فرسایش خاک در ایران به دلیل تخریب منابع طبیعی در سال‌های اخیر تشدید شده و تغییرات کاربری اراضی نقش بسزایی در این فرآیند داشته است. حال آن‌که تاکنون رویکردهای پیشگیرانه مبتنی بر ارزیابی خطر فرسایش خاک برای اتخاذ تدابیر صحیح مدیریتی کم‌تر موردتوجه قرارگرفته است. با توجه به موارد فوق‌الذکر، شناسایی مناطق مستعد فرسایش و تولید رسوب در زیرحوضه‌های داخلی ایران که به از بین رفتن هزاران تن خاک حاصلخیز در هر سال منجر می‌شود؛ امری ضروری است. ازاین‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی خطر و شناخت مناطق حساس به فرسایش خاک در زیرحوضه چهل‌گزی استان کردستان با استفاده از مدل فارگاس انجام‌شده است.

مدل فارگاس تنها دو عامل فرسایش‌پذیری نوع سنگ و تراکم زهکشی را در هر واحد سنگی در نظر می‌گیرد. در این پژوهش از نقشه‌های واحدهای سنگی و تراکم زهکشی و جداول امتیازدهی شده مربوط به مدل با توجه به شاخص‌های مختلف و بازدید میدانی استفاده و نقشه خطر فرسایش تهیه شد.

نتایج حاصل از بررسی مدل فارگاس نشان داد که ۰/۴۸، ۳۶/۱۵، ۱۵/۳۵ و ۴۸ درصد از زیرحوضه به ترتیب در وضعیت خطر فرسایش کم، متوسط، شدید و بسیار شدید است. به‌عبارت‌دیگر ۶۳/۳۵ درصد زیرحوضه در وضعیت خطر فرسایش شدید و بسیار شدید است.

یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر بیانگر خطر فرسایش بالای زیرحوضه چهل‌گزی است که با توجه به موقعیت زیرحوضه در تأمین آب سد قشلاق پیشنهاد می‌شود، ضمن بررسی سایر مدل‌های کمی و کیفی دیگر، متناسب با نتایج حاصل از آنان، به ارائه الگوهای ارزیابی و برنامه‌ریزی، اتخاذ تصمیمات مدیریتی، ترویج، آموزش و اجرای پروژه‌های سودمند در ارتباط با کاهش نرخ جابجایی و هدر رفت خاک در سطح حوضه پرداخته شود تا قدمی کوچک در راستای کاهش نرخ فرسایش و هدر رفت خاک باشد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش آبی، هدر رفت خاک، سد وحدت (قشلاق)، مدل **Fargas**.

استناد: نی نیوا، س. پ؛ و پریچهره، م. (۱۴۰۲). طبقه‌بندی خطر فرسایش با استفاده از مدل کیفی فارگاس در زیرحوضه چهل‌گزی استان کردستان. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۳(۱)، ۹۹-۸۹.

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

از دست دادن خاک توسط عواملی مانند هوا یا آب، فرسایش خاک نامیده می‌شود (Maity & Mandal, 2019). متداول‌ترین عامل فرسایش، آب است که با برخورد قطرات باران و اثر جریان، خاک را فرسایش می‌دهد و پدیده‌هایی مانند جدا شدن ذرات خاک، انتقال ذرات و نشست آن ذرات که رسوب نامیده می‌شود را شامل می‌شود (Jebur *et al.*, 2014). فرسایش ناشی از جریان آب یک فرآیند طبیعی مرتبط با محیط‌زیست است که بر محیط‌زیست، خصوصیات آلی، فیزیکی و شیمیایی خاک اثرات مخربی دارد؛ فرسایش موجب کاهش بهره‌وری خاک، آلودگی رودخانه‌ها و پر شدن مخازن آبی می‌شود (Khosrokhani & Pradhan, 2014). بسیاری از فعالیت‌ها، سرعت فرسایش و روند رسوب‌گذاری را افزایش می‌دهند؛ این فعالیت‌ها شامل توسعه شهرنشینی، جاده‌ها، بزرگراه‌ها، فعالیت‌های کنترلی رودخانه‌ها و نهرها و استخراج معادن است (Sahaar, 2013). اگر سرعت تشکیل خاک بیشتر از میزان فرسایش خاک نباشد، تهدیدی برای پایداری به‌حساب می‌آید و بر بهره‌وری خاک تأثیر منفی می‌گذارد (Hembram & Saha, 2020). در سطح جهانی، نرخ فرسایش خاک بیشتر از نرخ تشکیل خاک است که امنیت غذایی و کیفیت محیط را تهدید می‌کند (Spalevic *et al.*, 2013). فرسایش خاک ممکن است در آینده نزدیک به دلیل تغییرات آب و هوایی در نقاط مختلف جهان شدیدتر گردد (Amore *et al.*, 2004) که با افزایش فشار جمعیت، استفاده بیش‌ازحد از منابع طبیعی، اجرای عملکرد صحیح را برای مدیریت آب و زمین مشکل خواهد نمود (Jena *et al.*, 2015). ازاین‌رو، شناسایی مناطق بحرانی مستعد فرسایش در مقیاس حوضه برای ارائه اطلاعات پیش‌نیاز برای مدیریت مؤثر حوزه آبخیز، ازجمله استراتژی‌های حفاظت از خاک، ضروری است (Singh & Panda, 2017). مطالعه Mohammadi و همکاران (2018) نشان می‌دهد که فرسایش خاک در ایران در سال‌های اخیر به دلیل تخریب مناظر طبیعی افزایش‌یافته است. درک میزان خطر فرسایش خاک در غیاب اطلاعات لازم در حوزه‌های آبخیز، امکان شناسایی مناطق بحرانی فرسایش را فراهم می‌کند؛ ازآنجایی‌که در اکثر حوزه‌های آبخیز ایران کمبود اطلاعات وجود دارد (Esmaeili Gholzom *et al.*, 2020) استفاده از مدل‌های تجربی با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS برای برآورد حساسیت یا پتانسیل خطر فرسایش مفید است چراکه استفاده از این تکنیک‌ها همراه با فرآیندهای مدل‌سازی فرسایش خاک، شناخت، کنترل و مدیریت منابع طبیعی را تسریع می‌کند، زیرا GIS و RS تجزیه‌وتحلیل داده‌های مکانی را سریع‌تر و آسان‌تر می‌کنند و ترکیب اطلاعات گسترده در زمینه‌ها، منابع مختلف و ساده‌سازی مدیریت اطلاعات را ممکن می‌سازند (Mahmut *et al.*, 2017). روش‌های متعددی ازجمله USLE[1]، RUSLE[2]، SIMWE[3]، LISEM[4]، QUERIM، PSIAC[5]، MPSIAC[6] و... برای پیش‌بینی و ارزیابی فرسایش خاک و برنامه‌ریزی حفاظت از خاک استفاده‌شده است؛ از میان روش‌های ارزیابی و پیش‌بینی، مدل‌های ارزیابی کیفی، مبتنی بر شناختی که بر عوامل مؤثر بر فرسایش تأثیر می‌گذارند نیز می‌توانند نقش مهمی در تعیین اولویت‌های مؤثر بر فرسایش و حساسیت به فرسایش داشته باشند (Esmaeili Gholzom *et al.*, 2020). از میان مدل‌های کیفی موجود، می‌توان به مدل Fargas که نمونه‌ای از مدل‌های کیفی درزمینهٔ ارزیابی خطر فرسایش است اشاره نمود. این مدل در سال ۱۹۹۷ توسط Fargas و همکاران ابداع و ارائه شد. ویژگی بارز مدل‌های کیفی

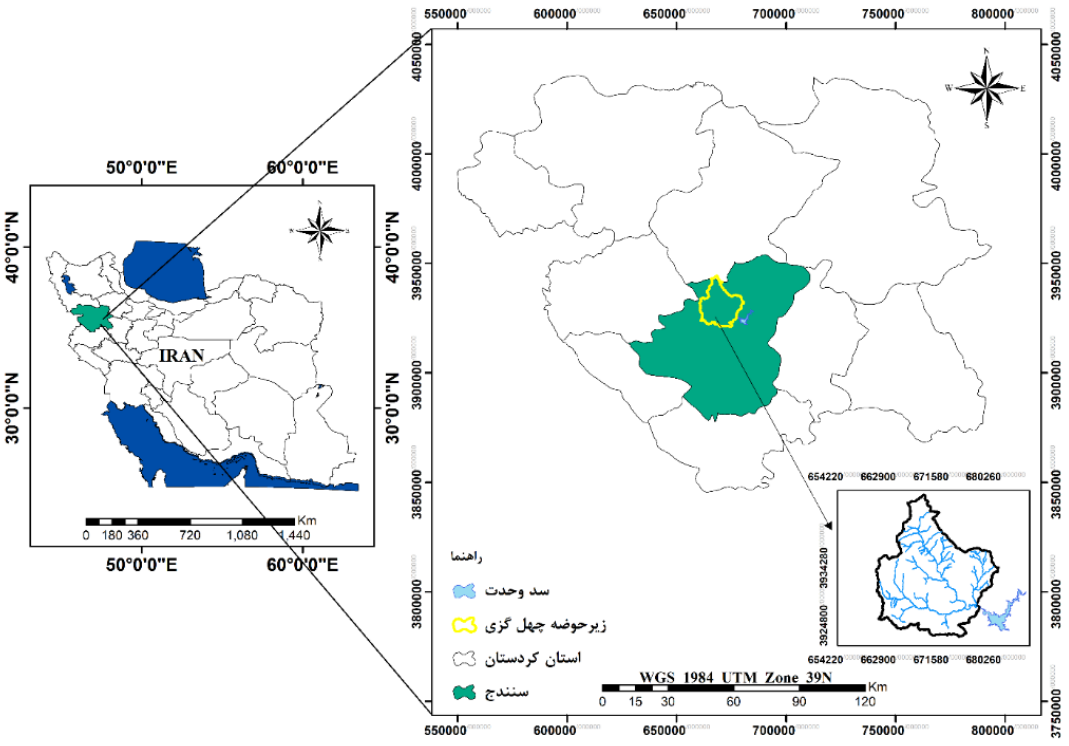
1-Universal Soil Loss Equation
2-Revised Universal Soil Loss Equation
3-The Simulation Water Erosion
4-Lisem Integrated Spatial Earth Modeller
5-Pacific Southwest Inter-Agency Committee
6-Modified Pacific South-West Inter-Agency Committee

نیازمندی کم به داده و اطلاعات است؛ بنابراین مدل‌های کیفی امکان شناسایی مناطق خطر فرسایش را در غیاب اطلاعات، در حوزه‌های آبخیز فراهم می‌کنند؛ لذا ازآنجایی‌که در اکثر حوزه‌های آبخیز ایران کمبود اطلاعات وجود دارد، هدف این پژوهش با توجه به اهمیت فرسایش خاک، پیش‌بینی و تعیین وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گزی سد قشلاق (وحدت) سنندج با بهره‌گیری از مدل کیفی Fargas و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به‌منظور ارزیابی، شناسایی و اولویت‌بندی نقاط در معرض خطر فرسایش آبی، به جهت ارائه الگوهای برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی در راستای کاهش نرخ فرسایش و هدر رفت خاک است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

حوضه چهل‌گزی به‌عنوان یکی از زیرحوضه‌ها سد قشلاق سنندج در استان کردستان (پارسل A سد قشلاق)، در موقعیت جغرافیایی بین ″۰۳ ´۲۵ °۳۵ تا ″۴۳ ´۳۷ °۳۵ عرض شمالی و ″۲۴ ´۴۶ °۴۶ تا ″۳۲ ´۵۹ °۴۶ طول شرقی واقع‌شده است (Nainiva *et al.*, 2020). با توجه به شرایط طبیعی و آب و هوایی، زیرحوضه موردمطالعه، معرف مناطق کوهستانی در نظر گرفته می‌شود (مساحت ۲۷۲۳۳ هکتار و مجهز به یک ایستگاه هیدرومتری). ارتفاع متوسط زیرحوضه مذکور حدود ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا است و همچنین متوسط بارندگی نیز در این زیرحوضه ۲۹۴/۲ میلی‌متر، مساحت مراتع ۲۳۴۶۵ و مجموع زراعت آبی و دیم ۳۷۶۸ هکتار است. این زیرحوضه وجود ۱۵ روستا، همچنین وجود سازند شیل با بیش‌ترین فرسایش و آهک‌های میکروفسیل‌دار با کم‌ترین فرسایش را در بین سنگ‌های پیوسته، به خود اختصاص داده است. علاوه بر این نهشته‌های منفصل بستر رودخانه‌ها بیش‌ترین حساسیت را دارند (Sadeghi *et al.*, 2008). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area

داده‌ها و اطلاعات موردنیاز

این پژوهش با هدف تعیین وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گزی سد قشلاق (وحدت) سنندج، با بهره‌گیری از مدل کیفی Fargas و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام‌شده است؛ که با توجه به مدل مورداستفاده در این پژوهش، داده‌ها و اطلاعات موردنیاز شامل نقشه شبکه زهکشی و نقشه زمین‌شناسی است که با بهره‌گیری از اطلاعات نقشه‌ای، کتابخانه‌ای و آرشیوی، جمع‌آوری و مورداستفاده قرارگرفته است.

مدل کیفی Fargas

مدل فارگاس در سال ۱۹۹۷ توسط Fargas و همکاران ابداع و ارائه شد (Fargas *et al.*, 1997). این مدل بر اساس دو عامل اصلی لیتولوژی (سنگ‌شناسی) و تراکم زهکشی است (Abdi, 2016). مراحل اجرای این مدل به شرح ذیل است:

۱- تعیین شاخص فرسایش‌پذیری حوضه با توجه به واحد سنگی (جدول ۱).

۲- ارزش‌گذاری میزان تراکم زهکشی در هر واحد سنگی (جدول ۲).

۳- تعیین خطر فرسایش با استفاده از ضریب ارزشی جدول (۳) که حاصل‌ضرب ارزش‌گذاری شده مقاومت سنگ به فرسایش و تراکم زهکشی در هر واحد سنگی است (Nojavan *et al.*, 2013).

جدول ۱- مقاومت سنگ نسبت به فرسایش (Fargas *et al*, 1997)

Table 1- Rock resistance to erosion (Fargas *et al*, 1997)

مقاومت سنگ	جنس سنگ	شاخص سختی
سنگ‌های خیلی سخت	سنگ‌های بازیک	0-2
	سنگ‌های اسیدی	0-5
	سنگ‌های دگرگونی	2-4
	ماسه‌سنگ‌های سخت شده	4-5
سنگ‌های سخت تا سست	سنگ‌های آهکی خردشونده	3-4
	دولومیت‌ها	3-5
	شیل سنگ‌های بسیار سست	7-8
	شیل سنگ‌های پلاستیکی	6-7
	مارن و رس ژیپس	8-10
سست	آبرفت قدیمی	4-8
	آبرفت جدید	7-9

جدول ۲- ارزش‌گذاری میزان تراکم زهکشی (Fargas *et al*, 1997)

Table 2- Evaluation of drainage density (Fargas *et al*, 1997)

طبقه	شدت فرسایش	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومترمربع)	ارزش نسبی
1	کم	< 0.1	2
2	متوسط	0.1-<0.5	4
3	زیاد	0.5-< 1	6
4	شدید	1-< 2	8
5	بسیار شدید	> 2	10

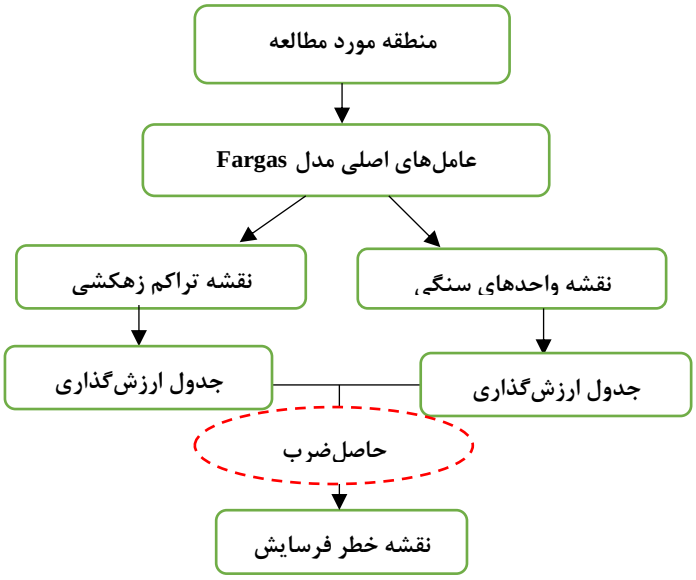
جدول ۳- معیار طبقه‌بندی میزان خطر فرسایش و رسوب‌زایی (Fargas *et al*, 1997)

Table 3- Criteria for classifying the hazard of erosion and sedimentation (Fargas *et al*, 1997)

طبقه‌بندی	میزان خطر	ارزش نسبی
1	کم	<10
2	متوسط	10-20
3	زیاد	20-30
4	شدید	30-40
5	بسیار شدید	> 40

روش تحقیق

طی این پژوهش در گام اول ابتدا با استفاده از نقشه زمین‌شناسی، واحدهای سنگی حوضه تعیین می‌گردد و بر اساس راهنمای مدل، مقاومت سنگ نسبت به فرسایش، ارزش‌گذاری می‌شود. در گام دوم نقشه شبکه زهکشی حوضه موردمطالعه تهیه و با نقشه واحدهای سنگی ادغام می‌شود و پس از تلفیق، تراکم زهکشی هر واحد سنگی تعیین و بر مبنای راهنمای ارزش‌گذاری مدل، میزان تراکم زهکشی هر واحد سنگی ارزش‌گذاری می‌شود. درنهایت از حاصل‌ضرب عدد ارزش‌گذاری شده مقاومت سنگ به فرسایش و تراکم زهکشی در هر واحد سنگی، نقشه خطر فرسایش‌پذیری حوضه در پنج طبقه (کم تا بسیار شدید) تهیه می‌گردد. شکل ۲ مراحل انجام پژوهش را نمایش می‌دهد.



شکل ۲- روش کلی انجام پژوهش

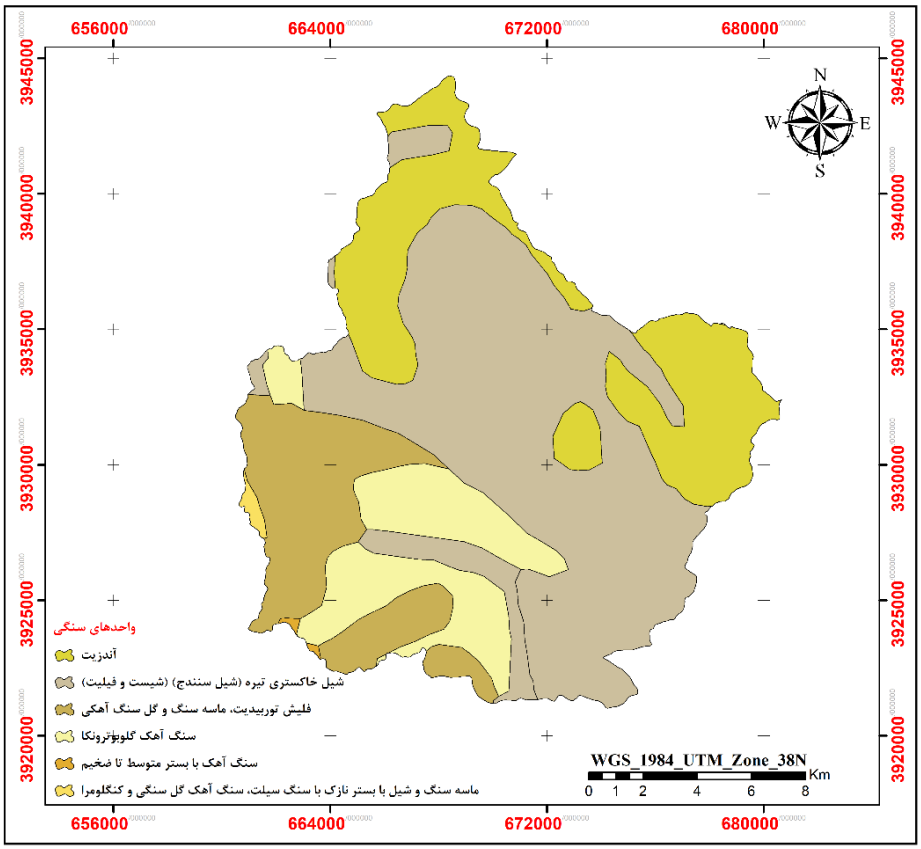
Figure 2- The general method of conducting the research

نتایج و بحث

نقشه واحدهای سنگی

در طبقه‌بندی واحدهای سنگی زیرحوضه چهل‌گزی، این زیرحوضه دارای شش واحد سنگی کلی (آندزیت، سنگ‌آهک حاوی گلوبوترونکا، شیل خاکستری، ماسه‌سنگ، گل‌سنگ آهکی، کنگلومرا، فلیش توربیدیت و سنگ آهک با بستر متوسط تا ضخیم) است که شکل (۳) نقشه واحدهای سنگی آن را نشان می‌دهد. همچنین با توجه به جدول (۱) دستورالعمل مدل فارگاس، واحدهای سنگی زیرحوضه دسته‌بندی و متناسب با مقاومت آنان نسبت به فرسایش، ارزش‌گذاری شد که جدول (۴) ارزش‌گذاری مقاومت واحدهای سنگی زیرحوضه چهل‌گزی را نسبت به فرسایش ارائه می‌دهد.

نی‌نیوا و پریچهره



شکل ۳- نقشه واحدهای سنگی زیرحوضه چهل‌گزی

Figure 3 - Map of the rock units of the Chehlgazi sub-basin

جدول ۴- ارزش‌گذاری مقاومت به فرسایش واحدهای سنگی زیرحوضه چهل‌گزی نسبت

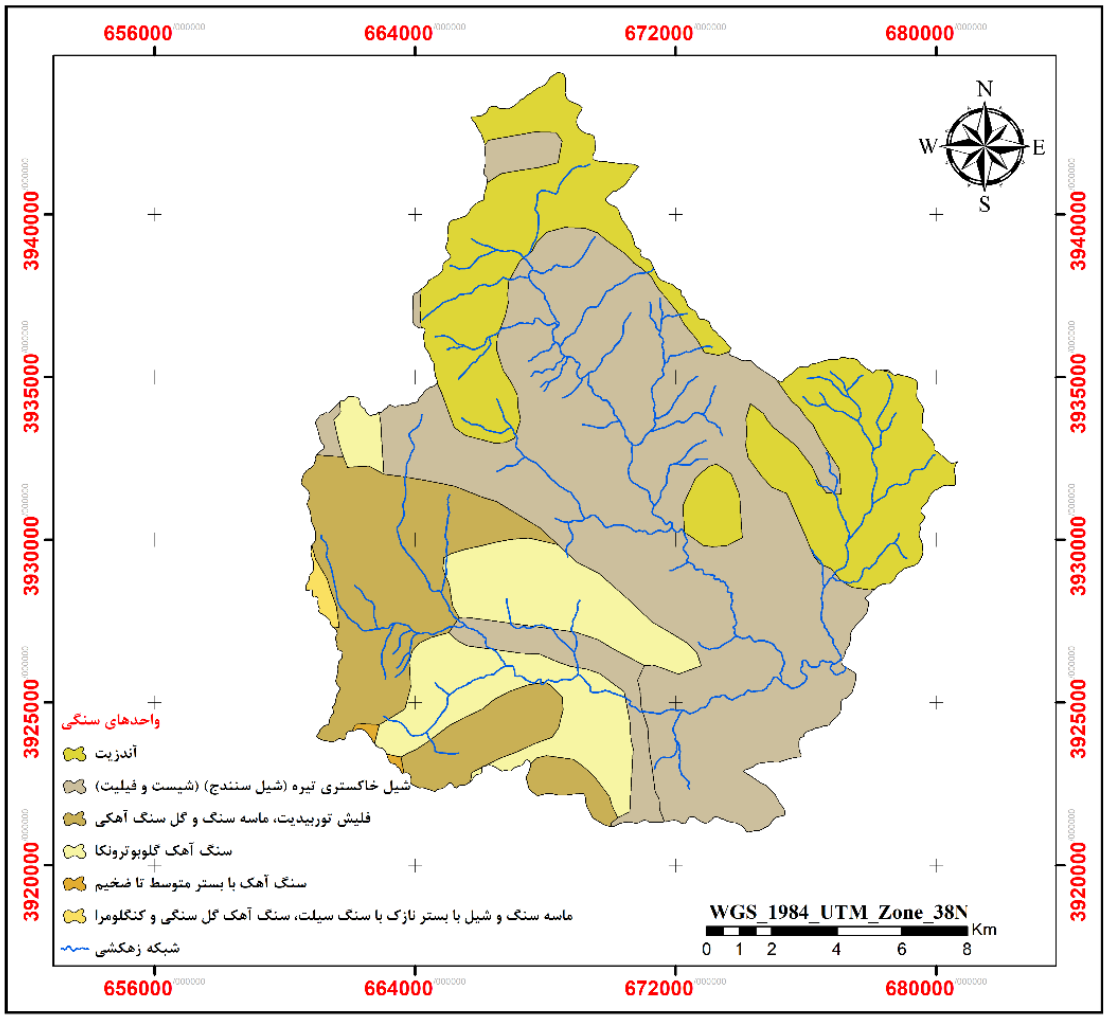
Table 4- Evaluating the resistance to erosion of the rock units of Chehlgazi sub-basin

نام واحد سنگی	مقاومت سنگ	ارزش سختی*
Andesitic volcanic	خیلی سخت	2
Globotrunca limestone	سخت تا سست	4
Dark grey shale (Sanandaj shale) (Schist and phyllite)	سخت تا سست	7
Thinly bedded sandstone and shale with siltstone, mudstone limestone and conglomerate	سخت تا سست	4
Flysch turbidite, sandstone and calcareous mudstone	خیلی سخت	5
Medium to thick - bedded limestone	سخت تا سست	5

* قابل‌ذکر است ترکیب واحدهای سنگی زیرحوضه موجب شد که میانگینی از ارزش هر واحد سنگی در نظر گرفته شود.

نقشه تراکم زهکشی هر واحد سنگی

شکل (۴) شبکه زهکشی زیرحوضه چهل‌گزی را نشان می‌دهد که با توجه به جدول (۲) دستورالعمل مدل فارگاس و با مشخص نمودن تراکم زهکشی هر واحد سنگی، تراکم زهکشی ارزش‌گذاری شد که جدول (۴) ارزش‌گذاری تراکم زهکشی در هر واحد سنگی از زیرحوضه چهل‌گزی را ارائه می‌دهد



شکل ۴- نقشه تراکم زهکشی زیرحوضه چهل‌گزی

Figure 4- Drainage density map of Chehlgazi sub-basin

جدول ۵- ارزش‌گذاری میزان تراکم زهکشی واحدهای سنگی زیرحوضه چهل‌گزی

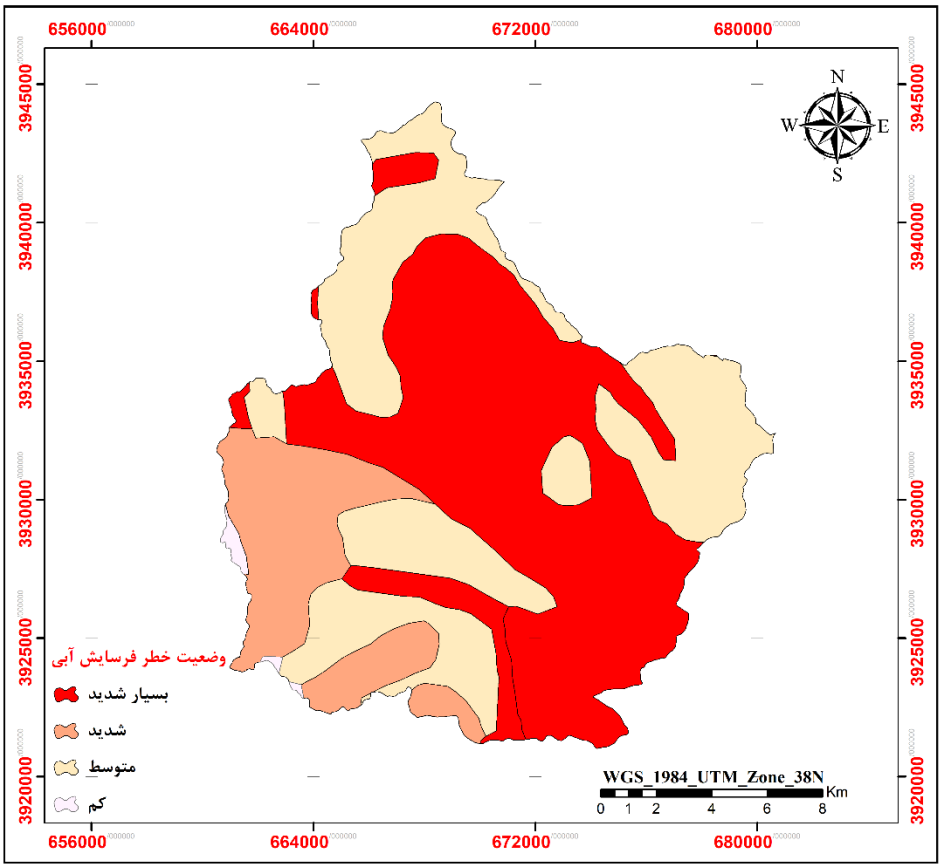
Table 5- Valuation of drainage density of rock units of Chehlgazi sub-basin

نوع واحد سنگی	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومترمربع)	ارزش نسبی
Andesitic volcanic	0.71	6
Globotrunca limestone	0.39	4
Dark grey shale (Sanandaj shale) (Schist and phyllite)	0.71	6
Thinly bedded sandstone and shale with siltstone, mudstone limestone and conglomerate	0	2
Flysch turbidite, sandstone and calcareous mudstone	0.54	6
Medium to thick - bedded limestone	0	2

نقشه وضعیت خطر فرسایش آبی

جهت تهیه نقشه وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گزی، با توجه به ضریب ارزشی جدول (۳) اقدام شد. در این مرحله حاصل‌ضرب ارزش‌گذاری شده مقاومت سنگ به فرسایش و تراکم زهکشی در هر واحد سنگی به دست آمد و سپس متناسب با جدول (۳) طبقه‌بندی شد. شکل (۵) نقشه وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه را نشان می‌دهد.

نی‌نیوا و پریچهره



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گزی

Figure 5- Map of water erosion hazard zonation of Chehlgazi sub-basin

جدول ۶- مساحت طبقات خطر فرسایش و رسوب‌زایی زیرحوضه چهل‌گزی

Table 6- The area of erosion and sedimentation hazard classes in the Chehlgazi sub-basin

طبقه‌بندی	میزان خطر	مساحت (کیلومترمربع)
1	کم	1.29
2	متوسط	96.96
3	شدید	41.19
4	بسیار شدید	128.74
جمع		268.20

بررسی و مقایسه نتایج مدل Fargas

بررسی نتایج مطالعه ارزیابی، پیش‌بینی و تعیین وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گزی گویای این است که ۰/۴۸، ۳۶/۱۵، ۱۵/۳۵ و ۴۸ درصد از زیرحوضه به ترتیب در وضعیت خطر فرسایش کم، متوسط، شدید و بسیار شدید است. به‌عبارت‌دیگر ۶۳/۳۵ درصد زیرحوضه در وضعیت خطر فرسایش شدید و بسیار شدید است. مقایسه نتایج حاصل از مدل با توجه به نقشه و آمار مطالعات Ghafari (۲۰۱۸) و Khaledian و Nikkami (۲۰۱۷) گویای برآورد بیشتر نسبت به نتایج آنان است چراکه نتایج استفاده آنان به ترتیب از مدل‌های SWAT و MPSIAC دارای نتایج طبقه‌بندی کم تا متوسط است که می‌تواند ناشی از کالیبره نبودن ارزش‌گذاری واحدهای سنگی در مدل

فارگاس باشد؛ اما از یک سو وجود شیل و حساسیت بالای آن مجدد می‌تواند تأیید بر کارایی مدل باشد. همچنین نتایج حاصل از پژوهش Nojavan و همکاران (۲۰۱۳) و Jafari و Karimi (۲۰۲۲) نیز در مناطق دیگر بیانگر این امر است که مدل فارگاس میزان خطر فرسایش را بیش‌تر از مقدار واقعی تخمین می‌زند، لذا با توجه به موارد ذکرشده، استفاده از مدل‌های دیگر و مقایسه نتایج آن‌ها با این مدل و داده‌های مشاهداتی می‌تواند در اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی منطقه مؤثر واقع شود؛ اما با توجه به نتایج حاصل از مدل مورداستفاده در این طرح، مشاهده می‌شود که منطقه موردمطالعه در معرض خطر شدید فرسایش خاک قرار دارد که این نتایج برای محققان و برنامه‌ریزان برای کنترل فرسایش مفید است؛ ولی با توجه به تعداد محدود مطالعات در منطقه، بایستی به جهت حصول اطمینان بیشتر مطالعات دیگری نیز در منطقه انجام گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر به پیش‌بینی و تعیین وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گزی سد قشلاق (وحدت) سنندج با بهره‌گیری از مدل کیفی Fargas و سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌منظور ارزیابی، شناسایی و اولویت‌بندی نقاط در معرض خطر فرسایش آبی پرداخته است. نتایج پژوهش بیانگر پتانسیل بالای این زیرحوضه در فرسایش و هدر رفت خاک با توجه به عامل‌های مدل کیفی فارگاس است. لذا با توجه به اهمیت فرسایش و همچنین موقعیت زیرحوضه در تأمین آب سد قشلاق پیشنهاد می‌شود، الگوهای ارزیابی و برنامه‌ریزی، اتخاذ تصمیمات مدیریتی، ترویج، آموزش و اجرای پروژه‌های سودمند در ارتباط با کاهش نرخ جابجایی و هدر رفت خاک در سطح حوضه با جدیت موردتوجه قرار گیرد تا قدمی کوچک در راستای کاهش نرخ فرسایش و هدر رفت خاک باشد.

References

Abdi, N. (2016). Evaluate the accuracy of Fargas and BLM models for identification of erosion intensity. *Open Journal of Geology*, 6(11), 1457-1468 .

Amore, E., Modica, C., Nearing, M.A. & Santoro, V.C. (2004). Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology*, 293(1-4), 100-114 .

Esmaeili Gholzom, H., Ahmadi, H., Moeini, A. & Motamed Vaziri, B. (2020). Erosion risk assessment and identification of susceptibility lands using the ICONA model and RS and GIS techniques. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1-18 .

Fargas, D., Casasnovas, J.M. & Poch, R. (1997). Identification of critical sediment source areas at regional level. *Physics and Chemistry of the Earth*, 22(3-4), 355-359 .

Ghafari, G. (2018). Erosion intensity zoning by using SWAT model in Gheshlagh Dam Basin. *Geography and Development*, 50, 55-74. (In Persian)

Hembram, T.K. & Saha, S. (2020). Prioritization of sub-watersheds for soil erosion based on morphometric attributes using fuzzy AHP and compound factor in Jainti River basin, Jharkhand, Eastern India. *Environment, Development and Sustainability*, 22(2), 1241-1268 .

Jafari, G. & Karimi, Z. (2022). Estimation of soil loss due to water erosion of Jazlachai catchment using three models FSM, Fargas, BLM. *Environmental Erosion Research* 12(1): 41-57. (In Persian)

Jebur, M. N., Pradhan, B. & Tehrany, M. S. (2014). Optimization of landslide conditioning factors using very high-resolution airborne laser scanning (LiDAR) data at catchment scale. *Remote Sensing of Environment*, 152, 150-165 .

Jena, S., Kumar, A., Brahmanand, P., Mishra, A., Sahoo, N. & Patil, D. (2015). Design and development of rubber dams for watersheds in the climate change scenario. *Climate*

change Modelling, planning and policy for agriculture, 93-98

Khaledian H. & Nikkami D. (2017). Optimization of land use to reduce the potential of erosion and sediment using linear programming model (Case study: Chehel-Gazi basin of Sanandaj). JWSS - *Isfahan University of Technology*; 21 (1):95-111. (In Persian)

Khosrokhani, M. & Pradhan, B. (2014). Spatio-temporal assessment of soil erosion at Kuala Lumpur metropolitan city using remote sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 5(3), 252-270 .

Mahmut, R., Dutal, H., Bolat, N. & Savaci, G. (2017). Soil erosion risk assessment using GIS and ICONA: a case study in Kahramanmaras, Turkey. *Gaziosmanpaşa Universitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 64-75 .

Maity, D.K. & Mandal, S. (2019). Identification of groundwater potential zones of the Kumari river basin, India: an RS & GIS based semi-quantitative approach. *Environment, Development and Sustainability*, 21, 1013-1034 .

Mohammadi, S., Karimzadeh, H. & Alizadeh, M. (2018). Spatial estimation of soil erosion in Iran using RUSLE model. I*ranian journal of Ecohydrology*, 5(2), 551-569.

Nainiva, S.P., Shahedi, K., Zahedi, S. & Entezami, H. (2020). Estimation of snowmelt runoff in water requirement of farmland in Chehelgazi Sub-basin, Kurdistan Province. *Watershed Engineering and Management*, 12(4), 962-976. (In Persian)

Nojavan, M., Mohammadi, A. & Gholami, V. (2013). Estimation of Erosion Intensity Using Fargas and BLM models, case: Bandera watershed. *Journal of Geography and Development*, 29, 119-130. (In Persian)

Sadeghi, S. H. R., Gholami, L. & Khaledi Darvishan, A. V. (2008). Comparison of sediment delivery ratio estimation methods in Chehelgazi watershed of Gheshlagh Dam. *Journal of Agricultural Sciences and Industries*, 22(1), 141-150. (In Persian)

Sahaar, A.S. (2013). Erosion mapping and sediment yield of the Kabul River Basin, Afghanistan (Doctoral dissertation, Colorado State University).

Singh, G. & Panda, R.K. (2017). Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: A case study in the Kapgari watershed. *India. International Soil and Water Conservation Research*, 5(3), 202-211

Spalevic, V., Djurovic, N., Mijovic, S., Vukelic-Sutoska, M. & Curovic, M. (2013). Soil erosion intensity and runoff on the Djuricka River Basin (North of Montenegro). *Malaysian Journal of Soil Science*, 17(1), 49-68.

Content

Evaluation factors threatening ecotourism and its needed infrastructures for sustainable natural resources in Kermanshah province, Iran

Mosayeb Heshmati, Adel Nemati, Mohammad Gheitury, Mohammad Ahmadi, Ali Mohebi

1-15

Evaluating and detecting potential of groundwater resources using Fuzzy-AHP method and remote sensing data (Case study: Bam-Narmashir plain)

Afsaneh Haghighi, Mohamad Nohtani, Mohammad Reza Dahmardeh Ghaleno, Elham Rafiei Sardooi

16-37

Analyzing dimensions of integrity in the concept of Integrated Watershed Management in Iran

Mehdi Biniaz, Ehsan Tamassoki

38-53

Investigating effects of lateral inflow characteristics on main flow using numerical modeling

Mohammad Raze Raeisi Dehkordi, Amir Hossein Yeganeh Mazhar, Farzaneh Kheradzare

54-71

A comprehensive overview of the effects of acid rain on different parts of the planet

Hamzeh Saeediyan

72-88

Erosion hazard classification using the Fargas qualitative model in the Chehelgazi sub-watershed of Kurdistan province

Seyed Pedram Nainiva, Maedeh Parichereh

89-99

Integrated Watershed Management

Vol: 3, No: 1. Spring 2023

Online ISSN **2783-4581**

Publisher **Ilam University** in association with **Iranian Rainwater Catchment Systems Association**

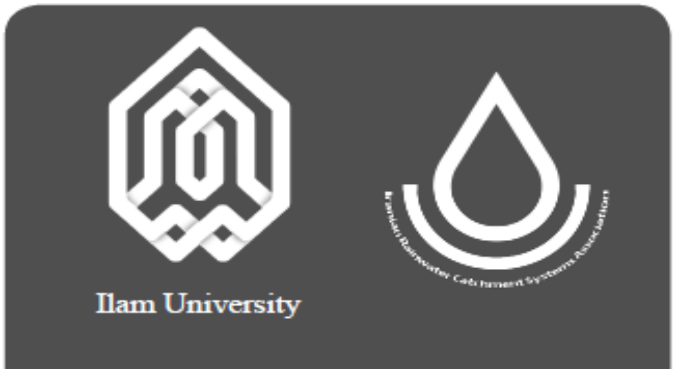
Director-in-Charge **Dr. Noredin Rostami**

Editor-in-Chief **Dr. Haji Karimi**

Editorial Board

Dr. Hosein Arzani (Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran)
Dr. Gholamreza Zehtabian (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, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran)
Dr. Mohsen Tavakoli (Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran)
Dr. Noredin Rostami (Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agricultural, Ilam University, Ilam, Iran)
Dr. Marzban Faramarzi (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. Lahcen Benaabidate (Professor, University of Sidi Mohammed Ben Abdellah Faculty of Sciences and Techniques/ Environment Teaching and Research)
Dr. Pedro J.M. Costa (Assistant Professor, Departamento de Ciencias da Terra, Universidade de Coimbra, Portugal)

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



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**

Integrated Watershed Management

Ilam University

Vol: 3, No: 1. Spring 2023

Online ISSN: 2783-4581

Evaluation factors threatening ecotourism and its needed infrastructures for sustainable natural resources in Kermanshah province, Iran

Mosayeb Heshmati, Adel Nemati, Mohammad Gheitury, Mohammad Ahmadi, Ali Mohebi — **1-15**

Evaluating and detecting potential of groundwater resources using Fuzzy-AHP method and remote sensing data (Case study: Bam-Narmashir plain)

Afsaneh Haghighi, Mohamad Nohtani, Mohammad Reza Dahmardeh Ghaleno, Elham Rafiei Sardooi — **16-37**

Analyzing dimensions of integrity in the concept of Integrated Watershed Management in Iran

Mehdi Biniaz, Ehsan Tamassoki — **38-53**

Investigating effects of lateral inflow characteristics on main flow using numerical modeling

Mohammad Raze Raeisi Dehkordi, Amir Hossein Yeganeh Mazhar, Farzaneh Kheradzare — **54-71**

A comprehensive overview of the effects of acid rain on different parts of the planet

Hamzeh Saeediyan — **72-88**

Erosion hazard classification using the Fargas qualitative model in the Chehelgazi sub-watershed of Kurdistan province

Seyed Pedram Nainiva, Maedeh Parichereh — **89-99**