



بررسی کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی در پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان

حسن فتحی‌زاد و محمد علی حکیم‌زاده اردکانی

۱-۱۹

تحلیل عناصر تشکیل‌دهنده میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری  
(مطالعه موردی: حوضه رودخانه بزرگ نائین استان اصفهان)

حدیثه جیحونی نائینی، علی نجفی‌نژاد، امیر سعدالدین و ابراهیم امیدوار

۲۱-۳۳

کاربرد آمار فضایی در ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی در قسمت مرکزی حوزه آبخیز زاینده‌رود

علیرضا ایلدرمی و صدیقه عبداللہی

۳۵-۴۶

ارزیابی میزان تخریب اراضی طبیعی با تکیه بر تغییرات کاربری اراضی در مناطق جنگلی زاگرس

ناهد جعفریان و امید کرمی

۴۷-۶۱

ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم: مروری بر مفاهیم و روش‌ها

فاطمه محمدیاری و اردوان زرنندیان

۶۳-۸۱

تعیین تناسب و قابلیت اراضی زراعی دیم با اصول آمایش محیطی  
(مطالعه موردی: زیرحوضه چهل‌گزی، استان کردستان)

۸۳-۹۴

سیدپدرام نی‌نیوا و شادی جلیلیان



فصلنامه علمی

# مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال اول، شماره دوم، زمستان ۱۴۰۰

۴۵۸۱-۲۷۸۳

شاپا الکترونیکی:

دانشگاه ایلام با همکاری انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبخیز باران ایران

صاحب امتیاز:

دکتر نورالدین رستمی

مدیر مسئول:

دکتر حاجی کریمی

سرمدیر:

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

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

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

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

دکتر مهدی حیدری

مدیر داخلی:

محمد نجفی شعاع

ویراستار انگلیسی:

دکتر مهدی حیدری، دکتر نورالدین رستمی، دکتر سمیه حاجی نیا

ویراستار فارسی:

مهندس فرشاد رحمانی

صفحه آرا و طراح جلد:

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

تلفکس: ۰۸۴۳۲۲۲۲۷۰۳

صندوق پستی: ۵۱۶-۶۹۳۱۵

پست الکترونیک: [iwm@ilam.ac.ir](mailto:iwm@ilam.ac.ir)

وب سایت مجله: <http://iwm.ilam.ac.ir>





بررسی کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی در پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب  
زیرزمینی دشت یزد- اردکان

حسن فتحی‌زاد و محمد علی حکیم‌زاده اردکانی

۱-۱۹

تحلیل عناصر تشکیل‌دهنده میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری  
(مطالعه موردی: حوضه رودخانه بزرگ نائین استان اصفهان)

حدیثه جیحونی نائینی، علی نجفی‌نژاد، امیر سعدالدین و ابراهیم امیدوار

۲۱-۳۳

کاربرد آمار فضایی در ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی در قسمت مرکزی حوزه  
آبخیز زاینده‌رود

علیرضا ایلدرمی و صدیقه عبداللهی

۳۵-۴۶

ارزیابی میزان تخریب اراضی طبیعی با تکیه بر تغییرات کاربری اراضی در مناطق جنگلی زاگرس

ناهید جعفریان و امید کرمی

۴۷-۶۱

ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم: مروری بر مفاهیم و روش‌ها

فاطمه محمدیاری و اردوان زرندیان

۶۳-۸۱

تعیین تناسب و قابلیت اراضی زراعی دیم با اصول آمایش محیطی  
(مطالعه موردی: زیرحوضه چهل‌گزی، استان کردستان)

سیدپدرام نی‌نیوا و شادی جلیلیان

۸۳-۹۴





۱-۱۰. متن داخل جداول و شکل‌ها و عناوین آن‌ها به دو زبان انگلیسی و فارسی نوشته شوند. اعداد داخل جدول‌ها و شکل‌ها به صورت 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 مجله 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 صحت و وسقم مقاله، به لحاظ علمی و حقوقی بر عهده نویسنده یا نویسندگان است.

۱-۱۵. مجله 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 قابل توجه نویسندگان برای نگارش

### مقاله

#### ۱-۲. ساختار مقاله

ساختار مقاله بر اساس نوع آن تعیین می‌گردد. چهار

## ۱. نکات قابل توجه 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 به دلیل تخصصی بودن، تنها موضوعات مربوط به مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز برای فصلنامه پذیرفته می‌شود.

۱-۴. نام و مشخصات نگارندگان باید به طور 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](http://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.

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 به‌گونه‌ای 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 چینه‌پشت 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.

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، کلیدواژه‌ها، 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، تجزیه و تحلیل‌های 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.

## ۲-۲-۴. مواد و روش‌ها

نویسنده در روش پژوهش باید از بیان کلیات و تعاریف مربوط به روش پژوهش بپرهیزد و به تفصیل توضیح دهد که چگونه داده‌ها را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل کرده است تا هدف یا اهداف پژوهش (حل خلأ علمی که در مقدمه بیان شد) را برآورد کند. این توضیحات باید به قدری دقیق باشد که هر خواننده‌ای در صورت نیاز بتواند مرحله به مرحله آن‌ها را انجام داده و به همان نتیجه‌ای برسد که نگارنده به آن رسیده است. منطقه مورد مطالعه نیز می‌تواند در این بند معرفی شود، ولی نویسنده می‌تواند در صورت ضرورت برای توضیحات تفصیلی، عنوان مستقلاً 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 به دلیل 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 نام خانوادگی نویسنده یا نویسندگان و سال انتشار آورده شود. برای مثال، در صورت وجود یک نویسنده با ذکر نام خانوادگی نویسنده و سال انتشار؛ مانند (Rostami, 2014)؛ برای دو نویسنده با ذکر نام خانوادگی هر دو نویسنده و سال انتشار؛ مانند (Rostami & Fathizad, 2021) باشد.

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

نام خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم. (سال انتشار). عنوان کتاب (به صورت کج‌نویسی). محل انتشار: ناشر.

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

#### ب) کتاب ترجمه شده

نام خانوادگی، نام. (تاریخ انتشار ترجمه). نام کتاب (به صورت کج‌نویسی). مترجم: نام و نام خانوادگی 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 مجلات

نام خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم. (سال انتشار). عنوان مقاله. نام مجله (به صورت 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:

در صورت وجود چندین نگارنده، ارجاع به منبع باید به صورت (نام خانوادگی نگارنده اول و همکاران، سال انتشار) مانند (Rostami et al., 2021) باشد. در صورتی که 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 (American Psychological Association; 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 به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی 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، به ترتیب 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.

(د) نمونه تنظیم یک سند از یک کنفرانس

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

### ۲-۲-۱۱. چکیده مبسوط

- چکیده مبسوط انگلیسی و فارسی در حداقل ۷۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه به انتهای مقاله اضافه شود. این چکیده، باید خلاصه‌ای از مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و درنهایت واژگان کلیدی باشد.
- "Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusion, Keywords"

### ۳. 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 نوشته شود. عنوان اصلی مقاله با قلم B Nazanin 14 Titr 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 به صورت Bold) و انگلیسی (Times New Roman 10 به صورت Bold) نوشته شود. اعداد داخل جدول‌ها به صورت 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:

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*. Doi: 10.20937/ATM.52985.

### (د) پایان‌نامه و رساله

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

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

### (ه) مجموعه مقالات

نام‌خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (تاریخ انتشار). نام مقاله. در: نام ویراستار، نام مجموعه (به صورت کج نویسی)، (صص شماره صفحات). محل انتشار: ناشر. (و) کتاب منتشرشده در سازمان‌ها یا نهادها  
نام سازمان یا نهاد. (سال انتشار). عنوان کتاب (به صورت کج نویسی). محل انتشار: ناشر.

### (ز) وبگاه اینترنتی

نام‌خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (در صورت وجود تاریخ انتشار). عنوان مطلب مورد استفاده (به صورت کج نویسی). 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 western United States. In D. R. Coates & J. D. Vitek (Eds.), *Thresholds in Geomorphology*. (pp. 75-101) Routledge.

#### ۴. 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](http://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 محیط Word؛ 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

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 300 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 باشد و بهتر است از ترسیم 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.

نویسنده مسئول به صفحه شخصی خود در سامانه مجله 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 صورتی که 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 به صورت 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 مجله خارج خواهد شد و نشریه هیچ‌گونه مسئولیتی در این زمینه نخواهد داشت.

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

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

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

## ۵. پیگیری فرایند انتشار مقاله

۱-۵. در صورت تأیید سردبیر و ارسال مقاله به داوری،





## Evaluation of the Efficiency of Artificial Neural Network and Random Forest Models in Predicting Groundwater Quality Parameters of Yazd-Ardakan Plain

Hassan Fathizad<sup>1\*</sup> and Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani<sup>2</sup>

1- Ph.D, Combating Desertification, Department of Management Arid and Desert Regions, Faculty of Natural Resources and Desert, Yazd University, Yazd, Iran

2- Associate Professor, Department of Arid and Desert Regions Management, Faculty of Natural Resources and Desert, Yazd University, Iran

\*Corresponding author: h.fathizad@stu.yazd.ac.ir

(Received: 15 December 2021

Revise: 8 February 2022

Accepted: 10 February 2022)

### Extended Abstract

**Introduction:** Groundwater resources are one of the main natural resources that support socio-economic development of countries (Siebert *et al.*, 2010). Management and protection of groundwater resources is of great importance in countries such as Iran, which are located in arid and semi-arid regions without surface water resources. Therefore, resource conservation, in addition to short-term and long-term planning, is essential to optimizing their productivity (Abu-Khalaf *et al.*, 2013). These natural resources face a variety of issues that threaten their sustainability, such as the effects of climate change, human activities and natural processes (Alabjah *et al.*, 2018; Baghvand *et al.*, 2010; Burri *et al.*, 2019; El Asri *et al.*, 2019; Houemenou *et al.*, 2020; Mountadar *et al.*, 2018). Considering the great importance of recognizing the quality characteristics of groundwater in desert areas and the need for its proper management, predicting groundwater quality for the management and exploitation of water resources in the Yazd-Ardakan plain seems urgent. Therefore, the aim of this study was to evaluate and compare the efficiency of artificial neural network and random forest models in predicting EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS values. In this research, modeling will be done based on the relationship between environmental (auxiliary) data and groundwater quality parameters.

**Materials and Methods:** The study area is spread over 482900 ha of land, which in terms of position is 53° 08' 36" and 54° 85' 32" E longitude, is located in the central plateau of Iran and the central part of Yazd province. The maximum height of the area is 2677 m and the minimum height is 997 m from the sea level. To evaluate the quality of groundwater sample, 201 wells of the monitoring network of Yazd Regional Water Company in 2016, the measured parameters EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS were used. The factors of environmental (auxiliary) data in this research include geological data, land use, vegetation indices, soil salinity indices, derivation of digital elevation model, distance from mines, distance from road, distance from river, distance from residential areas, rainfall and population.

After preparing the groundwater quality parameters and environmental data, the values of EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS were predicted using artificial neural network and random forest models. In order to validate the random forest model, the cross-validation method (10-fold) was used in R statistical software. In this method, the data is divided into 10 parts. 9 parts of the data are used for modeling and the remaining part is used to validate the obtained model. MAE, RMSE and R<sup>2</sup> statistical indices were used to evaluate the efficiency of artificial neural network and random forest models for groundwater parameters.

**Results and Discussion:** In this research, in simulating EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS parameters, the best structure obtained from 100 repetitions of artificial neural network learning has 2 hidden layers and 10 hidden neurons in each layer. The results of random forest sensitivity analysis show the high importance of the parameters extracted from the DEM. The use of satellite image data to investigate the groundwater quality parameters is also a convenient and cost-effective method. Furthermore, combining satellite data with DEM to investigate groundwater quality parameters and their zoning makes the results more efficient and increases its accuracy. A very important point in the analysis of parameters is the important role of parameters such as distance from the road and distance from the mines. This indicates the direct effect of man-made environmental factors on the groundwater quality of the study area. The results of modeling the EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS parameters using artificial neural network and random forest models show the appropriate accuracy of the artificial neural network model in predicting these parameters. Accordingly, the neural network model has predicted the parameters of EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS of groundwater with coefficient of determination of 0.82, 0.92, 0.92 and 0.97, respectively, while the model Stochastic forest has predicted EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS parameters of groundwater with coefficients of determination of 0.37, 0.65, 0.80 and 0.68, respectively. Based on the obtained results, it can be concluded that the artificial neural network model has a higher accuracy than the random forest model in predicting groundwater quality parameters. EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS parameters have the highest values in the north, center and southwest, and the lowest values in the southeast and southwest.

**Conclusion:** It can be said that the technique is highly efficient for estimating EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS parameters in Yazd-Ardakan plain as long as a proper and a sufficient number of input elements, a proper and compatible artificial neural network, and an appropriate calibration are used.

**Keywords:** Calibration, Coefficient of determination, Environmental data, Protection and planning, Yazd-Ardakan plain.

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

### 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>).





## بررسی کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی در پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان

حسن فتحی‌زاد\*<sup>۱</sup> و محمد علی حکیم‌زاده اردکانی<sup>۲</sup>

- ۱- دانش‌آموخته دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران  
۲- دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

\*نویسنده مسئول: h.fathizad@stu.yazd.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۴

### چکیده

آب‌های زیرزمینی یکی از مهمترین منابع آبی هستند که مطالعه کیفی آن‌ها برای حفاظت و برنامه‌ریزی منابع آب بسیار مهم است. همچنین اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب زیرزمینی بر هزینه و زمان بر است. مدل‌ها هزینه برآوردهای کیفی آب را کاهش داده و بانک اطلاعاتی برای مدیریت منابع آب ارائه می‌دهند. در این پژوهش کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی در پیش‌بینی مقادیر هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی کیفی نمونه‌ی آب زیرزمینی، ۲۰۱ حلقه چاه (داده‌های وابسته) شبکه پایش شرکت آب منطقه‌ی استان یزد در سال ۱۳۹۵ و داده‌های محیطی (داده‌های مستقل) شامل: داده‌های زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص‌های شوری خاک، مشتقات حاصل از مدل رقومی ارتفاعی، فاصله از معادن، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از نقاط مسکونی، بارندگی و جمعیت استفاده شده است. نتایج مدل‌سازی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی نشان‌دهنده دقت مناسب مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی این پارامترها است به طوری که نقشه نهایی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۲، ۰/۹۲، ۰/۹۲ و ۰/۹۷ و پیش‌بینی کرده است و این در حالی است که مدل جنگل تصادفی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۳۷، ۰/۶۵، ۰/۸۰ و ۰/۶۸ پیش‌بینی نموده است. پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول در شمال، مرکز و جنوب‌غربی دارای بالاترین مقدار و در جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی دارای پایین‌ترین مقدار می‌باشند. با انتخاب نوع و تعداد مناسب عوامل ورودی و نیز استفاده از نوع مناسب و سازگار شبکه عصبی مصنوعی و نیز کالیبره کردن مناسب آن می‌توان گفت که این تکنیک ابزاری بسیار کارا و مناسب برای برآورد پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول در دشت یزد- اردکان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حفاظت و برنامه‌ریزی، داده‌های محیطی، دشت یزد- اردکان، ضریب تبیین، کالیبره.

استناد: فتحی‌زاد، ح. و حکیم‌زاده اردکانی، م. ع. (۱۴۰۰). بررسی کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی در پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۲)، ۱-۱۹.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

*al.*, 2020; Tyagi & Sharma, 2013; Wu *et al.*, 2020).

در طول دو دهه اخیر، کاربرد تکنیک‌های هوش مصنوعی، ماشین یادگیری و داده‌کاوی در بسیاری از زمینه‌ها افزایش یافته است. به‌عنوان مثال، در زمینه‌های پیش‌بینی هیدرولوژیکی، مدل‌های ماشین یادگیری در پیش‌بینی جریان رودخانه بسیار دقیق هستند (Yaseen *et al.*, 2019). برای مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی، تکنیک‌های هوش مصنوعی با استفاده از مدل‌های مختلف ماشین یادگیری در پیش‌بینی سطح آب‌های زیرزمینی، قوی و رضایت‌بخش هستند (Rajaei *et al.*, 2019).

در مورد پیش‌بینی کیفیت آب، مطالعات متعددی با استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی انجام شده است که می‌توان به Tung و Yaseen (۲۰۲۰) اشاره کرد. Lu و Ma (۲۰۲۰) از مدل‌های تقویت گرادیان شدید و جنگل تصادفی برای پیش‌بینی شش شاخص کیفیت آب در رودخانه Tualatin استفاده کردند. Castrillo و Garcia (۲۰۲۰) از مدل‌های خطی و جنگل تصادفی برای تخمین غلظت بالای عناصر غذایی در رودخانه Thames استفاده کردند. Bilali و همکاران (۲۰۲۰) از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی برای اهداف آشامیدنی استفاده کردند. Fijani و همکاران (۲۰۱۹) روش‌های هوش مصنوعی را برای پشتیبانی از نظارت بر کیفیت آب مخزن در زمان واقعی طراحی و اجرا نمودند. Di و همکاران (۲۰۱۹) مدل‌های یادگیری ماشین طبقه‌بندی را برای ارزیابی کیفیت آب در رودخانه Yangtze در چین اعمال کردند. Chou و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین، شاخص وضعیت تغذیه‌ای (CTSI)<sup>۱</sup> را تعیین کردند. Meyers و همکاران (۲۰۱۷) از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی برای پیش‌بینی کدورت آب در بریتانیا استفاده کردند. Wagh و همکاران (۲۰۱۶) از

منابع آب زیرزمینی یکی از اصلی‌ترین منابع طبیعی است که از توسعه اجتماعی-اقتصادی کشورها حمایت می‌کند (Siebert *et al.*, 2010). مدیریت و حفاظت از منابع آب زیرزمینی در کشورهایی مانند ایران که در مناطق خشک و نیمه‌خشک فاقد منابع آب سطحی قرار دارند، از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، حفظ و نگهداری منابع علاوه بر برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت، برای بهینه‌سازی بهره‌وری آن‌ها ضروری است (Abu-Khalaf *et al.*, 2013). این منابع طبیعی با مسائل مختلفی مانند اثرات تغییرات آب و هوا، فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای طبیعی مواجه هستند که پایداری آن‌ها را تهدید می‌کنند (Alabjah *et al.*, 2018; Baghvand *et al.*, 2010; Burri *et al.*, 2019; El Asri *et al.*, 2019; Houemenou *et al.*, 2020; Mountadar *et al.*, 2018). به‌طور کلی، این مشکلات ترکیب شیمیایی آب را کاهش داده و آن را برای مصارف آشامیدنی و یا آبیاری نامناسب می‌کنند. با این حال، نظارت و ارزیابی رویکردهای نوآورانه ممکن است برای مدیریت کیفیت آب و کاهش آلودگی و خطرات سلامتی ارزشمند باشد (Chowdury *et al.*, 2019; Krupkova *et al.*, 2019; Sakai *et al.*, 2018; Zhu *et al.*, 2019). عدم وجود داده‌های کافی برای توسعه مدل‌های ریاضی به‌علت محدودیت‌های زمانی و هزینه‌ای جهت اجرای مکرر این مدل‌ها به‌خصوص در شرایط ترکیب با مدل‌های بهینه‌سازی به‌منظور یافتن سناریوهای بهینه مدیریت آب زیرزمینی، کاربرد مدل‌های ریاضی را با محدودیت مواجه می‌کند (Plumb *et al.*, 2005). در چنین شرایطی، مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، ماشین یادگیری و داده‌کاوی می‌توانند جایگزین مناسبی به‌شمار آیند که در ارزیابی و نقشه‌برداری کیفیت آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شوند (Adimalla *et al.*, 2019; Adimalla & Taloor, 2020; Das *et al.*, 2020; El Mountassir *et al.*, 2020; Heib *et al.*, 2020; Jahin *et al.*, 2020; Jamaa *et al.*, 2020; Taloor *et*

منطقه به ترتیب ۲۶۷۷ و ۹۹۷ متر می‌باشد. بارش‌های این منطقه اندک و نامنظم و به میزان ۵۵ میلی‌متر در سال و میزان تبخیر آن بین ۲۲۰۰ تا ۳۲۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. منطقه دارای قدیمی‌ترین تشکیلات زمین‌شناسی (پرکامبرین) تا جوان‌ترین آن (هولوسن) است. سازند ذخایر تراسی و مخروط‌افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع بیشترین مساحت منطقه را در بر گرفته است. منطقه مورد مطالعه فاقد رودخانه دائمی بوده و جریانات عمده رودخانه‌های این دشت منحصر به جریانات سیلابی است. سیمای پوشش گیاهی در محدوده مطالعاتی گیاهان درختچه‌ای و بوته‌ای می‌باشد و طبق طبقه‌بندی تاکسونومی خاک‌های منطقه در دو رده آنتی‌سول و اریدی‌سول قرار می‌گیرند.

### پارامترهای کیفی آب زیرزمینی

برای بررسی کیفی نمونه‌ی آب زیرزمینی، ۲۰۱ حلقه چاه شبکه پایش شرکت آب منطقه‌ی استان یزد در سال ۱۳۹۵، از پارامترهای اندازه‌گیری شده هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول استفاده شد. شکل ۱ موقعیت چاه‌های منطقه مورد مطالعه در دشت یزد- اردکان را نشان می‌دهد.

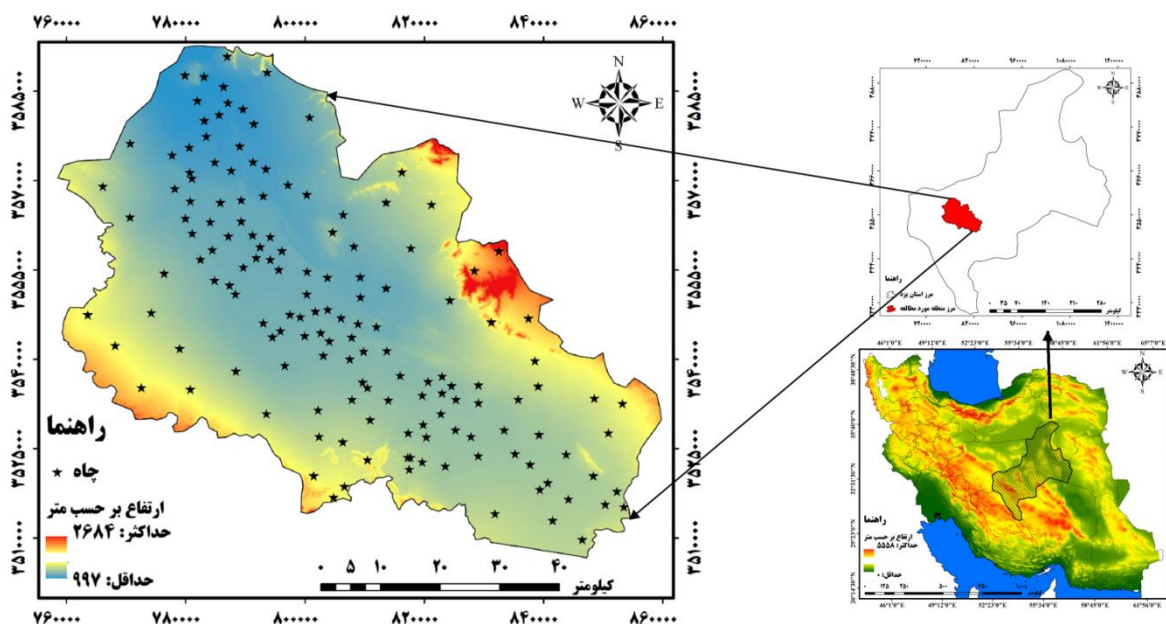
مدل جنگل تصادفی برای تعیین تناسب آب زیرزمینی برای اهداف آبیاری استفاده کردند.

با توجه به اهمیت فراوان شناخت خصوصیات کیفی آب زیرزمینی در مناطق بیابانی لزوم مدیریت صحیح آن، پیش‌بینی کیفیت آب زیرزمینی برای مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب در دشت یزد- اردکان امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی و مقایسه کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی در پیش‌بینی مقادیر هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول می‌باشد. در این تحقیق بر اساس ایجاد ارتباط بین داده‌های محیطی (کمکی) و پارامترهای کیفی آب زیرزمینی مدل‌سازی انجام خواهد گرفت.

### مواد و روش‌ها

#### معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۴۸۲۹۰۰ هکتار که از نظر موقعیت  $31^{\circ} 45' 14''$  تا  $30^{\circ} 48' 18''$  طول شرقی و  $31^{\circ} 51' 06''$  تا  $32^{\circ} 26' 37''$  عرض شمالی در فلات مرکزی ایران و بخش مرکزی استان یزد واقع شده است و حداکثر و حداقل ارتفاع از سطح دریای



شکل ۱- موقعیت چاه‌های منطقه مورد مطالعه در دشت یزد- اردکان

Figure 1- Location of wells in the study area in Yazd-Ardakan plain

## تهیه داده‌های محیطی یا کمکی

داده‌های محیطی برای بهبود تخمین مکانی به‌ویژه در مواقع کمبود اطلاعات اصلی مفید هستند. بر اساس تحقیقات انجام شده، بیشترین ترکیب مربوط به فاکتورهای خصوصیات خاک و توپوگرافی بوده و اغلب موارد، سنجش از دور و لایه‌های اطلاعات خاک و به‌دنبال آن مدل رقومی ارتفاعی را به‌عنوان داده کمکی استفاده نموده‌اند (Fathizad *et al.*, 2020). از جمله فاکتورهای داده‌های محیطی (داده‌های کمکی) در این

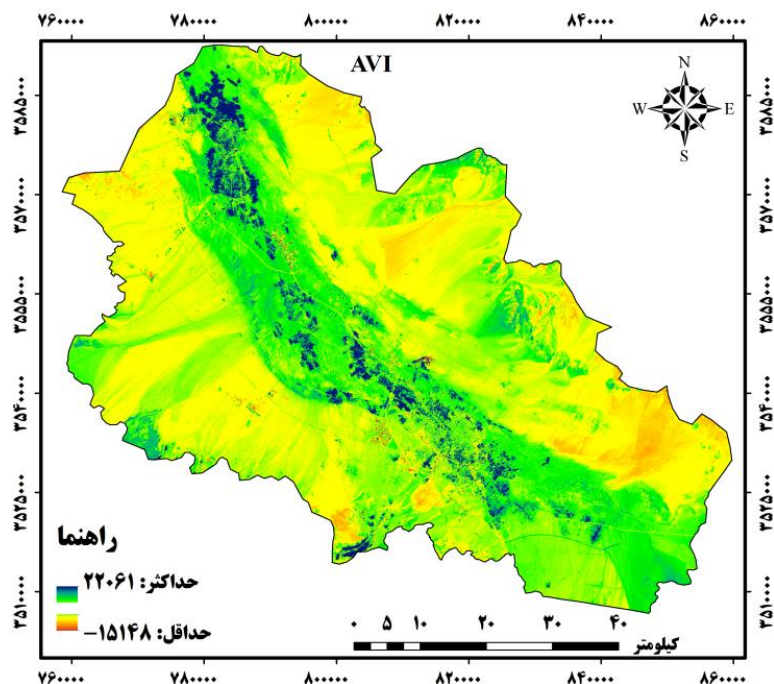
تحقیق داده‌های زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص‌های شوری خاک، مشتقات حاصل از مدل رقومی ارتفاعی، فاصله از معادن، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از نقاط مسکونی، بارندگی و جمعیت می‌باشند. لازم به ذکر است که بعضی از لایه‌های اطلاعاتی موجود بوده (مثل نقشه زمین‌شناسی) و تنها در محیط GIS رقومی شده و از آن‌ها استفاده خواهند شد (جدول ۱ و شکل ۲).

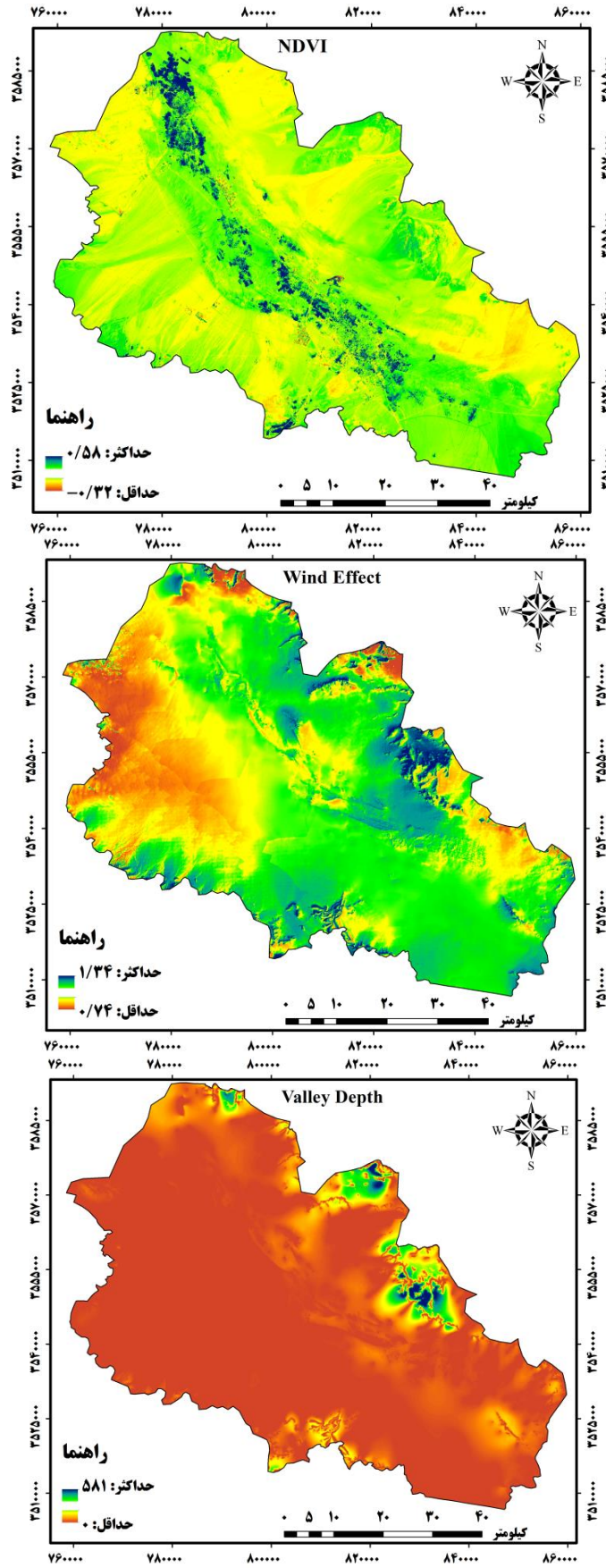
## جدول ۱- لیست پارامترهای محیطی استفاده شده

Table 1- List of environmental parameters used

منبع	تعریف	داده محیطی	مشتقات حاصل از مدل رقومی ارتفاعی (DEM)	شاخص‌های پوشش گیاهی
Conrad <i>et al.</i> , 2015	زاویه بین سطح و پرتوهای نور دریافتی	Analytical hillshade		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	تعادل بین توده خاک رسوب کرده و فرسایش یافته	Mass balance index		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	فاصله عمودی تا سطح پایه شبکه کانال را محاسبه می‌کند	Vertical distance to channel network		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	یک تقریب ساده از گرمای ناهمسانگرد روزانه را محاسبه می‌کند	Diurnal anisotropic heating		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	جریان انباشته شده را محاسبه می‌کند	Flow accumulation		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	ارتفاع مؤثر جریان هوا را محاسبه می‌کند	Effective air flow heights		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	گرادیان متوسط بالاتر از مسیر جریان	Slope gradient		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	موقعیت نسبی دره	Valley depth		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	ناهمواری زمین را اندازه‌گیری می‌کند	Terrain ruggedness index		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	پارامترهای سطح زمین مخصوص توپو اقلیم‌شناسی	Average view distance		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	شاخص بدون بعد مناطق در معرض باد را نشان می‌دهد	Wind effect		
Conrad <i>et al.</i> , 2015	شاخص بی‌بعدی که پیکسل‌های در معرض باد را برجسته می‌کند	Wind exposition		
Huete, 1988	NIR- Red	Difference vegetation index (DVI)		
Huete, 1988	$G \times (NIR - Red) / (NIR + c1 \times Red - c2 \times Blue + L)$	Enhanced vegetation index (EVI)		
Huete, 1988	$-0.29 (G) - 0.56 (Red) + 0.6 (IR) + 0.49 (NIR)$	Global vegetation index (GVI)		
Crippen, 1990	$NIR / (NIR + Red)$	Infrared percentage vegetation index (IPVI)		
Foody <i>et al.</i> , 2001	$(Red - NIR) / (Red + NIR)$	Normalized difference vegetation index (NDVI)		
تصویر ماهواره لندست	مقدار بازتاب باند ماهواره لندست	Blue		
تصویر ماهواره لندست	مقدار بازتاب باند ماهواره لندست	Green		
تصویر ماهواره لندست	مقدار بازتاب باند ماهواره لندست	Red		
تصویر ماهواره لندست	مقدار بازتاب باند ماهواره لندست	Near infrared (NIR)		
تصویر ماهواره لندست	مقدار بازتاب باند ماهواره لندست	Shortwave infrared (SWIR)		
Nield <i>et al.</i> , 2007	PC1, PC2, PC3, and PC4	Principal components of Landsat bands		
Foody <i>et al.</i> , 2001	$(NIR - (TM1 + Green)) / (NIR + (TM1 + Green))$	Normalized-NDVI		
Rondeaux <i>et al.</i> , 1996	$(NIR - Red) / (NIR + Red + 0.16)$	Optimized soil-adjusted vegetation index (OSAVI)		
Arzani & King, 2008	Red - TM1	PD 311		
Arzani & King, 2008	$(Red - Blue) / (Red + TM1)$	PD 312		

Arzani & King, 2008	Red – Green	PD 321	
Arzani & King, 2008	(Red– Green) / (Red + Green)	PD 322	
Arzani & King, 2008	NIR/ (Blue + Green)	Ratio-Based	
Foody <i>et al.</i> , 2001	(NIR/ Red)	Ratio vegetation index (RVI)	
Jordan, 1969	$[NIR - Red] / (NIR + Red + L) \times (1 + L)$	Soil-adjusted vegetation index (SAVI)	
Pettorelli <i>et al.</i> , 2005	(TM1 × Green) / Red	Stress- related	
Kullberg <i>et al.</i> , 2017	(SWIR– Red)/ (SWIR + Red)	Transformed vegetation index (TVI)	
Kullberg <i>et al.</i> , 2017	Red/ Thermal	VIT01	
Kullberg <i>et al.</i> , 2017	Thermal/ (Red + SWIR)	VTI02	
Kullberg <i>et al.</i> , 2017	Thermal / Red	VIT03	
Kullberg <i>et al.</i> , 2017	Thermal / (SWIR + Green)	VIT04	
Khan <i>et al.</i> , 2005	$BI = ((Red \times Red) + (NIR \times NIR))^{0.5}$	Brightness index	
Wilson & Sader, 2002	$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$	Normalized difference moisture index (NDMI)	
Major <i>et al.</i> , 1990	$NDSI = (Red - NIR) / (Red + NIR)$	Normalized difference snow index (NDSI)	
Nicolas & Walter, 2006	$S1 = Blue / Red$	Salinity index <sub>1</sub> (S <sub>1</sub> )	شاخص‌های شوری خاک
Nicolas & Walter, 2006	$S2 = (Blue - Red) / (Blue + Red)$	Salinity index <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> )	
Nicolas & Walter, 2006	$S3 = (Green \times Red) / Blue$	Salinity index <sub>3</sub> (S <sub>3</sub> )	
Nicolas & Walter, 2006	$S4 = (Blue \times Red) / Green$	Salinity index <sub>4</sub> (S <sub>4</sub> )	
Nicolas & Walter, 2006	$S5 = (Red \times NIR) / Green$	Salinity index <sub>5</sub> (S <sub>5</sub> )	
Nicolas & Walter, 2006	$S6 = (Blue \times Red)^{0.5}$	Salinity index <sub>6</sub> (S <sub>6</sub> )	
Nicolas & Walter, 2006	$S7 = (Green \times Red)^{0.5}$	Salinity index <sub>7</sub> (S <sub>7</sub> )	
Nicolas & Walter, 2006	$S8 = ((Blue)^2 \times (Green)^2 \times (Red)^2)^{0.5}$	Salinity index <sub>8</sub> (S <sub>8</sub> )	
تصویر ماهواره لندست	نشان‌دهنده کاربری‌های یک "واحد" زمین	کاربری اراضی	سایر پارامترهای محیطی
Danielsson, 1980	فاصله اقلیدسی تا مناطق معدن	فاصله از معدن	
Danielsson, 1980	فاصله اقلیدسی تا مناطق شهری	فاصله مناطق مسکونی	
Danielsson, 1980	فاصله اقلیدسی تا مراکز جمعیتی	فاصله از جمعیت	
Danielsson, 1980	فاصله اقلیدسی تا آبراهه‌ها	فاصله از آبراهه	
Danielsson, 1980	فاصله اقلیدسی تا جاده‌ها	فاصله از جاده	
Fathizad <i>et al.</i> , 2020	نشان‌دهنده ویژگی‌های مختلف زمین‌شناسی	زمین‌شناسی	





شکل ۲- نقشه برخی از پارامترهای محیطی مورد استفاده

Figure 2- Map of some of the environmental parameters used

## مدل‌سازی

بعد از آماده‌سازی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی و داده‌های محیطی، اقدام پیش‌بینی مقادیر هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی گردید.

### مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN<sup>۱</sup>)

شبکه عصبی مصنوعی روشی محاسباتی است که جهت مدل‌سازی عملکردهای مغز انسان طراحی گردید. این روش جهت مدل‌سازی سیستم‌های عصبی درون رابطه‌ای توسعه یافت، به طوری که کامپیوترها بتوانند توانایی مغز را در طبقه‌بندی الگوها تقلید کنند و با آزمون و خطا یاد بگیرند، بنابراین می‌توانند روابط را در داده‌ها مشاهده کنند (Pijanowski et al., 2002). ANN یک شبکه اتصال داخلی بزرگ از سلول‌های محاسباتی ساده که به نام «عصب» یا «واحدهای پردازش» نامیده می‌شوند، به کار می‌گیرد که توانایی نقشه‌برداری روابط درونی- بیرونی برای مسائل طبیعی می‌باشند (Haykin & Network, 1999). از آنجایی که ANN در کلاس مدل‌های جعبه سیاه قرار می‌گیرد، به جزئیات اطلاعات توابع درونی سیستم به منظور شناسایی روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها نیازی ندارد (Ha & Stenstrom, 2003; Sabahattin et al., 2013).

### جنگل تصادفی (RF<sup>۲</sup>)

جنگل تصادفی یک طبقه‌بندی مجموعه‌های متشکل از طبقه‌بندی‌های درخت تصمیم است. هر طبقه‌بندی برای هر نمونه ورودی به صورت  $h(x, \Theta_k)$  است، که  $x$  یک نمونه ورودی و مجموعه آموزش برای درخت  $k$ ام است.  $\Theta$ ها مستقل از یکدیگر ولی با توزیع یکسان هستند. برای هر نمونه  $x$ ، هر درخت یک پیش‌بینی را برای رده نمونه  $x$  ارائه می‌دهد و در نهایت رده‌ای با بیشترین تعداد رأی درختان روی ورودی  $x$  به عنوان رده نمونه انتخاب

می‌شود. این فرآیند را جنگل تصادفی می‌نامند (Breiman, 2001).

الگوریتم ساخت یک جنگل تصادفی با  $T$  درخت از یک مجموعه داده با  $n$  مشاهده و  $p$  متغیر بدین صورت است:

۱- با روش بوت‌استرپ یک نمونه تصادفی با جایگذاری به حجم  $n$  از مشاهدات انتخاب می‌شود.

۲- برای نمونه بوت‌استرپ انتخاب شده یک درخت کلاس‌بندی با استفاده از الگوریتم افزایشی بازگشتی، رشد می‌کند. در هر گره‌افراز بر اساس یک نمونه تصادفی  $m$  تایی از  $p$  متغیر پیشگو انجام می‌شود.

۳- الگوریتم افزایشی بازگشتی آنقدر ادامه می‌یابد تا درخت به بزرگ‌ترین اندازه خود (یعنی برای هر مشاهده یک گره نهایی)، برسد بدون آنکه درخت هرس شود.

۴- مراحل یک تا سه،  $T$  بار تکرار می‌شوند تا یک جنگل تصادفی ساخته شود (Breiman, 2001).

انتخاب‌های رایج برای  $T$ ،  $1000$  درخت و برای  $m$ ،  $\sqrt{p}$  و  $\log(p)$  هستند (Genuer, 2008).

الگوریتم جنگل تصادفی می‌تواند دقت پیش‌بینی را نسبت به درخت طبقه‌بند فردی افزایش دهد. در درخت فردی با تغییرات کوچک در مجموعه آموزش بی‌ثباتی به وجود می‌آید که باعث اختلال در دقت پیش‌بینی در نمونه آزمایشی می‌شود. اما گروهی بودن الگوریتم جنگل تصادفی باعث سازگاری با تغییرات می‌شود و بی‌ثباتی را از بین می‌برد.

به منظور اعتبارسنجی مدل جنگل تصادفی، از روش اعتبارسنجی متقابل (10-fold) در نرم‌افزار آماری R استفاده شد. در این روش داده‌ها به ۱۰ قسمت تقسیم می‌شود، نه قسمت از داده‌ها برای مدل‌سازی و یک قسمت باقیمانده برای اعتبارسنجی مدل به دست آمده استفاده می‌شود. به این ترتیب ۱۰ مرتبه این روش تکرار می‌شود. یک جنگل تصادفی آنقدر بزرگ است که تفسیر آن کار بسیار دشواری است، بنابراین نیازمند خلاصه

آن‌ها را نشان می‌دهد.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i^* - Y_i^*)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که  $X_i, Y_i, X_i^*, Y_i^*$  به ترتیب مربوط به مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده، میانگین مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده و  $n$  تعداد کل مشاهدات می‌باشد.

### نتایج

نتایج آمار توصیفی پارامترهای اندازه‌گیری شده در جدول ۲ آورده شده است. اگر ضریب تغییرات کم‌تر از ۱۰ درصد باشد، تغییرپذیری کم، اگر ضریب تغییرات بیشتر از ۱۰ درصد باشد تغییرپذیری متوسط و اگر بیشتر از ۱۰۰ درصد باشد تغییرپذیری بسیار زیاد است (Nielsen & Bouma, 1985). بنابراین همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود می‌توان شدت تغییرات تمامی ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه را متوسط در نظر گرفت.

کردن اطلاعات آن با استفاده از شاخص‌های کمی است. یکی از این شاخص‌ها اهمیت متغیر است (VI) <sup>۱</sup> است. VI شاخصی برای رتبه‌بندی متغیرها بر حسب اهمیت آن‌ها در اثرگذاری روی پاسخ است. در این تحقیق از شاخص‌های اهمیت میانگین مربع خطا (% Inc MSE) و خلوص گره (Inc Node Purity) <sup>۲</sup> استفاده شد. به‌منظور تعیین سهم هر یک از متغیرهای معنی‌دار در مدل از بسته varImp\_0.2 در نرم‌افزار آماری R استفاده شد. در این تحقیق برای مدل پیش‌بینی نهایی از اعتبارسنجی <sup>۳</sup> متقابل ۲:۱ استفاده و با روش نمونه‌برداری خطی <sup>۴</sup> کردیم. برای کالیبراسیون <sup>۵</sup> از ۷۰ درصد داده‌ها و برای ارزیابی <sup>۶</sup> از ۳۰ درصد داده‌ها بدون جایگزینی استفاده شد.

### معیارهای ارزیابی مدل

جهت ارزیابی کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی برای پارامترهای آب زیرزمینی، از شاخص‌های آماری میانگین خطای مطلق، جذر میانگین مربعات خطا، ضریب تبیین استفاده شد. روابط ۱ تا ۳

جدول ۲- آمار توصیفی پارامترهای اندازه‌گیری شده

Table 2- Descriptive statistics of measured parameters

پارامتر Parameter	تعداد Number	انحراف معیار Standard deviation	چولگی Skewness	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	میانگین Means	ضریب تغییرات CV
هدایت الکتریکی EC	201	999.7	1.3	278.0	6285.0	1754.6	57.0
نسبت جذب سدیم SAR	201	2.1	2.1	0.7	15.3	3.4	63.6
سولفات SO4	201	2	1.2	0.6	12.8	3.7	55.3

تخمین از یک شبکه عصبی MLP <sup>۷</sup> سه لایه استفاده شد. برای مدل‌سازی هر یک پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول شبکه دارای ۵۶ نورون در لایه ورودی (تعداد

### نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

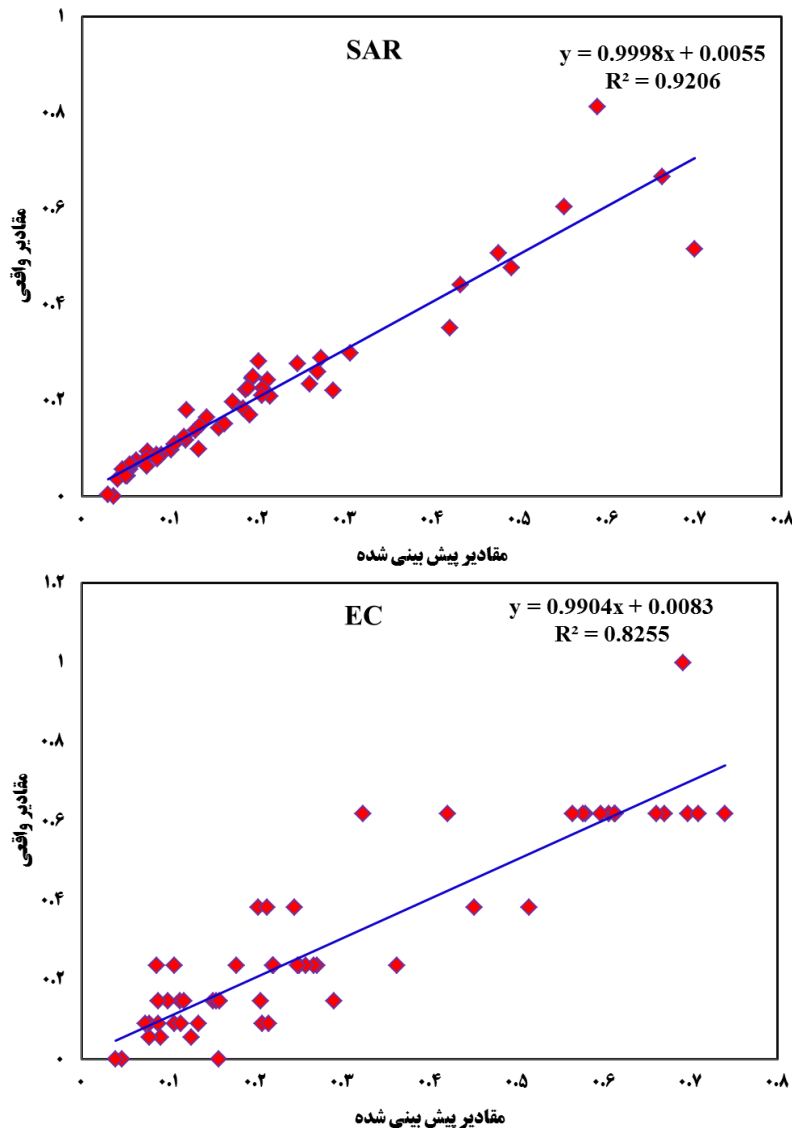
در این تحقیق تعداد لایه‌های مخفی و شمار نورون‌ها در لایه‌های میانی متناسب با تعداد نورون‌ها لایه‌ی میانی بر مبنای مقایسه‌ی عملکرد شبکه انتخاب شد. برای

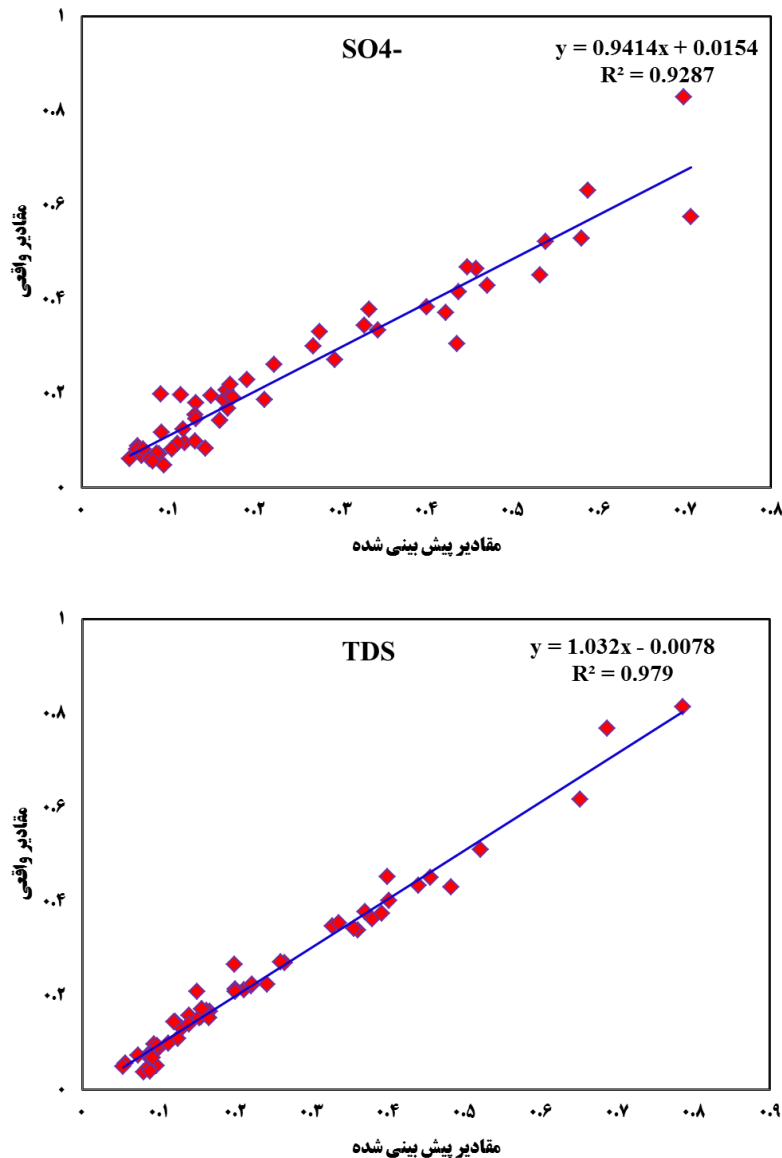
4. Linear sampling
5. Calibration
6. Validation
7. Multilayer perceptron artificial neural network

1. Variable importance
2. Mean square-error (% Inc MSE) and node purity (Inc Node Purity)
3. Cross-validation

انتخاب می‌گردد (Almasri & Kaluarachchi, 2005). در این تحقیق در شبیه‌سازی پارامترهای EC، SAR، TDS و SO<sub>4</sub><sup>-</sup> بهترین ساختار به‌دست آمده از ۱۰۰ تکرار یادگیری شبکه عصبی مصنوعی، دارای دو لایه پنهان و ۱۰ نورون پنهان در هر لایه است. جهت ارزیابی دقت شبکه عصبی انتخاب شده، یک تحلیل رگرسیون بین X داده‌های پیش‌بینی شده و Y داده‌های مقادیر واقعی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول انجام گرفت. نمودار پراکنش مقادیر واقعی و برآورده شده پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول در شکل ۳ ارائه شده است.

پارامترهای محیطی) و یک نورون در لایه خروجی (هر کدام از پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول) به‌کار برده شد. تعداد نورون‌های لایه پنهان، با توجه به اینکه هنوز از روش خاصی تبعیت نمی‌کنند، به‌صورت سعی و خطا تعیین شدند، به این صورت که شبکه با یک نورون آموزش داده شده و RMSE آن محاسبه می‌گردد. سپس به نورون‌ها یک واحد اضافه گردیده و مجدداً مقادیر RMSE محاسبه شده و این عمل آنقدر تکرار می‌گردد تا تعداد نورون مناسب تعیین گردد. در نهایت شبکه‌ای که بهترین جواب را در مرحله‌ی آموزش و آزمون به‌دست می‌آورد به‌عنوان مناسب‌ترین شبکه برای مدل‌سازی



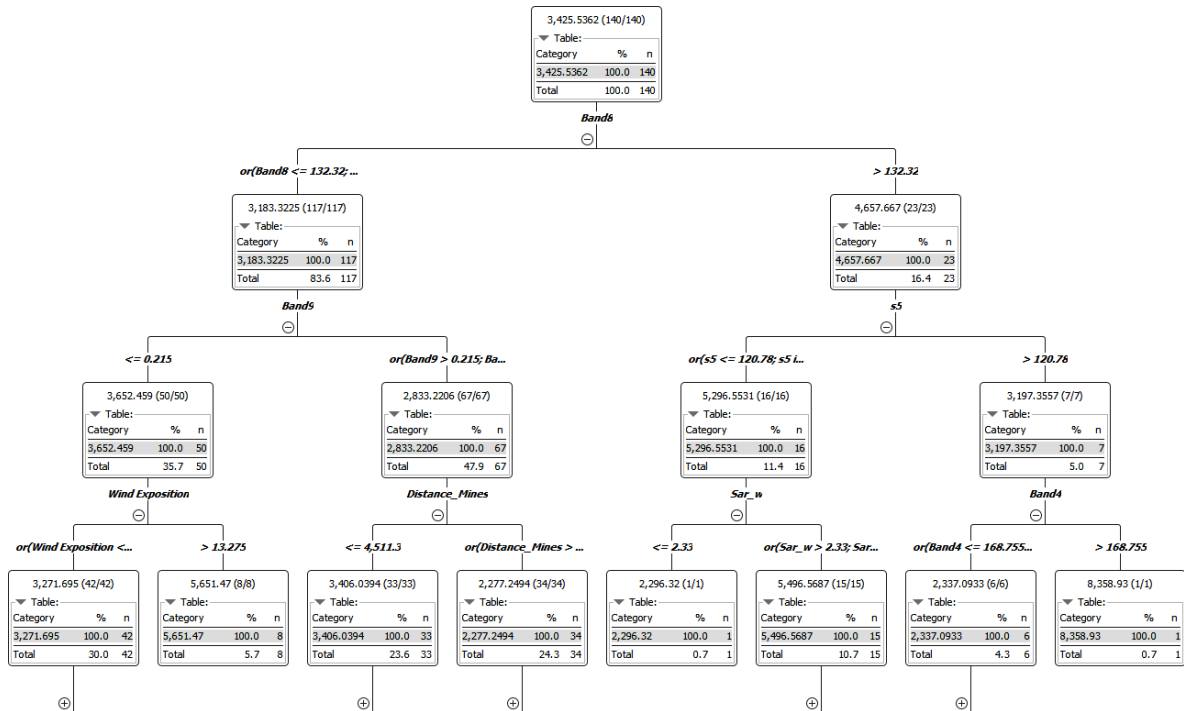


شکل ۳- نمودار پراکنش مقادیر واقعی و برآورده شده پارامترهای EC, SAR,  $SO_4^-$  و TDS با استفاده از مدل شبکه عصبی  
 Figure 3- Distribution diagram of true and estimated values of EC, SAR,  $SO_4^-$  and TDS parameters using neural network model

مناسب و به‌صرفه است. همچنین تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با DEM به‌منظور بررسی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی و پهنه‌بندی آن‌ها باعث کارآمدتر شدن نتایج و بالا رفتن صحت و دقت آن می‌شود نکته بسیار مهم در آنالیز پارامترها، نقش مهم پارامترهای مانند فاصله از جاده و فاصله از معادن است. این نشان‌دهنده اثر مستقیم عوامل محیطی انسان ساخت در کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه است.

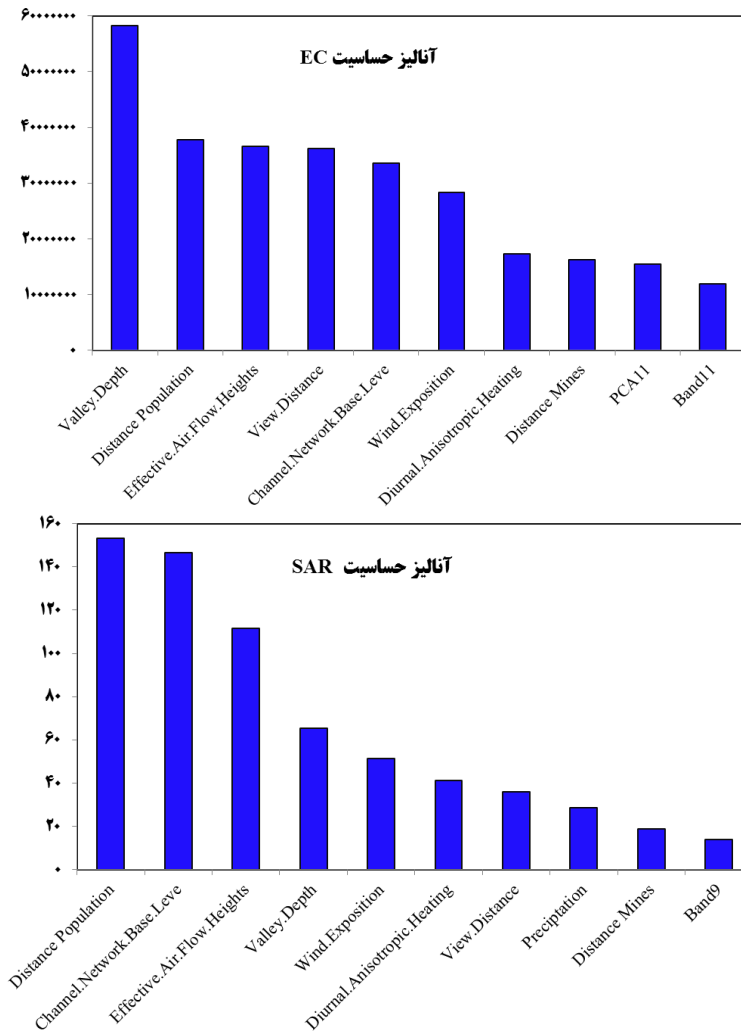
### نتایج مدل‌سازی جنگل تصادفی

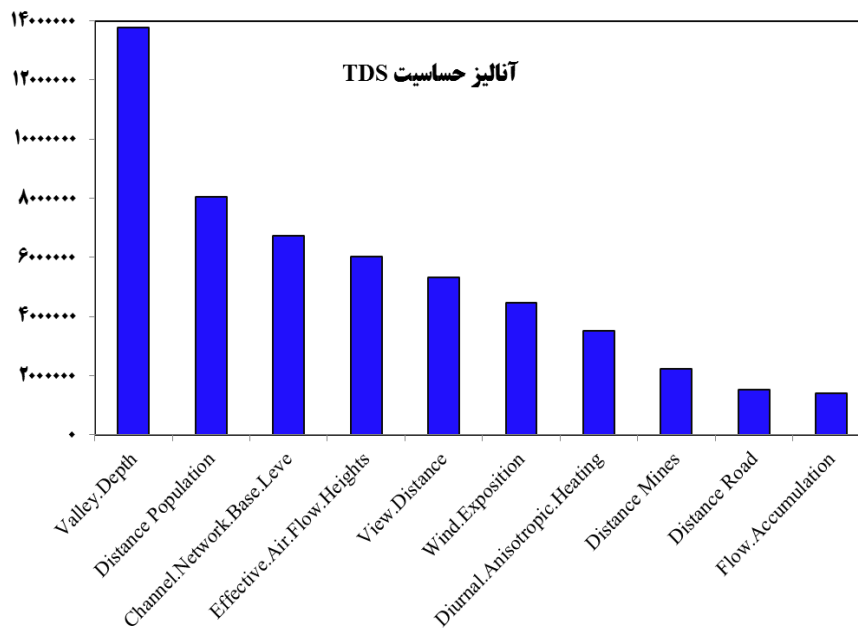
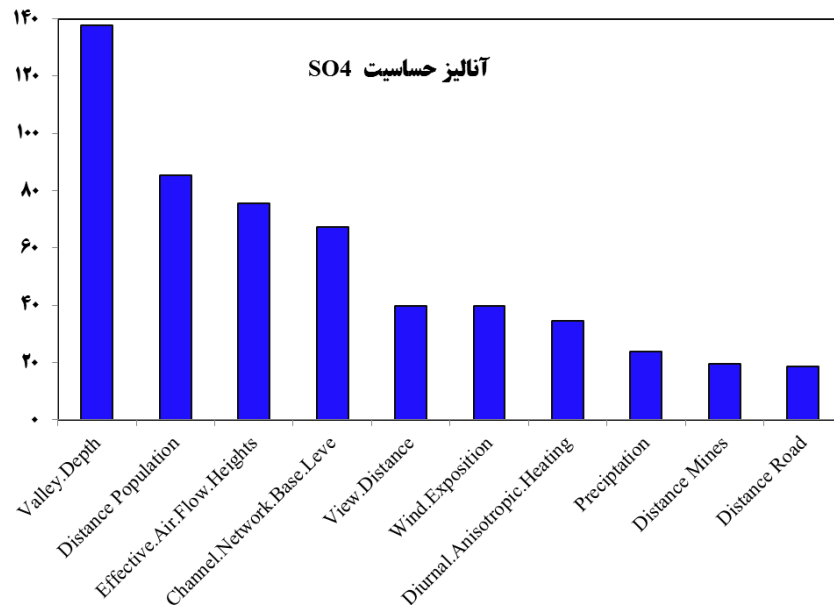
ساختار درختی مدل‌سازی جنگل تصادفی در شکل ۴ و آنالیز حساسیت مدل جنگل تصادفی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول در شکل ۵ آورده شده است. نتایج نشان‌دهنده اهمیت بالای پارامترهای مستخرج شده از مدل رقومی ارتفاعی است و استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای برای بررسی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی روش



شکل ۴- ساختار درختی مدل‌سازی جنگل تصادفی

Figure 4- The tree structure of random forest modeling



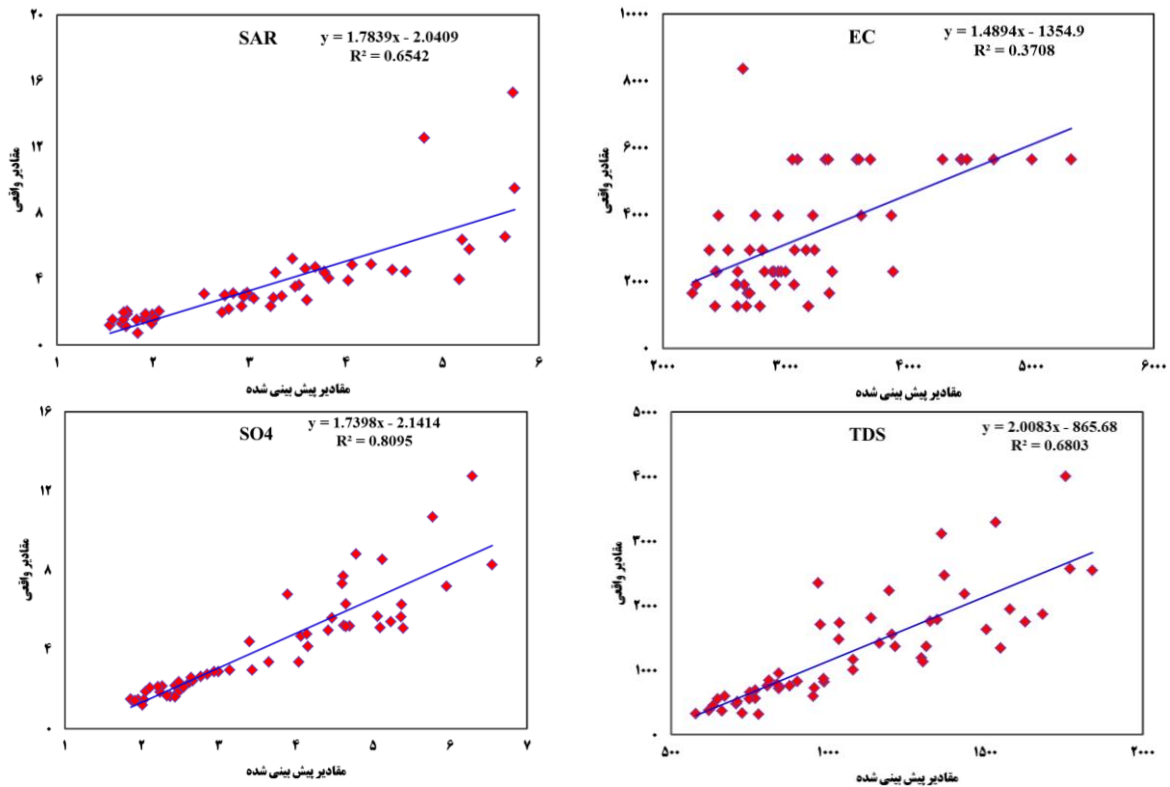


شکل ۵- نمودار آنالیز اهمیت پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول با استفاده از مدل جنگل تصادفی

Figure 5- Graph analysis of the importance of electrical conductivity parameters, adsorption ratio of sodium, sulfate and total soluble solids using a random forest model

محلول انجام گرفت. نمودار پراکنش مقادیر واقعی و برآورده شده پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول در شکل ۶ ارائه شده است.

جهت ارزیابی دقت مدل جنگل تصادفی انتخاب شده، یک تحلیل رگرسیون بین  $X$  داده‌های پیش‌بینی شده و  $Y$  داده‌های مقادیر واقعی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد



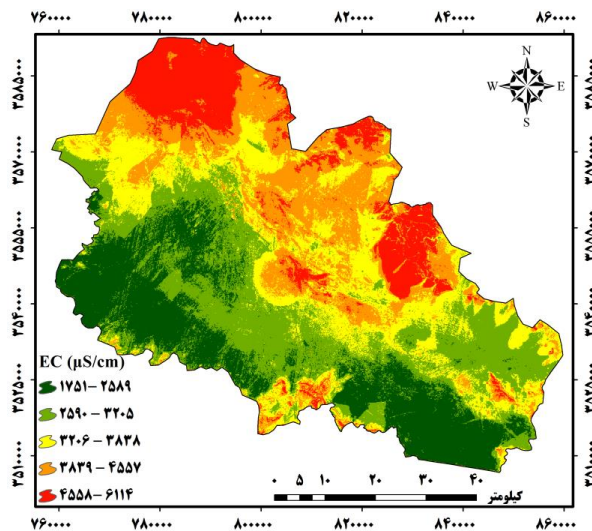
شکل ۶- نمودار پراکنش مقادیر واقعی و برآورده شده پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول با استفاده از مدل جنگل تصادفی

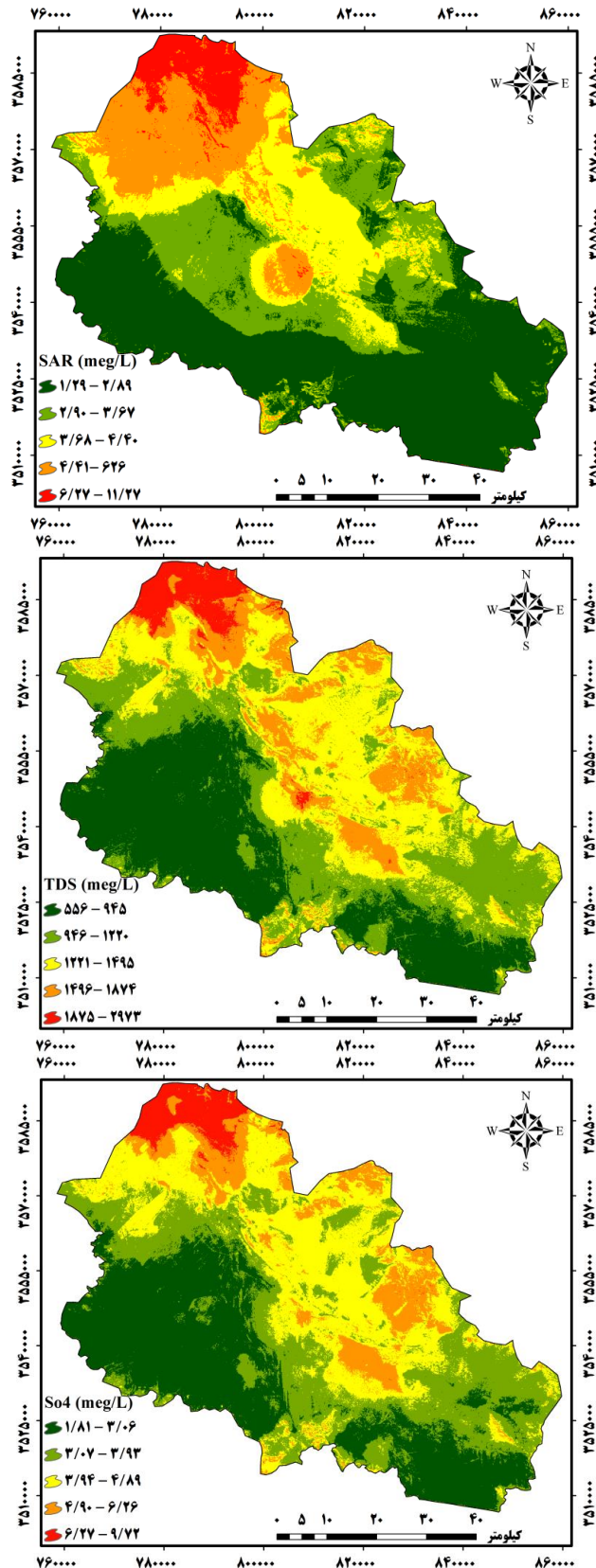
Figure 6- Distribution diagram of true and estimated values of EC, SAR, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and TDS parameters using a random forest model

مصنوعی دقت پیش‌بینی بیشتری نسبت به مدل جنگل تصادفی دارد. به همین دلیل از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تهیه نقشه پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، مقدار سولفات و کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان استفاده شد (شکل ۷).

### تهیه نقشه پارامترهای آب زیرزمینی

با مقایسه رگرسیون بین داده‌های مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده خصوصیات هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، مقدار سولفات و کل مواد جامد محلول حاصل از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی مشاهده می‌شود که مدل شبکه عصبی





شکل ۷- نقشه توزیع مکانی پارامترهای هیدروشیمیایی در دشت یزد-اردکان با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

Figure 7- Spatial distribution map of hydrochemical parameters in Yazd-Ardakan plain using artificial neural network model

## بحث

میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد. قسمت مرکزی، شمال و شمال‌غربی منطقه مورد پژوهش بیشترین میزان هدایت الکتریکی را دارا می‌باشد و چون بافت اصلی خاک در این مناطق از نوع لومی، شنی-لومی، سیلت-لومی و سیلتي می‌باشد، نفوذ آب در این مناطق کم بوده و در نتیجه منابع زیرزمینی در این مناطق توسط بارش‌ها احیاء نمی‌شوند و در نهایت روزبه‌روز کیفیت آب در این نواحی رو به کاهش است. وجود آب‌های شور در این ناحیه نیز به همین دلیل می‌باشد (Derakhshan *et al.*, 2015). از علت‌های کاهش کیفیت آب در این ناحیه، خشک‌سالی‌های اخیر و اراضی کشاورزی تحت کشت پسته در میبد و اردکان به‌علت آبیاری نامناسب می‌باشد که در کل روی کیفیت منابع آب تأثیر گذاشته و باعث کاهش کیفیت آب شده است. وضعیت سایر پارامترهای نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول مشابه پارامتر هدایت الکتریکی می‌باشد. در شمال، مرکز و جنوب‌غربی دارای بالاترین مقدار و در جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی دارای پایین‌ترین مقدار می‌باشند.

## نتیجه‌گیری کلی

آنالیز حساسیت مدل‌سازی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی با استفاده از مدل جنگل تصادفی در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده اهمیت بالای شاخص‌های پوشش گیاهی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. به‌صورت کلی می‌توان بیان کرد که سنجش از دور در تهیه نقشه پارامترهای کیفی آب زیرزمینی ابزاری بسیار قوی بوده که در صورت موجود بودن تصاویر می‌توان با تعداد نقاط محدود و صرف هزینه کم نقشه‌های بسیار دقیقی تهیه نمود.

نتایج مدل‌سازی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و جنگل تصادفی نشان‌دهنده دقت مناسب مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی این پارامترها است به‌طوری‌که نقشه نهایی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی را به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۲، ۰/۹۲، ۰/۹۷ و ۰/۹۷ پیش‌بینی کرده است و این در حالی است که مدل جنگل تصادفی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی را به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۳۷، ۰/۶۵، ۰/۸۰ و ۰/۶۸ پیش‌بینی نموده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که مدل شبکه عصبی مصنوعی از دقت بالاتری نسبت به مدل جنگل تصادفی در پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی داشته است. در خصوص کارایی شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی واضح است که توانایی‌های این تکنیک با توجه به ساختارهای مختلف آن و نیز طبیعت مسئله مورد نظر، متفاوت می‌باشد. با انتخاب نوع و تعداد مناسب عوامل ورودی و نیز استفاده از نوع مناسب و سازگار شبکه عصبی مصنوعی و نیز کالیبره کردن مناسب آن می‌توان گفت که این تکنیک ابزاری بسیار کارا و مناسب برای برآورد پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سولفات و کل مواد جامد محلول در دشت یزد- اردکان می‌باشد.

نقشه‌های پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی نشان می‌دهد که حداکثر مقدار هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه ۶۱۱۴ و حداقل آن ۱۷۵۱

## References

- Abu-Khalaf, N., Khayat, S. & Natsheh, B. (2013). Multivariate data analysis to identify the groundwater pollution sources in Tulkarm area/Palestine. *Science and Technology*, 3(4), 99-104. Doi: 10.5923/j.scit.20130304.01.
- Adimalla, N. & Taloor, A. K. (2020). Hydrogeochemical investigation of groundwater quality in the hard rock terrain of South India using Geographic Information System (GIS) and

- groundwater quality index (GWQI) techniques. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100288. Doi: 10.1016/j.gsd.2019.100288.
- Adimalla, N., Qian, H. & Li, P. (2019). Entropy water quality index and probabilistic health risk assessment from geochemistry of groundwaters in hard rock terrain of Nanganur County, South India. *Geochemistry*, 125544. Doi: 10.1016/j.chemer.2019.125544.
  - Alabjah, B., Amraoui, F., Chibout, M. & Slimani, M. (2018). Assessment of saltwater contamination extent in the coastal aquifers of Chaouia (Morocco) using the electric recognition. *Journal of Hydrology*, 566, 363-376. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.09.003.
  - Almasri, M. N. & Kaluarachchi, J. J. (2005). Modular neural networks to predict the nitrate distribution in ground water using the on-ground nitrogen loading and recharge data. *Environmental Modelling & Software*, 20(7), 851-871. Doi: 10.1016/j.envsoft.2004.05.001.
  - Arzani, H. & King, G. W. (2008). Application of remote sensing (Landsat TM data) for vegetation parameters measurement in western division of NSW. In *International Grassland Congress. Hohhot, China. ID (No. 1083)*.
  - Baghvand, A., Nasrabadi, T., Bidhendi, G. N., Vosoogh, A., Karbassi, A. & Mehrdadi, N. (2010). Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert. *Desalination*, 260(1-3), 264-275. Doi: 10.1016/j.desal.2010.02.038.
  - Bilali, A. E., Taleb, A., Mazigh, N. & Mokhliss, M. (2020). Prediction of chemical water quality used for drinking purposes based on artificial neural networks. *Moroccan Journal of Chemistry*, 8(3), 8-3. Doi: 10.48317/IMIST.PRSM/morjchem-v8i3.19786.
  - Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32. Doi: 10.1023/A:1010933404324.
  - Burri, N. M., Weatherl, R., Moeck, C. & Schirmer, M. (2019). A review of threats to groundwater quality in the anthropocene. *Science of the Total Environment*, 684, 136-154. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.236.
  - Castrillo, M. & Garcia, A. L. (2020). Estimation of high frequency nutrient concentrations from water quality surrogates using machine learning methods. *Water Research*, 172, 115490. Doi: 10.1016/j.watres.2020.115490.
  - Chou, J. S., Ho, C. C. & Hoang, H. S. (2018). Determining quality of water in reservoir using machine learning. *Ecological Informatics*, 44, 57-75. Doi: 10.1016/j.ecoinf.2018.01.005.
  - Chowdury, M. S. U., Emran, T. B., Ghosh, S., Pathak, A., Alam, M. M., Absar, N. & Hossain, M. S. (2019). IoT based real-time river water quality monitoring system. *Procedia Computer Science*, 155, 161-168. Doi: 10.1016/j.procs.2019.08.025.
  - Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L. & Böhner, J. (2015). System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geoscientific Model Development*, 8(7), 1991-2007. Doi: 10.5194/gmd-8-1991-2015.
  - Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote Sensing of Environment*, 34(1), 71-73. Doi: 10.1016/0034-4257(90)90085-Z.
  - Danielsson, P. E. (1980). Euclidean distance mapping. *Computer Graphics and Image Processing*, 14(3), 227-248. Doi: 10.1016/0146-664X(80)90054-4.
  - Das, A., Das, S. S., Chowdhury, N. R., Joardar, M., Ghosh, B. & Roychowdhury, T. (2020). Quality and health risk evaluation for groundwater in Nadia district, West Bengal: An approach on its suitability for drinking and domestic purpose. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100351. Doi: 10.1016/j.gsd.2020.100351.
  - Derakhshan, Z., Faramarzan, M., Miri, M. & Shokouhi, M. R. (2015). The zoning of groundwater quality for drinking purpose using scholler model and geographic information system (GIS). *Journal of Community Health Research*, 4(2), 138-147.
  - Di, Z., Chang, M. & Guo, P. (2019). Water quality evaluation of the Yangtze River in China using machine learning techniques and data monitoring on different time scales. *Water*, 11(2), 339. Doi: 10.3390/w11020339.
  - El Asri, H., Larabi, A. & Faouzi, M. (2019). Climate change projections in the Ghis-Nekkor region of Morocco and potential impact on groundwater recharge. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(1), 713-727. Doi: 10.1007/s00704-019-02834-8.
  - El Mountassir, O., Bahir, M., Ouazar, D., Ouahmdouch, S., Chehbouni, A. & Ouarani, M. (2020). The use of GIS and water quality index to assess groundwater quality of krimat aquifer (Essaouira; Morocco). *SN Applied Sciences*, 2(5), 1-16. Doi: 10.1007/s42452-020-2653-z.

- Fathizad, H., Ardakani, M. A. H., Sodaiezhadeh, H., Kerry, R. & Taghizadeh-Mehrjardi, R. (2020). Investigation of the spatial and temporal variation of soil salinity using random forests in the central desert of Iran. *Geoderma*, 365, 114233. Doi: 10.1016/j.geoderma.2020.114233.
- Fijani, E., Barzegar, R., Deo, R., Tziritis, E. & Skordas, K. (2019). Design and implementation of a hybrid model based on two-layer decomposition method coupled with extreme learning machines to support real-time environmental monitoring of water quality parameters. *Science of the Total Environment*, 648, 839-853. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.221.
- Foody, G. M., Cutler, M. E., McMorrow, J., Pelz, D., Tangki, H., Boyd, D. S. & Douglas, I. A. N. (2001). Mapping the biomass of Bornean tropical rain forest from remotely sensed data. *Global Ecology and Biogeography*, 10(4), 379-387. Doi: 10.1046/j.1466-822X.2001.00248.x.
- Genuer, R., Poggi, J. M. & Tuleau, C. (2008). Random forests: some methodological insights. *arXiv preprint arXiv:0811.3619*.
- Ha, H. & Stenstrom, M. K. (2003). Identification of land use with water quality data in stormwater using a neural network. *Water Research*, 37(17), 4222-4230. Doi: 10.1016/S0043-1354(03)00344-0.
- Haykin, S. & Network, N. (2004). A comprehensive foundation. *Neural Networks*, 2(2004), 41.
- Heib, L., Bouchaou, L., Tadoumant, S. & Reichert, B. (2020). Index-based groundwater vulnerability and water quality assessment in the arid region of Tata city (Morocco). *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100344. Doi: 10.1016/j.gsd.2020.100344.
- Houemenou, H., Tweed, S., Dobigny, G., Mama, D., Alassane, A., Silmer, R., Babic, M., Ruy, S., Chaigneau, A., Gauthier, P., Socohou, A., Dossou, H.J., Badou, S. & Leblanc, M. (2020). Degradation of groundwater quality in expanding cities in West Africa. A case study of the unregulated shallow aquifer in Cotonou. *Journal of Hydrology*, 582, 124438. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.124438.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309. Doi: 10.1016/0034-4257(88)90106-X.
- Jahin, H. S., Abuzaid, A. S. & Abdellatif, A. D. (2020). Using multivariate analysis to develop irrigation water quality index for surface water in Kafr El-Sheikh Governorate, Egypt. *Environmental Technology & Innovation*, 17, 100532. Doi: 10.1016/j.eti.2019.100532.
- Jamaa, H., El Achheb, A. & Namr, K. I. (2020). Spatial variation of groundwater quality and assessment of water table fluctuations in Plio-Quaternary aquifer formations in Doukkala Plain, Morocco. *Groundwater for Sustainable Development*, 11, 100398. Doi: 10.1016/j.gsd.2020.100398.
- Jordan, C. F. (1969). Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, 50(4), 663-666. Doi: 10.2307/1936256.
- Khan, N. M., Rastoskuev, V. V., Sato, Y. & Shiozawa, S. (2005). Assessment of hydrosaline land degradation by using a simple approach of remote sensing indicators. *Agricultural Water Management*, 77(1-3), 96-109. Doi: 10.1016/j.agwat.2004.09.038.
- Krupkova, L., Havrankova, K., Krejza, J., Sedlak, P. & Marek, M. V. (2019). Impact of water scarcity on spruce and beech forests. *Journal of Forestry Research*, 30(3), 899-909. Doi: 10.1007/s11676-018-0642-5.
- Kullberg, E. G., DeJonge, K. C. & Chavez, J. L. (2017). Evaluation of thermal remote sensing indices to estimate crop evapotranspiration coefficients. *Agricultural Water Management*, 179, 64-73. Doi: 10.1016/j.agwat.2016.07.007.
- Lu, H. & Ma, X. (2020). Hybrid decision tree-based machine learning models for short-term water quality prediction. *Chemosphere*, 249, 126169. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.126169.
- Major, D. J., Baret, F. & Guyot, G. (1990). A ratio vegetation index adjusted for soil brightness. *International journal of Remote Sensing*, 11(5), 727-740. Doi: 10.1080/01431169008955053.
- Meyers, G., Kapelan, Z. & Keedwell, E. (2017). Short-term forecasting of turbidity in trunk main networks. *Water Research*, 124, 67-76. Doi: 10.1016/j.watres.2017.07.035.
- Mountadar, S., Younsi, A., Hayani, A., Siniti, M. & Tahiri, S. (2018). Groundwater salinization process in the coastal aquifer sidi abed-ouled ghanem (province of el Jadida, Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 147, 169-177. Doi: 10.1016/j.jafrearsci.2018.06.025.
- Nicolas, H. & Walter, C. (2006). Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma*, 134(1-2), 217-230. Doi: 10.1016/j.geoderma.2005.10.009.

- Nield, S. J., Boettinger, J. L. & Ramsey, R. D. (2007). Digitally mapping gypsic and natric soil areas using Landsat ETM data. *Soil Science Society of America Journal*, 71(1), 245-252. Doi: 10.2136/sssaj2006-0049.
- Nielsen, D. R. & Bouma, J. (1985). *Soil spatial variability*. proceedings of a workshop of the ISSS (Int. Society of Soil Science) and the SSSA (Soil Science Society of America), Las Vegas (USA), 30 Nov-1 Dec 1984.
  - Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J. & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503-510. Doi: 10.1016/j.tree.2005.05.011.
  - Pijanowski, B. C., Brown, D. G., Shellito, B. A. & Manik, G. A. (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26(6), 553-575. Doi: 10.1016/S0198-9715(01)00015-1.
  - Plumb, A. P., Rowe, R. C., York, P. & Brown, M. (2005). Optimisation of the predictive ability of artificial neural network (ANN) models: a comparison of three ANN programs and four classes of training algorithm. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 25(4-5), 395-405. Doi: 10.1016/j.ejps.2005.04.010.
  - Rajaei, T., Ebrahimi, H. & Nourani, V. (2019). A review of the artificial intelligence methods in groundwater level modeling. *Journal of Hydrology*, 572, 336-351. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.12.037.
  - Rondeaux, G., Steven, M. & Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 55(2), 95-107. Doi: 10.1016/0034-4257(95)00186-7.
  - Sabahattin I., Latif K., Jon, S., Puneet, S. & Graeme, L. (2013). Modeling effects of changing land use/cover on daily streamflow: An Artificial Neural Network and curve number based hybrid approach. *Journal of Hydrology*, 485, 103-112.
  - Sakai, N., Mohamad, Z. F., Nasaruddin, A., Abd Kadir, S. N., Salleh, M. S. A. M. & Sulaiman, A. H. (2018). Eco-Heart Index as a tool for community-based water quality monitoring and assessment. *Ecological Indicators*, 91, 38-46. Doi: 10.1016/j.ecolind.2018.03.079.
  - Siebert, S., Burke, J., Faires, J. M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Doll, P. & Portmann, F. T. (2010). Groundwater use for irrigation—a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(10), 1863-1880. Doi: 10.5194/hess-14-1863-2010.
  - Taloor, A. K., Pir, R. A., Adimalla, N., Ali, S., Manhas, D. S., Roy, S. & Singh, A. K. (2020). Spring water quality and discharge assessment in the Basantar watershed of Jammu Himalaya using geographic information system (GIS) and water quality Index (WQI). *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100364. Doi: 10.1016/j.gsd.2020.100364.
  - Tung, T. M. & Yaseen, Z. M. (2020). A survey on river water quality modelling using artificial intelligence models: 2000–2020. *Journal of Hydrology*, 585, 124670. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.124670.
  - Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P. & Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water Resources*, 1, 34-38. Doi: 10.12691/ajwr-1-3-3.
  - Wagh, V. M., Panaskar, D. B., Muley, A. A., Mukate, S. V., Lolage, Y. P. & Aamalawar, M. L. (2016). Prediction of groundwater suitability for irrigation using artificial neural network model: a case study of Nanded tehsil, Maharashtra, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(4), 1-10. Doi: 10.1007/s40808-016-0250-3.
  - Wilson, E. H. & Sader, S. A. (2002). Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, 80(3), 385-396. Doi: 10.1016/S0034-4257(01)00318-2.
  - Wu, J., Zhang, Y. & Zhou, H. (2020). Groundwater chemistry and groundwater quality index incorporating health risk weighting in Dingbian County, Ordos basin of northwest China. *Geochemistry*, 80(4), 125607. Doi: 10.1016/j.chemer.2020.125607.
  - Yaseen, Z. M., Sulaiman, S. O., Deo, R. C. & Chau, K. W. (2019). An enhanced extreme learning machine model for river flow forecasting: State-of-the-art, practical applications in water resource engineering area and future research direction. *Journal of Hydrology*, 569, 387-408. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.11.069.
  - Zhu, J. J., Yu, L. Z., Xu, T. L., Wei, X. & Yang, K. (2019). Comparison of water quality in two catchments with different forest types in the headwater region of the Hun River, Northeast China. *Journal of Forestry Research*, 30(2), 565-576. Doi: 10.1007/s11676-018-0688-4.





## Analysis of the Constituent Elements of the Desire of Watershed Residents to Participate in Watershed Management Projects (Case Study: Great Naein River Basin, Isfahan Province)

Hadiseh Jeyhoni Naeini<sup>1</sup>, Ali Najafinejad<sup>2\*</sup>, Amir Sadoddin<sup>2</sup> and Ebrahim Omidvar<sup>3</sup>

- 1- Ph.D. Student, Department of Watershed Management Science and Engineering, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran  
2- Associate Professor, Department of Watershed Management Science and Engineering, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran  
3- Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, Iran

\*Corresponding author: najafinejad@gau.ac.ir

(Received: 13 February 2022

Revise: 6 March 2022

Accepted: 12 March 2022)

### Extended Abstract

**Introduction:** In order to achieve sustainable development and conservation of natural resources, it is necessary to promote the participation of individuals, especially users of natural resources. In fact, people's participation is of paramount importance in the implementation of environmental resource protection programs, and new trends in the global arena are based on strengthening the role of people in the protection of natural resources. Experts believe that the involvement of local individuals and groups in rural communities in watershed management projects can bring many benefits. It is believed that involving local people in the watershed management process can improve the technical and analytical skills of the users. In general, the success or failure of watershed management projects should be sought in the presence or absence of people. However, paying attention to the role of people in these projects and finding ways to encourage their participation is an inevitable necessity. Therefore, the general purpose of the present descriptive-correlational research is to prepare a causal model of the elements that influence the willingness of watershed residents to participate in watershed management projects of the Great Nain River Basin. Watersheds are influential and can promote the participation of watershed residents.

**Materials and Methods:** Naein Great River Basin with an area of about 130000 ha between 32 degrees; 45 minutes and 18 seconds to 33 degrees, 09 minutes and 20 seconds north latitude, 52 degrees and 29 minutes and 18 seconds to 53 degrees, and 05 minutes and 41 seconds is located on the east of the Greenwich meridian. The minimum height of this basin is 1552 meters and the maximum height is 3094 meters. This watershed is located in Naein city of Esfahan province in terms of national divisions and includes two villages of Koohestan and Baharestan and 41 inhabited villages with a population of about 2298 people. The statistical population studied in this study includes watershed residents living in Naein river basin of Isfahan province (N = 2298), among whom 476 people were selected as a statistical sample using Cochran's formula. Due to the large size of the statistical population, random sampling method was used and information was collected. Finally, 476 questionnaires were collected and analyzed (performing stepwise regression, performing path analysis technique and preparing a causal model of the elements that influence the willingness of watershed residents to participate in watershed management projects).

**Results and Discussion:** The results of stepwise regression showed that social factors account for 69.1% of the willingness of watershed residents regardless of other variables. Also, social, economic, and communication factors as well as information resources and education item indicate a total of 74% of the changes in the willingness to participate in watershed management projects. The results obtained from the table of regression coefficients to determine the relative importance of variables and their effect on the willingness to participate showed that social factors have the largest share in the willingness of watershed participants to participate in watershed management projects and education item has the lowest share in their willingness to participate. Also, the causal model of the elements that influence the willingness of watershed residents to participate in watershed management projects showed that the factors mentioned above also have many indirect effects on the willingness of watershed residents. Therefore, according to the stepwise regression and the causal model prepared, planners and natural resource specialists should pay considerable attention to social, communication, and economic factors as well as information resources and education. For example, local councils can be used to foster the participation of local people in watershed management projects. Also, providing low-interest facilities and credits can greatly increase the motivation of local communities to participate in watershed management projects. Relevant organizations and the government can motivate local communities to participate in watershed management projects by creating jobs and improving the economic status of people. It can also be said that by promoting mass and social media, holding training classes, visiting other successful projects, etc., the level of participation in watershed management projects can be increased.

**Conclusion:** In general, the findings of this study indicate the great effects of three factors (economic, social and communication as well as information resources) and an individual item (education) on watershed participation, which was presented as a causal model of watershed participants' willingness to participate. Therefore, planners and natural resource specialists should pay considerable attention to these factors in order to increase the success of watershed management projects by encouraging more participation of watershed residents.

**Keywords:** Causal model, Great Naein river basin, Participation, Watershed.

**Citation:** Jeyhoni Naeini, H., Najafinejad, A., Sadoddin, A. & Omidvar, E. (2022). Analysis of the constituent elements of the desire of watershed residents to participate in watershed management projects (Case study: great Naein River Basin, Isfahan province). *Integrated Watershed Management*, 1(2), 21-33. doi:10.22034/iwm.2022.251070

### 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>).



## تحلیل عناصر تشکیل‌دهنده میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری (مطالعه موردی: حوضه رودخانه بزرگ نائین استان اصفهان)

حدیثه جیحونی نائینی<sup>۱</sup>، علی نجفی نژاد<sup>۲\*</sup>، امیر سعدالدین<sup>۳</sup> و ابراهیم امیدوار<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری گرایش آب، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

\*نویسنده مسئول: najafinejad@gau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴

### چکیده

موفقیت یا عدم موفقیت طرح‌های آبخیزداری را باید در حضور یا عدم حضور مردم جست‌وجو کرد. با این اوصاف، توجه به نقش مردم در این طرح‌ها، یافتن راهکارهایی برای تشویق مشارکت آن‌ها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. از این رو، هدف کلی این پژوهش توصیفی-همبستگی تهیه مدل علی عناصر تشکیل‌دهنده میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری حوضه رودخانه بزرگ نائین است. جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش، شامل آبخیزنشینان ساکن حوضه رودخانه بزرگ نائین استان اصفهان است (N=۲۲۹۸)، که از این میان، تعداد ۴۷۶ نفر با استفاده از فرمول کوکران به عنوان نمونه آماری انتخاب و با توجه به گستردگی جامعه آماری از روش نمونه‌گیری تصادفی استفاده و اطلاعات جمع‌آوری گردید و مورد تجزیه و تحلیل (انجام رگرسیون گام به گام، انجام تکنیک تحلیل مسیر و تهیه مدل علی عناصر تشکیل‌دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری) قرار گرفت. نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که عوامل اجتماعی، اقتصادی، ارتباطی و منابع اطلاعاتی و گویه تحصیلات در مجموع ۷۴ درصد از تغییرات میزان تمایل به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری را تبیین می‌نمایند. همچنین مدل علی عناصر تشکیل‌دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری بیان‌کننده این موضوع شد که عوامل ذکر شده علاوه بر اثرات مستقیم دارای تأثیرات غیرمستقیم زیادی هم بر روی تمایل به مشارکت آبخیزنشینان هستند. در کل یافته‌های این پژوهش به تأثیرات کمی سه عامل و یک گویه فردی بر روی مشارکت آبخیزنشینان اشاره می‌نماید که در قالب یک مدل علی ارائه گردید. بنابراین توجه ویژه به این عوامل باید در دستور کار برنامه‌ریزان منابع طبیعی قرار بگیرد تا با جذب بیشتر مشارکت آبخیزنشینان موفقیت طرح‌های آبخیزداری نیز افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی: آبخیزنشین، حوضه رودخانه بزرگ نائین، مدل علی، مشارکت.

استناد: جیحونی نائینی، ح.، نجفی نژاد، ع.، سعدالدین، ا. و امیدوار، ا. (۱۴۰۰). تحلیل عناصر تشکیل‌دهنده میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری (مطالعه موردی: حوضه رودخانه بزرگ نائین استان اصفهان). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۲۱(۲)، ۳۳-۲۱.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

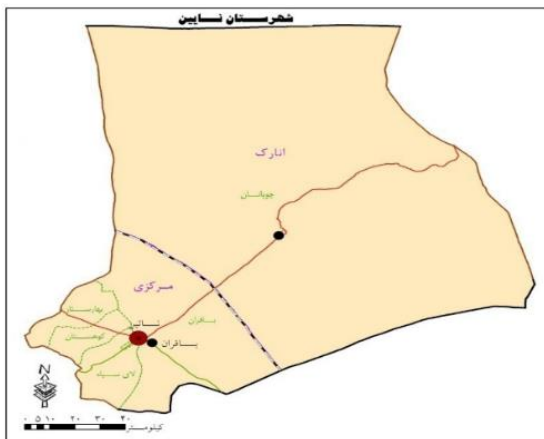
## مقدمه

با توجه به اهمیت حفاظت از منابع طبیعی، تدوین راهبردهای حفاظت و بهره‌برداری از این منابع به‌عنوان ضرورتی بنیادی بیش از پیش احساس می‌شود. مشارکت مردم در هر پروژه‌ای ضامن اجرا و پایداری آن پروژه است. این مسئله در حفاظت از منابع طبیعی از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا مسائل مربوط به محیط‌زیست و منابع طبیعی با زندگی جوامع آمیخته است و توفیق هر نوع برنامه‌ای نیازمند مشارکت این جوامع خواهد بود (Jingling et al., 2010). در واقع مشارکت مردم، جوهره اصلی در اجرای برنامه‌های حفاظت از منابع زیست‌محیطی می‌باشد و گرایش‌های نوین در عرصه‌های جهانی بر پایه تقویت نقش مردم در حفاظت از منابع طبیعی استوار است (Omani, 2009). Shaeri (۲۰۱۰) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر میزان مشارکت آبخیزنشینان در طرح‌های آبخیزداری پرداخت. نتایج حاصل به این شرح بود که رابطه مثبت و معنی‌داری بین میزان مشارکت در طرح‌های آبخیزداری و متغیرهای سطح سواد، میزان مالکیت زمین زراعی و میزان استفاده از کانال‌های ارتباطی وجود دارد. در واقع مردم، منابع و مشارکت سه رکن اساسی توسعه پایدار هستند و باید در مدیریت، طراحی، اجرا و ارزیابی پروژه‌های منابع طبیعی علاوه بر مسائل و جنبه‌های فنی، به ابعاد اقتصادی و اجتماعی توجه کافی شود و مؤلفه‌ها و شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی که سهم قابل توجهی را در فرآیند ارزیابی دارند شناسایی شوند (Oakle & Marsden, 2008). بنابراین با توجه به اهمیت مقوله مشارکت، مشارکت مردم بایستی به‌عنوان جزء ضروری تمام پروژه‌های مربوط به توسعه پایدار منابع طبیعی به حساب آید (Abdolmaleki et al., 2007).

تحقیقات بسیاری در داخل و خارج کشور درباره مشارکت آبخیزنشینان در طرح‌های آبخیزداری و متغیرهای مربوط به آن صورت گرفته است. Ajili و همکاران (۲۰۰۷) و Shariati و همکاران (۲۰۰۵) نشان

دادند که بین سطح تحصیلات با میزان مشارکت همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. Razavi Arab (۱۹۹۹) به این نتیجه اشاره کرد که هر چه سطح فقر، نابرابری اقتصادی، بی‌سوادی و ناآگاهی‌های عمومی بیشتر باشد، به‌دنبال آن آگاهی کمتر و در نهایت، برنامه مشارکتی ناموفق‌تر خواهد بود. Bohnet و همکاران (۲۰۱۱) و Parkes و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی عوامل مؤثر بر برنامه‌های مدیریت منابع طبیعی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عوامل اجتماعی و اقتصادی بر طرح‌ها تأثیرگذار هستند. Mosaei (۲۰۰۹) مدل تحلیل مسیر را ارائه کرد که نتایج مشخص نمود متغیرهای میزان تحصیلات و مشارکت اجتماعی بیشترین و نگرش نسبت به مشارکت و سن کمترین تأثیر را به‌ترتیب به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم دارند. پژوهش‌های Bagdi (۲۰۰۵) و Blaine و همکاران (۲۰۰۱) نشان می‌دهند که وضعیت اجتماعی بهره‌برداران مهمترین عامل مؤثر در جلب مشارکت‌های مردم در طرح‌های آبخیزداری هستند. Mcshane (۱۹۹۶) سطح تحصیلات را از پیش‌بینی‌کننده‌های مشارکت برشمرده است. Karimi و Chizari (۲۰۰۹) در ارائه تحلیل رگرسیونی به این جمع‌بندی رسیده‌اند که رابطه معنی‌دار و مثبتی بین میزان مشارکت و متغیر سواد برقرار است. Mehrdost و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه‌ای در حوزه‌های آبخیز درود فرامان و لعل‌آباد شهرستان کرمانشاه به این نتیجه رسیدند که بین متغیرهای عوامل اطلاعاتی و ترویجی و تحصیلات با میزان مشارکت رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. Fortman و Kusel و Dolisca و همکاران (۲۰۰۶) نیز سطح تحصیلات را بر میزان مشارکت افراد مؤثر می‌دانند. نتایج حاصل از پژوهش‌های Arnette و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی عوامل مؤثر بر مشارکت کشاورزان در پروژه‌های آبخیزداری به نقش عوامل اجتماعی اشاره کردند و به این نتیجه رسیدند که عوامل اجتماعی مؤثر بر مشارکت کشاورزان در پروژه‌های (اقدامات) آبخیزداری هستند. Koehler و Koontz (۲۰۰۸) در پژوهشی با عنوان

کمر پژوهشی در زمینه و مباحث مشارکتی در حوضه رودخانه بزرگ نائین صورت گرفته است و ادارات مربوطه کمتر به مسائل مشارکت آبخیزنشینان توجه کرده و این موضوع باعث شکست و یا ناتمام ماندن تعدادی از طرح‌های منابع طبیعی در این حوضه شده است.



مشارکت شهروندان در پروژه‌های اصلاح و احیا آبخیزها در آمریکا به این نتیجه دست یافتند که دانش فرد از مهمترین عوامل مؤثر فردی در مشارکت است. Chaudhary و همکاران (۱۹۹۶) در تحقیق خود نشان می‌دهند که بین مشارکت روستائیان در فعالیتهای اجتماعی با میزان مشارکت آن‌ها در طرح‌ها عمرانی مانند آبخیزداری همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

به‌طور کلی موفقیت یا عدم‌موفقیت طرح‌های آبخیزداری را باید در حضور یا عدم‌حضور مردم جست‌وجو کرد. با این اوصاف، توجه به نقش مردم در این طرح‌ها و یافتن راهکارهایی جهت جلب مشارکت آن‌ها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو، هدف کلی این پژوهش، تهیه مدل علی عناصر تشکیل‌دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری است که این مدل نمایان می‌نماید که کدام عوامل و گویه‌ها و هر کدام به چه میزان بر روی مشارکت آبخیزنشینان در حوزه آبخیز تأثیرگذار هستند و می‌توانند باعث جذب مشارکت آبخیزنشینان شوند.

## مواد و روش‌ها

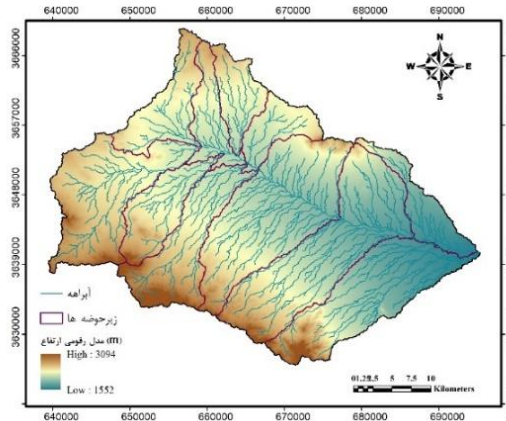
### منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه بزرگ نائین با مساحتی حدود ۱۳۰۰۰۰ هکتار بین ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه و ۱۸ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۹ دقیقه و ۲۰ ثانیه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۲۹ دقیقه و ۱۸ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۵ دقیقه و ۴۱ ثانیه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. کمترین ارتفاع این حوضه ۱۵۵۲ متر و بیشترین ارتفاع آن ۳۰۹۴ متر می‌باشد (شکل ۱). این حوزه آبخیز از نظر تقسیمات کشوری در استان اصفهان شهرستان نائین واقع شده است و در برگرنده دو دهستان کوهستان و بهارستان و ۴۱ روستای دارای سکنه با جمعیت حدود ۲۲۹۸ نفر است (Plan & Budget Organization, 2017)؛ که می‌توان از دلایل انتخاب این حوزه آبخیز به این مسئله اشاره کرد که تاکنون

بخش اول برای جمع‌آوری اطلاعات درباره ویژگی‌های فردی پاسخ‌گویان طراحی شده است. بخش دوم به سنجش وضعیت اجتماعی پاسخ‌گویان از قبیل: انگیزه آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آینده، توان شوراهای محلی، تشویق دوستان، آشنایان و کارشناسان، میزان تأثیر استفاده از دانش بومی، میزان تأثیر استفاده از خدمات آموزشی و ترویجی، میزان آگاهی آبخیزنشینان، تمایل به کارهای جمعی و میزان تأثیر تجربه شغلی می‌پردازد. بخش سوم برای جمع‌آوری اطلاعات درباره ویژگی‌های اقتصادی پاسخ‌گویان طراحی شده است. بخش چهارم به سنجش وضعیت ارتباطی و منابع اطلاعاتی پاسخ‌گویان از قبیل: تلویزیون و شبکه‌های مجازی، بازدید از طرح‌های دیگر، سی‌دی و فیلم‌های آموزشی، اطلاع‌رسانی کارشناسان، رهبران محلی، کلاس‌های آموزشی می‌پردازد و بخش پنجم به سنجش شاخص‌های تمایل به مشارکت از قبیل: تمایل در دادن دستمزد به آبخیزنشینان، تمایل به حفاظت از طرح‌ها، تمایل به افزایش محصولات کشاورزی، تمایل به افزایش آب قنات‌ها و چاه‌ها، تمایل به احداث سدها و کانال‌های ذخیره آب، تمایل به لایروبی قنات‌ها می‌پردازد. سنجش روایی این پرسش‌نامه با مراجعه مکرر به کارشناسان، متخصصین و استادان مجرب آشنا با مفاهیم مشارکت صورت گرفت. به‌طور کلی در این تحقیق برای افزایش روایی محتوای پرسش‌نامه از ابزارهای زیر استفاده شده است:

- ۱- استفاده از نظرات تخصصی اساتید راهنما و مشاور
- ۲- استفاده از نظرات برخی از کارشناسان اداره جهادکشاورزی و اداره منابع طبیعی شهرستان نائین
- ۳- مطالعه تحقیقات مشابه، مقالات، کتب و مجلات تخصصی

و برای سنجش پایایی پرسش‌نامه از آزمون آلفای کرونباخ<sup>۲</sup> استفاده گردیده است (آلفای کرونباخ کل پرسش‌نامه ۰/۹۲۰ است).



شکل ۱- حوضه رودخانه بزرگ نائین  
Figure 1- Great Nain River Basin

این پژوهش از نوع توصیفی-همبستگی می‌باشد که با بهره‌گیری از فن پیمایش و از طریق پرسش‌نامه انجام شده است.

### جامعه آماری

جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش، شامل آبخیزنشینان ساکن حوضه رودخانه بزرگ نائین استان اصفهان است (N=۲۲۹۸).

### روش نمونه‌گیری و تعیین حجم نمونه

روش نمونه‌گیری مورد استفاده در این تحقیق، روش نمونه‌گیری تصادفی بود (Rahmani rad Kharfekoli, 2017). در این تحقیق با توجه به حجم جامعه آماری که جمعیت کل آبخیزنشینان دو دهستان حوزه آبخیز رودخانه بزرگ نائین (۲۲۹۸ نفر) بود. با قرار دادن حجم جامعه آماری در رابطه کوکران<sup>۱</sup> (رابطه ۱) و تطبیق با جدول مورگان حجم نمونه آماری مشخص گردید (۴۷۶ نفر) (Sarmadi et al., 2006).

$$n = \frac{Nz^2pq}{Nd^2 + z^2pq} \quad (1)$$

n: حجم نمونه، N: حجم جامعه، z: فاصله اعتماد (۱/۹۶)، d: مقدار خطا (۰/۰۴)، p: واریانس جامعه (۰/۵) و q: انحراف معیار جامعه (۰/۵).

### شیوه اجرای تحقیق

برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز تحقیق، پرسش‌نامه‌ای در پنج بخش تهیه و تدوین شده است.

2. Cronbakh alpha

1. Formula Cochran

اجرای آزمون، به مدل تجربی تحقیق تبدیل می‌شود، زیرا تحلیل مسیر در تحلیل و ارائه نتایج است که بیشتر بر تکنیک‌هایی استوار است که ما را قادر می‌سازد میزان مناسب بودن و مقدار اثر هر متغیر تعیین شود (Kalantari, 2012; Mansourfar, 2006). بنابراین در این تحقیق ابتدا بر اساس  $\beta$ هایی که در مرحله رگرسیون گام به گام به دست آورده شد از بین  $\beta$ ها آن که از همه بزرگ‌تر است مشخص شد و به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته و سپس  $\beta$ های مربوط به این متغیر وابسته جدید پیدا شد و  $\beta$ های بی‌معنی حذف شد و مجدداً بزرگ‌ترین  $\beta$  مشخص و آن به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد (رگرسیون همزمان). به این ترتیب عملیات ادامه داده شد تا به آخرین متغیر وابسته رسید. سپس برای رسم دیاگرام مسیر (مدل علی عناصر تشکیل‌دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌ها یا نمودار نهایی تحلیل مسیر)، اولین متغیر وابسته در سمت چپ قرار داده شد و سپس به‌ترتیب اولویت، متغیرهای وابسته‌ی دیگر در سمت چپ آن قرار داده شد تا نهایتاً به متغیرهای مستقل رسید. طبیعی است در رسم دیاگرام، مقدار هر  $\beta$  را در روی پیکان مربوط نوشته شد (Kalantari, 2012; Mansourfar, 2006; Taghilo, 2010).

### نتایج

#### ۱- ویژگی‌های فردی آبخیزنشینان مورد مطالعه

جدول ۱ نشان می‌دهد که تعداد بیشتری از آبخیزنشینان در حوزه آبخیز را مردان با فراوانی ۵۸/۸۲ درصد تشکیل داده‌اند و میزان زنان در حوزه آبخیز نسبت به مردان کمتر بوده است. همچنین نشان می‌دهد که طبقه سنی بیشتر و مساوی پنجاه سال با ۵۰/۴۲ درصد دارای بیشترین فراوانی و طبقه سنی بین ۲۰ تا ۳۰ سال با ۶/۳۰ درصد دارای کمترین فراوانی بوده است. آمار به‌دست آمده در مورد سطح تحصیلات آبخیزنشینان نیز نشان می‌دهد که بیشتر آبخیزنشینان (۵۹/۶۶ درصد) مورد مطالعه دارای تحصیلات سیکل تا بی‌سواد بوده‌اند و کمترین فراوانی (۰/۲۱ درصد) متعلق به طبقه‌ای از آبخیزنشینان بود که دارای تحصیلات

در نهایت داده‌های پرسش‌نامه‌ها وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ گردید و تجزیه و تحلیل‌ها بر روی داده‌ها صورت گرفت.

#### رگرسیون گام به گام

برای تعیین میزان سهم هر یک از عوامل مؤثر بر تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری از تحلیل رگرسیون به روش گام به گام استفاده شد (Motaghd, 2014; Jana et al., 2014; Elyasi, 2017). برای اجرای این روش سه متغیر به‌عنوان عوامل مؤثر بر تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری و مهمترین گویه فردی (گویه بیشترین همبستگی را با تمایل آبخیزنشینان به مشارکت دارد) وارد معادله رگرسیون شد تا سهم هر یک از متغیرها بر میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت مشخص شود. این متغیرها در گام‌های مجزا وارد معادله شدند تا در نهایت و گام آخر مشخص گردد که این متغیرها در مجموع چند درصد از تغییرات میزان تمایل به مشارکت را مشخص می‌نمایند و همچنین سهم هر کدام به‌صورت جداگانه بر تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری چه میزان است. همچنین برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای مستقل در میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری (متغیر وابسته) از مقادیر استاندارد شده  $\beta$  به‌دست آمده استفاده گردید. بدین صورت که اهمیت نسبی متغیرهای تأثیرگذار بر میزان تمایل به مشارکت آبخیزنشینان در طرح‌های آبخیزداری بر اساس مقادیر استاندارد شده  $\beta$  به‌دست آمده بر روی شکل ۲ نشان داده شد.

#### تکنیک تحلیل مسیر و تهیه مدل علی عناصر تشکیل‌دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری (مدل تحلیل مسیر)

تکنیک تحلیل مسیر به‌طور معمول در تحقیقات اکتشافی و آزمون نظریه‌های ثانویه به‌منظور بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته مورد استفاده قرار می‌گیرد و یکی از چندین آزمون آماری است که به‌عنوان مدل معادله‌های ساختاری شناخته شده است. این مدل نظری پس از

دکتری و بالاتر بوده‌اند. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده درباره بعد خانوار آبخیزنشینان، بیشترین فراوانی متعلق به طبقه‌ای از آبخیزنشینان است که دارای بعد خانوار چهار تا هفت نفر بودند و کمترین فراوانی متعلق به طبقه بیشتر و مساوی ۱۳ نفر با فراوانی صفر درصد بوده است. آمار اصلی به‌دست آمده در مورد شغل اصلی پاسخ‌گویان نیز حکایت از آن دارد که بیشتر پاسخ‌گویان (۲۳۵ نفر،

۴۹/۳۶ درصد) به کار کشاورزی مشغول هستند، ۱۷ نفر (۳/۵۷ درصد) به کار دامداری می‌پردازند. به‌عبارتی ۵۲/۹۴ درصد آبخیزنشینان به نوعی درگیر کارهای زراعی و دامداری هستند. آمار به‌دست آمده در مورد وضعیت تأهل پاسخ‌گویان نشان می‌دهد که ۳۷۹ نفر از افراد مورد مطالعه متأهل و مابقی (۹۷ نفر) مجرد هستند.

## جدول ۱- توزیع فراوانی آبخیزنشینان براساس ویژگی‌های فردی

Table 1- Frequency distribution of watersheds based on individual characteristics

متغیر Variable	سطوح متغیر	Variable levels	فراوانی (نفر) $f_i$	درصد فراوانی نسبی ( $P_i$ )	درصد فراوانی تجمعی نسبی Relative cumulative frequency (%)
جنسیت Gender	زن	Female	196	41.17	41.17
	مرد	Man	280	58.82	100
	جمع	Total	476	100	-
گروه سنی (سال) Age group (year)	۱۰-۲۰	10-20	50	10.50	10.59
	۲۰-۳۰	20-30	30	6.30	16.80
	۳۰-۴۰	30-40	47	9.87	26.68
	۴۰-۵۰	40-50	109	22.89	49.57
	۵۰ و بالاتر	50 <	240	50.42	100
	جمع	Total	476	100	-
تحصیلات Education	بی‌سواد- سیکل	Illiteracy	284	59.66	59.66
	دیپلم- فوق‌دیپلم	Diploma- Associates Degree	146	30.67	90.33
	لیسانس	Bachelor's degree	41	8.61	98.94
	فوق‌لیسانس	Master's degree	4	0.84	99.78
	دکتری و بالاتر	PhD	1	0.21	100
	جمع	Total	476	100	-
بعد خانوار Family size	۱-۴	1-4	92	19.32	19.32
	۴-۷	4-7	337	70.79	90.12
	۷-۱۰	7-10	45	9.45	99.57
	۱۰-۱۳	10-13	2	0.42	100
	۱۳ و بالاتر	13 <	0	0	100
	جمع	Total	476	100	-
شغل اصلی Main job	دامداری	Livestock	17	3.57	3.57
	کشاورزی	Agricultural	235	49.36	52.94
	قالی‌بافی	Carpet weaving	53	11.13	64.07
	راننده	Driver	36	7.56	71.63
	سایر	Other	135	28.36	100
	جمع	Total	476	100	-
وضعیت تأهل Marital status	مجرد	Unmarried	97	20.37	20.37
	متأهل	Married	379	79.62	100
	جمع	Total	476	100	-

۲- رگرسیون گام به گام

دومین متغیر مؤثر بر میزان تمایل وارد معادله شد که ضریب تعیین این دو عامل با هم  $0/722$  محاسبه شد. در گام سوم متغیر عوامل اقتصادی وارد معادله شد و ضریب را به  $0/736$  رساند. در نهایت در گام چهارم گویه تحصیلات وارد معادله شد و ضریب تعیین را به  $0/740$  رساند. یعنی چهار مورد در مجموع  $74$  درصد از تغییرات میزان تمایل به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری را مشخص می‌نمایند (جدول ۲).

نتایج به دست آمده از جدول ۲ نشان داد که متغیر عوامل اجتماعی که به عنوان اولین عامل وارد معادله شده است ضریب تعیین ( $R^2$ ) آن  $0/691$  محاسبه گردید، به عبارت دیگر  $69/1$  درصد از میزان تمایل آبخیزنشینان بدون لحاظ کردن سایر متغیرها، مربوط به عوامل اجتماعی است. گام دوم تأثیر عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی بر روی تمایل به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری به عنوان

جدول ۲- سهم هر یک از گویه‌ها و عوامل مؤثر بر تمایل آبخیزنشینان به مشارکت به روش گام به گام  
Table 2- The contribution of each of the items and factors affecting the willingness of watershed participants to participate in a step-by-step method

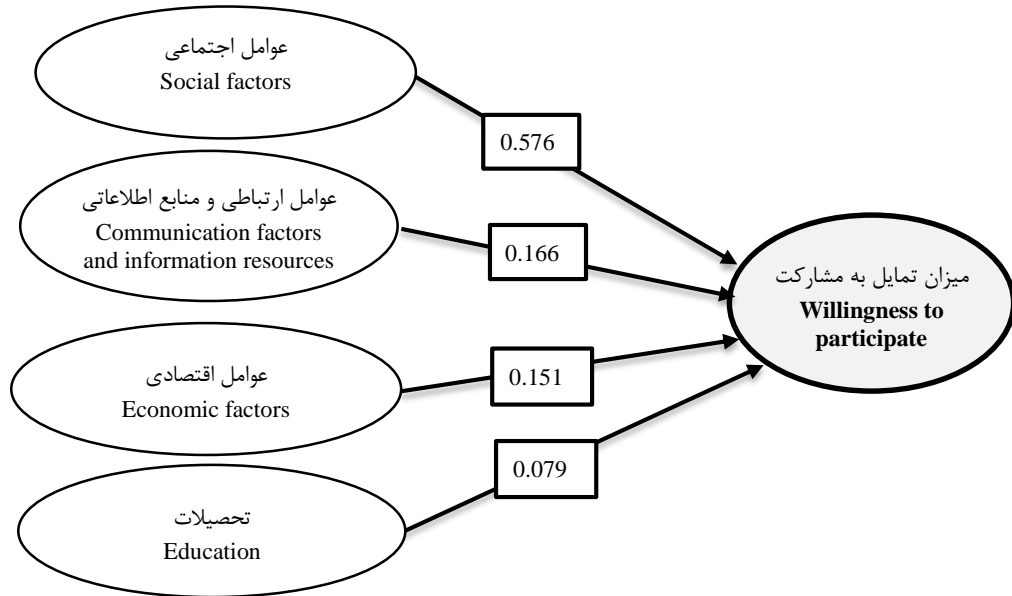
ورود متغیرها به معادله Enter variables into the equation	متغیرهای وارد شده به معادله Variables entered into the equation	R	R <sup>2</sup>	F	سطح معنی‌داری Sig	علامت متغیر در معادله The sign of the variable in the equation
گام اول Step one	عوامل اجتماعی Social factors	0.831	0.691	1060.5	0.000	X <sub>1</sub>
گام دوم Step two	عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی Communication factors and information resources	0.850	0.722	614.2	0.000	X <sub>2</sub>
گام سوم Step three	عوامل اقتصادی Economic factors	0.858	0.736	437.9	0.000	X <sub>3</sub>
گام چهارم Step four	تحصیلات Education	0.860	0.740	334.9	0.000	X <sub>4</sub>

و همچنین گویه تحصیلات کمترین سهم را در میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری دارند (جدول ۳). اهمیت نسبی متغیرهای تأثیرگذار بر میزان تمایل به مشارکت آبخیزنشینان در طرح‌های آبخیزداری بر اساس مقادیر استاندارد شده  $\beta$  در جدول ۳ ترسیم گردید (شکل ۳).

برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای مستقل در میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری می‌توان از مقادیر استاندارد شده  $\beta$  استفاده کرد. نتایج به دست آمده از جدول ۳ نشان داد که عوامل اجتماعی بیشترین سهم را در میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری دارند

جدول ۳- ضرایب رگرسیون برای تعیین اهمیت نسبی متغیرها و میزان تأثیر آن‌ها بر تمایل به مشارکت  
Table 3- Regression coefficients to determine the relative importance of variables and their effect on willingness to participate

متغیرهای وارد شده به معادله Variables entered into the equation	ضرایب رگرسیونی B	ضرایب رگرسیونی استاندارد $\beta$	خطای استاندارد Standard error	t
مقدار ثابت Fixed value	-0.125		0.090	-1.392
عوامل اجتماعی Social factors	0.648	0.576	0.041	15.997
عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی Communication factors and information resources	0.235	0.166	0.049	4.765
عوامل اقتصادی Economic factors	0.187	0.151	0.043	4.400
تحصیلات Education	0.084	0.079	0.030	2.746

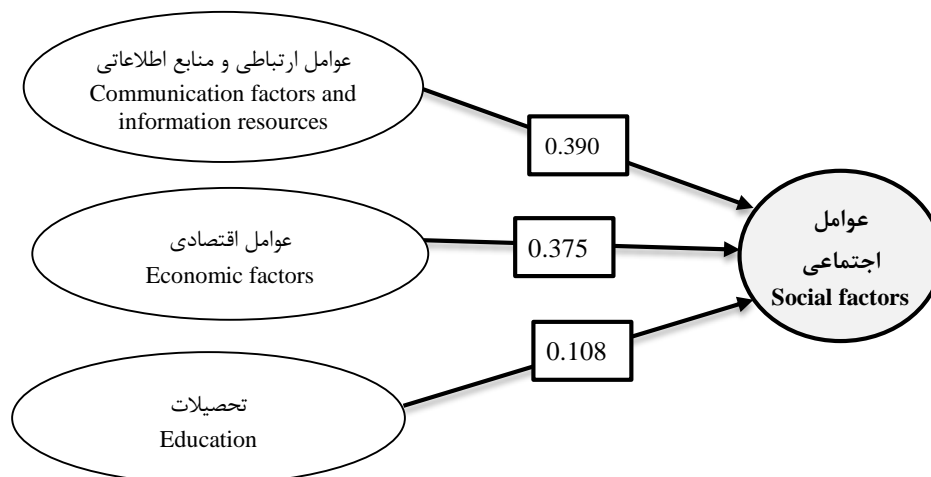


شکل ۲- اهمیت نسبی متغیرهای تأثیرگذار بر میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت

Figure 2- The relative importance of variables affecting the willingness of watershed participants to participate

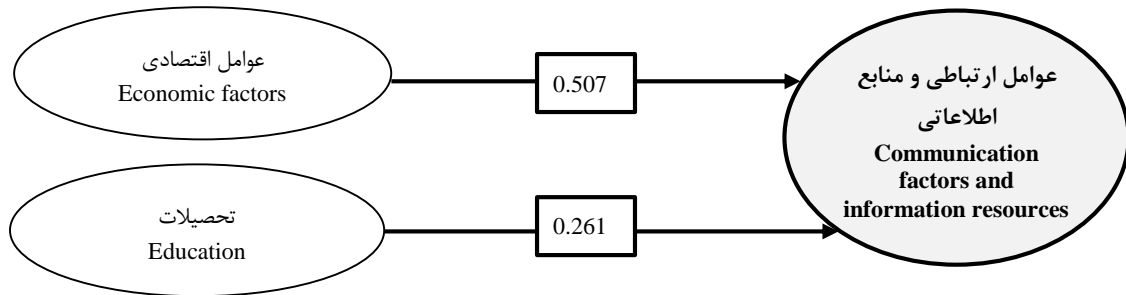
اقتصادی و تحصیلات بر روی عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی و گویه تحصیلات بر روی عوامل اقتصادی اثرگذار هستند. عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی و گویه تحصیلات به ترتیب بیشترین (۳۹ درصد) و کمترین (۱۰/۸ درصد) تأثیر را بر روی عوامل اجتماعی دارند.

انجام تکنیک تحلیل مسیر و تهیه مدل علی عناصر تشکیل‌دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری نتایج به دست آمده از شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داد که عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی، عوامل اقتصادی و گویه تحصیلات بر روی عوامل اجتماعی همچنین عوامل



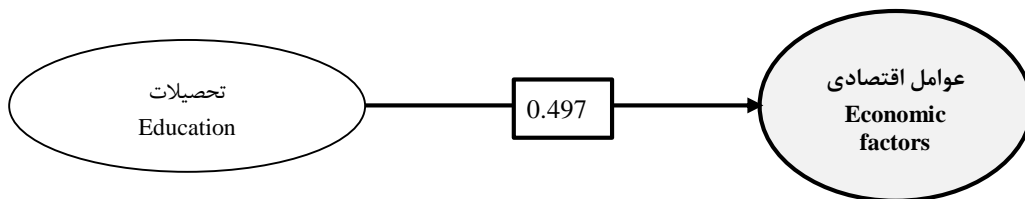
شکل ۳- اهمیت نسبی متغیرهای تأثیرگذار بر عوامل اجتماعی

Figure 3- The relative importance of variables affecting social factors



شکل ۴- اهمیت نسبی متغیرهای تأثیرگذار بر عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی

Figure 4- The relative importance of variables affecting communication factors and information resources

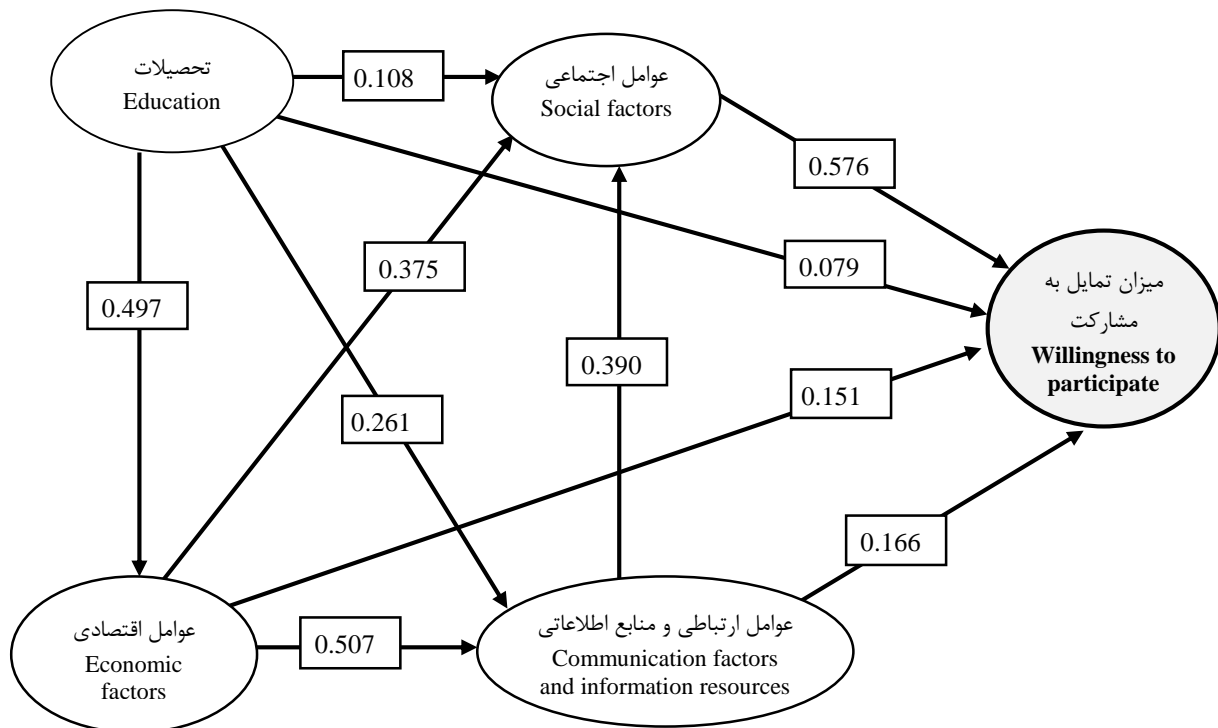


شکل ۵- اهمیت نسبی متغیر تأثیرگذار بر عوامل اقتصادی

Figure 5- The relative importance of the variable affecting economic factors

غیرمستقیم عوامل اجتماعی، عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی، عوامل اقتصادی و گویه تحصیلات بر روی میزان تمایل به مشارکت آبخیزنشینان است.

با توجه به اشکال ۲، ۳، ۴ و ۵ مدل علی عناصر تشکیل دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت (شکل ۶) ترسیم گردید که نشان دهنده تأثیرات مستقیم و



شکل ۶- مدل علی عناصر تشکیل دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت (نمودار نهایی تحلیل مسیر، همراه با ضرایب بتا)

Figure 6- Causal model of the elements that make up the desire of watershed participants to participate (final chart of path analysis, along with beta coefficients)

## بحث

## رگرسیون گام به گام - تهیه مدل تحلیل مسیر

طبق نتایج به دست آمده از رگرسیون گام به گام چهار عامل (عوامل اجتماعی، عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی، عوامل اقتصادی و گویه تحصیلات) در مجموع ۷۴ درصد از تغییرات میزان تمایل به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری را مشخص می‌نمایند که این نتایج با نتایج پژوهش‌های Ajili و همکاران (۲۰۰۷) و Shariati و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. همچنین پژوهش‌های Mcshane (۱۹۹۶) که سطح تحصیلات را از پیش‌بینی‌کننده‌های مشارکت برشمرده با این نتایج همسو است. پژوهش Chaudhary و همکاران (۱۹۹۶) که در تحقیق خود نشان می‌دهند که بین مشارکت روستائیان در فعالیت‌های اجتماعی با میزان مشارکت آن‌ها در طرح‌ها عمرانی مانند آبخیزداری همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد نتایج این بخش پژوهش را تأیید می‌کنند.

نتایج به دست آمده از جدول ۳ نشان داد که عوامل اجتماعی بیشترین سهم را در میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری دارند و همچنین گویه تحصیلات کمترین سهم را در میزان تمایل آبخیزنشینان به مشارکت در طرح‌های آبخیزداری دارند. این نتایج با نتایج پژوهش‌های Arnette و همکاران (۲۰۱۰) تطابق دارد. همچنین پژوهش‌های Bagdi (۲۰۰۵) و Blaine و همکاران (۲۰۰۱) نشان می‌دهند وضعیت اجتماعی بهره‌برداران مهمترین عامل مؤثر در جلب مشارکت‌های مردم در طرح‌های آبخیزداری هستند نتایج این بخش پژوهش را تأیید می‌کنند.

مدل علی عناصر تشکیل‌دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت که نشان‌دهنده تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم عوامل اجتماعی، عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی، عوامل اقتصادی و گویه تحصیلات بر روی میزان تمایل به مشارکت آبخیزنشینان است با نتایج پژوهش‌های Chaudhary و همکاران (۱۹۹۶)، Fortman و Kusel (۲۰۰۱)، Dolisca و همکاران

(۲۰۰۶)، Arnette و همکاران (۲۰۱۰)، Bohnet و همکاران (۲۰۱۱) و Parkes و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد و نتایج پژوهش‌های این محققان نتایج این تحقیق را تأیید می‌نمایند. اما این نتایج با نتایج پژوهش Mosaei (۲۰۰۹) مطابقت ندارد.

بنابراین با توجه به رگرسیون گام به گام انجام شده و مدل علی تهیه شده توجه ویژه به عوامل اجتماعی، عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی، عوامل اقتصادی و گویه تحصیلات باید در دستور کار برنامه‌ریزان و متخصصان منابع طبیعی قرار بگیرد. به‌طور مثال، می‌توان جهت جلب مشارکت جوامع محلی در طرح‌های آبخیزداری از شوراهای محلی استفاده کرد. همچنین دادن تسهیلات و اعتبارات کم بهره تا حد زیادی می‌تواند انگیزه تمایل به مشارکت جوامع محلی در طرح‌های آبخیزداری را تقویت نماید همچنین سازمان‌های ذیربط و دولت می‌توانند با اشتغال‌زایی و بهبود وضعیت اقتصادی مردم به خصوص جوانان حوضه باعث افزایش انگیزه تمایل به مشارکت جوامع محلی در طرح‌های آبخیزداری شوند. همچنین می‌توان بیان کرد که با ارتقاء رسانه‌های جمعی و اجتماعی، برگزاری کلاس‌های آموزش، بازدید از دیگر طرح‌های موفق و غیره میزان مشارکت در طرح‌های آبخیزداری را می‌توان افزایش داد.

## نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهمیت مشارکت آبخیزنشینان و روستائیان در موفقیت طرح‌های آبخیزداری و همچنین نگهداری از طرح‌های اجرا شده، فعالیت‌های آبخیزداری باید همواره با استقبال و موافقت روستائیان حوزه آبخیز همراه باشد. به این منظور باید عوامل مؤثر بر مشارکت آبخیزنشینان را شناسایی و با توجه به اهمیت نسبی و سهم هر کدام بر مشارکت آبخیزنشینان در طرح‌های آبخیزداری به آن‌ها توجه کرد. بر این اساس در حوضه رودخانه بزرگ نائین بر اساس پژوهش انجام شده به ترتیب عوامل اجتماعی، عوامل ارتباطی و منابع اطلاعاتی سپس عوامل اقتصادی و در نهایت میزان تحصیلات در زمینه مشارکت

عناصر تشکیل دهنده تمایل آبخیزنشینان به مشارکت ارائه گردید. بنابراین توجه ویژه به این عوامل باید در دستور کار برنامه‌ریزان و متخصصان منابع طبیعی قرار بگیرد تا با جذب بیشتر مشارکت آبخیزنشینان موفقیت طرح‌های آبخیزداری نیز افزایش یابد.

آبخیزنشینان حوضه باید مد نظر قرار گیرد. در کل یافته‌های این پژوهش به تأثیرات فراوان سه عامل (اقتصادی، اجتماعی و ارتباطی و منابع اطلاعاتی) و یک گویه فردی (تحصیلات) بر روی مشارکت آبخیزنشینان اشاره می‌نماید که در قالب یک مدل علی

## References

- Abdolmaleki, M., Pezeshki-Rad, G. & Chizari, M. (2007). An investigation on short-term extension and educational courses relating to ranchers in Tuyserkan Township, Iran. *Journal of Agricultural Sciences*, 1(13), 39-53. (In Persian)
- Ajili, A., Behtash, M. J. & Danaei, M. (2007). Non-economic determinants of satisfaction from participation in projects combating desertification in Khuzestan province. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 3(1), 117-129. (In Persian)
- Arnette, A., Zobel, C., Bosch, D., Pease, J. & Metcalfe, T. (2010). Stakeholder ranking of watershed goals with the vector analytic hierarchy process: effects of participant grouping scenarios. *Journal of Environmental Modeling and Software*, 25, 1459-1469. Doi: 10.1016/j.envsoft.2009.10.009.
- Bagdi, G. L. (2005). *People participation in soil and water conservation through watershed approach*. Indian; International Book Distributing (IBDs).
- Blaine, W., Mascarella, K. & Davis, D. (2001). An examination of rural recycling drop-off participation. *Journal of Extension*, 39(5).
- Bohnet, C. I., Roberts, B., Harding, E. & Haug, K. J. (2011). A typology of grazers to inform a more targeted approach for developing natural resource management policies and agricultural extension-programs. *Journal of land use policy*, 28(3), 629-637. Doi: 10.1016/j.landusepol.2010.12.003.
- Chaudhary, N. V., Prajapati, M. R. & Soni, M. C. (1996). Knowledge and adoption of soil analysis practices by the farmers of Panaskantha district of Gujarat state. *Gujarat Journal of Extension Education*, 6, 144-148.
- Dolisca, F., Carter, D. R., Mcdanile, J. M., Shannond. A. & Jolly, C. M. (2006). Factors influencing farmers' participation in forestry management programs; a case study from Haiti. *Forest Ecology and Management*, 236(2-3), 324-331. Doi: 10.1016/j.foreco.2006.09.017.
- Elyasi, A. (2017). *Effective factors on stakeholders willingness to participate at watershed management projects (Case study: Hezarkhani watershed, Kermanshah province)*. M.Sc. thesis of Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. (In Persian)
- Fortman, L. & Kusel, J. (2001). New voices, old beliefs; forest environmentalism among new and long-standing rural residents. *Journal of Rural Sociology*, 55(2), 214-232. Doi: 10.1111/j.1549-0831.1990.tb00681.x.
- Jana, S. K. Lise, W. & Ahmed, M. (2014). Factors affecting participation in joint forest management in the west Bengal state of India. *Journal of Forest Economics*, 20, 317-332. Doi: 10.1016/j.jfe.2014.09.003.
- Jingling, L., Luan, Y., Liyaa, S., Zhiguoa, C. & Baoqiangb, Z. (2010). Public participation in water resources management of Haihe River Basin, China: the analysis and evaluation of Status Quo. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1750-1758. Doi: 10.1016/j.proenv.2010.10.187.
- Kalantari, K. (2012). *Data processing and analysis in socio-economic research*. Tehran, Farhang Saba Publishing. (In Persian)
- Karimi, E. & Chizari, M. (2009). Farmers' attitude toward soil conservation: A comparative study. *Journal of Extension Systems*. 11(1), 11-26.
- Koehler, B. & Koontz, T. M. (2008). Citizen participation in collaborative watershed partnerships. *Environmental Management*, 41, 143-154. Doi: 10.1007/s00267-007-9040-z.
- Mansourfar, K. (2006). *Advanced statistical methodes: using applied software*. University of Tehran Press. (In Persian)

- Mcshane, S. L. (1996). The multidimensionality of union participation. *Journal of Occupational Psychology*, 59, 177-187. [https://doi.org/10.1016/0149-2063\(93\)90026-J](https://doi.org/10.1016/0149-2063(93)90026-J).
- Mehrdost, Kh., Shams, A. & Karami dehkordi, A. (2013). Factors affecting the participation of rural people in watershed management projects (Case Study: DrodFaraman watersheds and Lalabad Kermanshah city). *Iran Agricultural Economics and Development Research*, 3(44), 409-399 (In Persian)
- Mosaei, M. (2009). Personal and psychological characteristics influencing participation of beneficiaries in watershed plans (case study: Fars province). *Journal of Extension and Agricultural Economics*, 1(2), 88-77. (In Persian)
- Motaghed, M. (2014). *Cheking the level and rate of Villagers participation in rural guide (director) plan in Sangestan village Hamean County*. M.Sc. thesis of Science in Rural Development, Faculty of Agriculture Department of Agricultural extention and Education, BU -Ali Sina University. (In Persian)
- Oakle, P. & Marsden, D. (2008). *Approaches to participation in rural development*. International Labor Office Geneva.
- Omani, A. R. (2009). *Analysis of farmers' participation in design, implementation and protection of watershed management projects in Shahid Modares watershed*. The first national conference on sustainable agricultural management and development in Iran. Higher Scientific and Research Institute Shushtar.
- Parkes, M. W., Morrison, K. E., Bunch, M. J., Hallstrom, L. K., Neudoerffer, R. C., Venema, H. D. & Waltner-Toews, D. (2010). Towards integrated governance for water, health and social-ecological systems: the watershed governance prism. *Journal of Global Environmental Change*, 20, 693-704. Doi: 10.1016/j.gloenvcha.2010.06.001.
- Plan and Budget Organization. (2017). *Statistics of Esfahan province Iran*. Plan and Budget Organization.
- Rahmani rad Kharfekoli, M. (2017). *Analysis of effective factors on rural participation in natural resources conservation projects (Case study: international project of multipurpose management of Hyrcanian forests, Pilot Che helchay)*. M.Sc. Thesis in Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad-e kavous of University. (In Persian)
- Razavi Arab, M. (1999). *Methods and techniques of assessment, the Organization of Forests, Rangelands and (PRA) participatory rural watershed management of the country*. (In Persian)
- Sarmadi, Z., Bazargan, A. & Hejazi, A. (2006). *Research Method in Behavioral Sciences*. Informed Publishing Institute. 13th edition, University of Tehran. (In Persian)
- Shariati, M. R., Ziadbakhsh, S. & Varamini, N. (2005). Factors influencing villagers' participation on protection forests of North and West. *Forest and Range*, 67, 47-57. (In Persian)
- Shaeri, A. M. (2010). *Factors influencing the participation of ranchers in organizing livestock from the northern forests*. The first conference on natural resources for participation and development. January 28 and 29. (In Persian)
- Taghilo, A. A. (2010). *Factors influencing on peoples participation in the process of rural development (County of Ijrood-province of Zanjan)*. Ph.D. Thesis Dissertation Information, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)



## Application of Spatial Statistics in Evaluating the Spatial Correlation Patterns of Noise Pollution in the Central Part of Zayandeh-Rood Watershed

Alireza Ildoromi<sup>1</sup> and Sedighe Abdollahi<sup>2\*</sup>

1- Associate Professor, Department of Range Management and Watershed, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

2- Ph.D, Land Use Planning, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

\*Corresponding author: baharabdollahi94@gmail.com

(Received: 17 January 2022

Revise: 13 February 2022

Accepted: 28 February 2022)

### Extended Abstract

**Introduction:** Noise pollution is an environmental issue that threatens the human health and the survival of other living organisms along with air, soil, and water pollution. It is also considered as one of the important criteria in determining the quality of life in the world. Various sources such as growing urbanization, transportation, spatial heterogeneity of land use types and improper planning can increase noise pollution. Therefore, assessment and zoning of noise pollution, which is one of the effective ways of identifying the areas having noise pollution, can play an important role in controlling this pollution. Accordingly, interpolation approaches are an appropriate tool for identifying and evaluating areas with different pollution ranges. Although interpolation approaches are successful in zoning environmental parameters, they do not specify how these parameters change. In other words, they do not determine the type of spatial distribution patterns of these parameters. Therefore, spatial statistical methods are a suitable tool for determining the spatial distribution patterns of environmental parameters. In recent years, spatial statistical approaches have been widely used in the environmental sciences, and in recent studies, researchers have used the capabilities of these methods to identify and examine the spatial correlation of homogeneous areas. Hence, the purpose of this study is to investigate and evaluate the spatial correlation patterns of noise pollution in the central part of Zayandeh-Rood watershed using spatial statistical approaches.

**Materials and Methods:** The research area is the central part of Zayandeh-Rood watershed, which is located between 32°19' to 32°56' north latitudes and 51°12' to 51°59' east longitudes, and includes parts of Isfahan, Shahinshahr, KhomeiniShahr, Najafabad and Falavarjan. This region covers an area of 1181 Km<sup>2</sup>. The average annual temperature in this region is 16.7 °C and the average rainfall is 116.9 mm. This region, like other areas of Isfahan province, has a traffic problem due to the uncontrolled increase of personal vehicles, which has caused people to turn to highways and sidewalks to avoid traffic. The problem of traffic in this region lies in the lack of proper infrastructure to control urban and suburban transportation.

In this research, to evaluate and zone noise pollution, 36 stations were randomly selected in the study area in the first place. Then, the sound pressure level was measured at certain hours of the week using the Bruel & Kjaer sound level meter while observing the principles of noise measurement including distance from building, the stability of sound meter at a certain height, and reduction of the error caused by vibration of air molecules. In the next step, spatial correlation patterns of noise pollution were evaluated using spatial statistical approaches including Global Moran Index, Hotspot analysis, Anselin Local Moran's I, and Cluster/Outlier Analysis with Rendering. In the end, the spatial accuracy of the prepared maps was investigated using Receiving Operator Characteristic (ROC) for different approaches. In order to evaluate the spatial accuracy by this index, in addition to the map obtained from different approaches of spatial statistics, a reference map is also needed. In this study, one third of the points used for noise pollution zoning were randomly selected and were used as the reference map to assess the spatial accuracy of the maps obtained from the previous step.

**Results and Discussion:** The result of noise pollution zoning in the study area indicated that the noise intensity changes range from 47.59 to 77.48 decibels. According to the noise pollution zoning map, the highest noise level belongs to the eastern and northern parts of the region. These areas include important urban areas, such as Isfahan, Khomeini-Shahr, Shahinshahr and Najafabad. The southern and central part of the study area, which has a high density of agricultural lands and green spaces, has a lower noise level. This issue has an effect on the results of spatial correlation assessment of noise pollution in the target area; areas with high noise pollution levels follow the correlation pattern of high clusters, while the areas with low noise pollution involve a low clustering pattern. The application of the Receiving Operator Characteristic (ROC) showed that the Hot-spot analysis approach has higher accuracy than the other two approaches in evaluating the spatial correlation patterns of noise pollution. The area under ROC revealed that the Hotspot analysis approach is more than 96% reliable in identifying focal areas with high noise pollution. Given that the probability for the other two approaches is 92% and 89%, respectively, and considering that the rate of the area under the ROC is very close to 1, the efficiency of these two approaches in identifying and determining areas with noise pollution is acceptable. Furthermore, considering the Receiving Operator Characteristic (ROC) of all three methods, the accordance degree of these methods with ground reality is spatially high.

**Conclusion:** The results of this study revealed that evaluating the accuracy of different approaches in examining the distribution patterns of various phenomena (such as noise pollution) has an effective role in planning and scientific management of the land based on the land-use planning principles. According to the findings of this study, the simultaneous study of the spatial statistical approaches provides a fuller understanding of how noise pollution is distributed in the study area.

**Keywords:** Global Moran, Hot-Spot analysis, Noise pollution, Receiving operator characteristic curve, Spatial correlation patterns.

**Citation:** Ildoromi, A. & Abdollahi, S. (2022). Application of spatial statistics in evaluating the spatial correlation patterns of noise pollution in the central part of Zayandeh-Rood watershed. *Integrated Watershed Management*, 1(2), 35-46. doi: 10.22034/iwm.2022.250825

### 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>).



## کاربرد آمار فضایی در ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی در قسمت مرکزی حوزه آبخیز زاینده‌رود

علیرضا ایلدرمی<sup>۱</sup> و صدیقه عبداللهی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲- دکتری آمایش محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

\*نویسنده مسئول: baharabdollahi94@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷

### چکیده

آلودگی صوتی به‌عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌های محیط‌زیست اثرات بالقوه‌ای بر سلامت انسان دارد. ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی صوت به درک بهتر چگونگی اثرگذاری آلودگی صوتی بر رفاه و سلامت جامعه کمک می‌کند. از این‌رو در این مطالعه، پس از پهنه‌بندی آلودگی صوتی در قسمت مرکزی حوزه آبخیز زاینده‌رود، با استفاده از رویکردهای آمار فضایی شامل تحلیل موران جهانی، تحلیل انسلین موران محلی، تحلیل نقاط داغ (گیتس- اردجی) و تحلیل خوشه و ناخوشه رندرینگ الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی ارزیابی شد و در پایان با استفاده از منحنی شاخص عملکرد، صحت مکانی رویکردهای مورد استفاده، بررسی شد. نتایج نشان داد تغییرات همبستگی مکانی پهنه‌های با آلودگی صوتی دارای همبستگی مثبت و الگوی خوشه‌ای است. بر این اساس پهنه‌های با آلودگی صوتی زیاد دارای الگوی خوشه‌ای بالا است و بخش‌های شرقی و شمالی منطقه‌ی مطالعاتی را شامل می‌شود. در حالی که پهنه‌های با آلودگی صوتی کم، دارای الگوی خوشه‌ای پایین است و قسمت‌های جنوبی و مرکزی منطقه‌ی مطالعاتی را در بر می‌گیرد. ارزیابی صحت مکانی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی نشان داد که بیشترین میزان سطح زیر منحنی مربوط به روش تحلیل نقاط داغ (۰/۹۶) و کمترین میزان آن مربوط به روش تحلیل خوشه و ناخوشه رندرینگ (۰/۸۹) است. به‌طور کلی، رویکرد تحلیل نقاط داغ نسبت به دو روش دیگر از صحت مکانی بیشتری برخوردار است و نمودار مشخصه‌ی عملکرد، معیار مناسبی برای ارزیابی صحت مکانی رویکردهای مبتنی بر آمار فضایی است. نتایج این مطالعه می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان سرزمین برای هم‌سو کردن استراتژی‌های مدیریتی در کاهش آلودگی صوتی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: آلودگی صوتی، الگوهای همبستگی مکانی، تحلیل نقاط داغ، موران جهانی، نمودار مشخصه‌ی عملکرد.

استناد: ایلدرمی، ع. و عبداللهی، ص. (۱۴۰۰). کاربرد آمار فضایی در ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی در قسمت مرکزی حوزه آبخیز زاینده‌رود. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۲)، ۳۵-۴۶.

### حق چاپ:



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

## مقدمه

آلودگی صوتی یک مسئله‌ی محیط‌زیستی است که هم‌راستا با آلودگی هوا، خاک و آب سلامت جامعه انسانی و بقای سایر موجودات زنده را تهدید نموده و به‌عنوان یکی از معیارهای مهم در تعیین سطح کیفیت زندگی در کشورهای جهان به‌شمار می‌رود (Kim & Berg, 2010; Majidi & Khosravi, 2016). از این‌رو آلودگی صوتی در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته و قوانینی برای کاهش و رفع این آلودگی تدوین و اجرا شده است (Sayadi & Anari, 2014).

آلودگی صوتی برای سلامت عمومی جامعه خطرناک است و به بوم‌شناسی محیط نیز آسیب می‌رساند. از این‌رو هم برای محدود کردن آلودگی از منشأ و هم برای کاستن سایر پیامدهای آن، کنترل متناوب آن ضروری است (Singh et al., 2018). امروزه کوچک‌ترین جزئی از زندگی بشر را نمی‌توان یافت که آلودگی صوتی به آن راه نیافته باشد. این آلودگی از بین سایر آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌دلیل بروز آثار فیزیولوژیک و روانی بر انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Fathi & Najafabadi et al., 2007). از دیدگاه غیرانسان محور، آلودگی صوتی بر حیوانات و گیاهان نیز آثار مخربی بر جای می‌گذارد و در موارد زیادی رشد و تولیدمثل این موجودات را به خطر می‌اندازد (Sordello et al., 2019). پیامدهای آلودگی صوتی بر سلامت انسان فوری و به‌صورت مستقیم بروز نمی‌کند. پیامدهای فیزیولوژیکی و روانی آلودگی صوتی به‌صورت تدریجی بروز نموده و در درازمدت با تأثیر بر سیستم عصبی انسان، کاهش سلامت عمومی و افت شنوایی را در پی دارد (Sayadi & Anari & Movafagh, 2014). بدن انسان در برابر آلودگی صوتی با افزایش ترشح هورمون آدرنالین واکنش نشان می‌دهد که این امر تغییر ضربان قلب و فشار خون

و به‌دنبال آن بدخلقی، خشونت و کاهش تمرکز حواس را به‌دنبال دارد (Clark et al., 2012).

منابع گوناگونی همچون افزایش شهرنشینی، حمل و نقل، ناهمگونی مکانی انواع کاربری زمین و برنامه‌ریزی نادرست باعث افزایش آلودگی صوتی می‌شود (Ajoku & Amadi-Wali, 2019). از این‌رو ارزیابی و پهنه‌بندی آلودگی صوتی می‌تواند به‌عنوان یکی از راه‌های شناسایی پهنه‌های آلوده در کنترل این آلودگی نقش مهمی ایفا کند (Khayam et al., 2019).

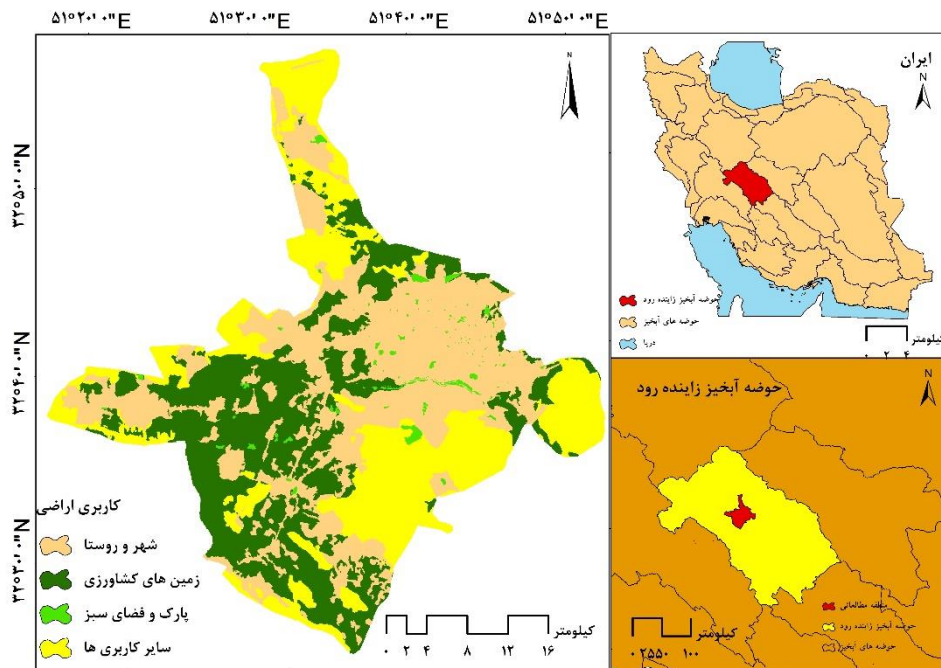
Sayadi Anari و Movafagh (۲۰۱۴) در مطالعه خود به‌منظور ارزیابی آلودگی صوتی شهر بیرجند از سیستم اطلاعات مکانی و رویکردهای آماری استفاده نموده و دریافتند که شدت تراز صوت برای مناطق مسکونی از حد استاندارد ملی بالاتر است. Khayami و همکاران (۲۰۱۹) برای ارزیابی و پهنه‌بندی بزرگراه وکیل‌آباد شهر مشهد از رویکرد درون‌یابی وزن‌دهی معکوس استفاده کردند و دریافتند که میانگین تراز صوت در منطقه‌ی مطالعاتی از حد استاندارد ملی بالاتر است. Zannin و Sant-Ana (۲۰۱۱) نیز پس از پهنه‌بندی آلودگی صوتی در شهر کورتیبای برزیل دریافتند که در مناطقی با حجم کم ترافیک میزان شدت آلودگی صوتی به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد.

هر چند رویکردهای درون‌یابی در پهنه‌بندی عوامل محیطی موفق عمل می‌کنند اما چگونگی تغییر و یا به‌عبارتی نوع الگوهای پراکنش مکانی این عوامل را مشخص نمی‌کنند (Miri et al., 2016). از این‌رو روش‌های مبتنی بر آمار فضایی ابزار مناسبی برای تعیین الگوهای پراکنش مکانی خصوصیات محیطی است. آمار فضایی، برای طیف گسترده‌ای از تحلیل داده‌ها همچون؛ تحلیل الگو<sup>۱</sup> (Rosenberg & Anderson, 2011)، تحلیل شکل<sup>۲</sup> (Possolo, 2016)، مدل‌سازی سطح<sup>۳</sup> (Lea & Harvey, 2015)، رگرسیون مکانی<sup>۴</sup>

محدوده‌ی مطالعاتی در حوزه آبخیز زاینده‌رود بین ۱۹' ۳۲° تا ۵۶' ۳۲° عرض شمالی و ۱۲' ۵۱° تا ۵۹' ۵۱° طول شرقی واقع شده است و بخش‌هایی از شهرستان‌های اصفهان، شاهین‌شهر، خمینی‌شهر، نجف‌آباد و فلاورجان را در برمی‌گیرد (شکل ۱). این منطقه دربرگیرنده مساحتی معادل ۱۱۸۱ کیلومتر مربع است. متوسط درجه حرارت سالانه این منطقه ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی آن ۱۱۶/۹ میلی‌متر است (Abdollahi *et al.*, 2019). این منطقه نیز همچون سایر مناطق استان اصفهان، به دلیل افزایش بی‌رویه وسایل نقلیه شخصی دارای معضل ترافیک است و این معضل امروزه، سبب شده است تا افراد برای دوری از ترافیک به بزرگ‌راه‌ها و کنارگذرها روی آورند و اصلی‌ترین علت مشکل ترافیک این منطقه نبود زیرساخت‌های مناسب برای کنترل حمل و نقل درون و برون شهری است (Rahimi & Fakheran, 2015).

(Okunlola *et al.*, 2021; Takagi & Shimada, 2019; Levine, 2013) مقایسه‌ی آماری داده‌های مکانی (Menafoglio & Secchi, 2017) و مدل‌سازی آماری (Levine, 2019) کاربرد دارد. از سوی دیگر در جدیدترین روش‌های بررسی رفتار پدیده‌های محیطی، پژوهشگران به منظور شناسایی و بررسی همبستگی مناطق همگن از قابلیت این روش‌ها استفاده کرده‌اند (Amasha *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2017; Fu *et al.*, 2014). نشان‌دهنده‌ی افزایش توجه به این آمار فضایی در علوم محیطی است. از این‌رو هدف این مطالعه بررسی و ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی در قسمت مرکزی حوزه آبخیز زاینده‌رود با استفاده از رویکردهای آمار فضایی است.

## مواد و روش‌ها محدوده‌ی مطالعاتی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده‌ی مطالعاتی در ایران و حوزه آبخیز زاینده‌رود  
Figure 1- Geographical location of the study area in Iran and Zayandehrud watershed

Kjaer & مدل ۲۲۳۹ ساخت کشور دانمارک) شدت تراز صوت اندازه‌گیری شد. بدین منظور برای کالیبره کردن دستگاه صوت‌سنج از کالیبراتور (Bruel & Kjaer مدل

برای ارزیابی و پهنه‌بندی آلودگی صوتی در ابتدا ۳۶ ایستگاه در منطقه مطالعاتی به صورت تصادفی انتخاب گردید و سپس با استفاده از دستگاه صوت‌سنج (Bruel

(۲۰۱۶). این آماره به بررسی همبستگی مکانی بر اساس مکان پراکنش دو مقدار می‌پردازد. دامنه‌ی تغییرات این آماره بین ۱- تا ۱+ است. بر این اساس مقادیر معنی‌دار و بزرگ‌تر از صفر بیانگر همبستگی مثبت و الگوی خوشه‌ای و مقادیر معنی‌دار کوچک‌تر از صفر نشان‌دهنده‌ی همبستگی منفی و الگوی پراکنده است (Fang et al., 2016). آماره‌ی موران جهانی ویژگی‌های یک پدیده را در کل منطقه مطالعاتی ارزیابی می‌کند. از این‌رو برای بررسی الگوهای پراکنش مکانی آلودگی صوتی از سه رویکرد انسلین موران محلی، تحلیل نقاط داغ و تحلیل خوشه و ناخوشه‌ی رندرینگ استفاده شد. تحلیل انسلین موران محلی، الگوی ارتباط فضایی یک پدیده‌ی مکانی را در محدوده‌ی همسایگی با دیگر پدیده‌ها ارزیابی می‌کند (Abdollahi et al., 2019; Yuan et al., 2018). تحلیل گیتس-اردجی خوشه‌های مکانی که از نظر آماری ارزش‌های بالا (نقاط داغ) و مقادیر کم (نقاط سرد) دارند را شناسایی می‌کند و برای هر ویژگی در کلاس ویژگی ورودی، مقادیر آماره Z، P-value و سطوح اطمینان برای کلاس خروجی ویژگی مورد نظر را محاسبه می‌کند (Jana & Sar, 2016). تحلیل خوشه و ناخوشه‌ی رندرینگ با به‌کارگیری عوارض مکانی وزن‌دهی‌شده، نقاط دارای مقادیر بالا و پایین که دارای پراکنش خوشه‌ای هستند و همچنین مقادیری با تفاوت ارزشی بالا (ناخوشه) را مشخص می‌کند. سپس با استفاده از تحلیل نقاط بحرانی-نقاط سرد نمره‌ی Z را در نتایج اعمال می‌کند (Figuroa-Alfaro & Tang, 2017). برای انجام این رویکردها در محیط نرم‌افزار GIS، نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی صوتی از فرمت رستری به فرمت پلی‌گونی تبدیل شد. مجاورت مکانی پدیده‌های مورد بررسی از مفاهیم اساسی برای انجام رویکردهای مبتنی بر آمار فضایی است. برای تعیین مجاورت مکانی روش‌های مختلفی وجود دارد که از بین آن‌ها دو روش فاصله‌ی معکوس و مجاورت بر اساس حاشیه کاربرد بیشتری دارد (Abdollahi et al., 2013; Bartaw et al., 2019). در این مطالعه با توجه

(۴۲۳۱) استفاده شد. در تمامی مراحل اندازه‌گیری، دستگاه صوت‌سنج برای ثابت ماندن روی یک سه پایه به ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر قرار گرفت و از یک اسفنج به‌منظور قرار گرفتن روی میکروفن دستگاه صوت‌سنج استفاده گردید. کاربرد این اسفنج برای جلوگیری از خطای ناشی از سر و صدای ایجاد شده توسط ارتعاش مولکول‌های هوا است. بر اساس استاندارد صوت ایزو ۱۹۹۶ دستگاه در فاصله‌ی ۳/۵ متری از ساختمان‌ها و دیواره‌های بتنی که باعث انعکاس صدا می‌شوند قرار گرفت (Zare et al., 2016). برای بررسی تغییرات روزانه‌ی شدت تراز صوت در محدوده‌ی مطالعاتی، اندازه‌گیری این پارامتر در تمامی ایستگاه‌های اندازه‌گیری در ساعات مشخصی از روز (۹ صبح تا ۱۳ بعدازظهر) به‌منظور جلوگیری از بروز هر گونه خطا صورت گرفت. در میان روزهای هفته نیز اندازه‌گیری از شب تا چهارشنبه صورت گرفت و روزهای پنج‌شنبه و جمعه به‌دلیل تعطیل بودن و تأثیرگذاری در نتایج انتخاب نگردید. تمامی اندازه‌گیری‌ها به‌مدت چهار ماه از اول شهریور تا پایان آذرماه ۱۳۹۷ انجام شد. پس از پایان اندازه‌گیری شدت تراز صوت، موقعیت جغرافیایی نقاط مورد ارزیابی که با استفاده از GPS ثبت شده بود به همراه مقادیر شدت صوت اندازه‌گیری شده به محیط نرم‌افزار GIS وارد شد و با به‌کارگیری رویکرد درون‌یابی کریجینگ نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی صوتی تهیه گردید.

### ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی

به‌منظور ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی از چهار رویکرد موران جهانی، انسلین موران محلی، تحلیل نقاط داغ (گیتس-اردجی) و تحلیل خوشه و ناخوشه‌ی رندرینگ استفاده شد. آماره موران جهانی عددی ارائه می‌دهد (به‌عنوان نمره استاندارد یا score-z) که با استفاده از آن می‌توان درجه پراکنده بودن یا متمرکز بودن پدیده‌ها یا داده‌های مکانی را اندازه‌گیری نمود (Aliabadi & Dadashi Roudbari, 2019).

به ماهیت واحدهای فضایی آلودگی صوتی نسبت به یکدیگر که به صورت لکه‌ای است از روش مجاورت بر اساس حاشیه استفاده گردید و بدین ترتیب برای ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی تنها پدیده‌هایی که دارای مرز مشترک بودند در تحلیل همسایگی استفاده شدند.

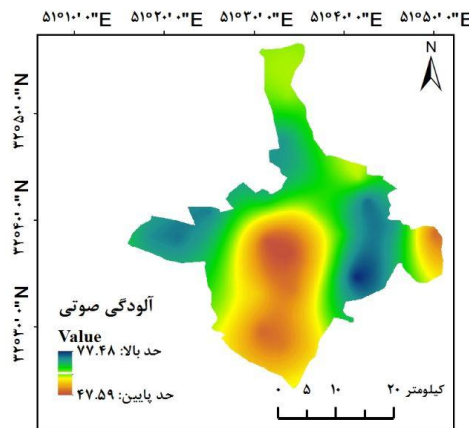
### ارزیابی صحت مکانی رویکردهای مورد بررسی

در این مرحله، با استفاده از منحنی مشخصه عملکرد، صحت مکانی نقشه‌ای تهیه شده با رویکردهای مختلف بررسی شد. بر اساس این روش، ارتباط بین پیکسل‌هایی که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند و پیکسل‌های نادرست بررسی می‌شود. در این روش، مقادیر سطح زیر منحنی مبنای ارزیابی دقت مدل است. هر چه مقدار سطح زیر منحنی به یک نزدیک‌تر باشد، صحت مکانی مدل مورد ارزیابی بیشتر و به حالت ایده‌آل نزدیک‌تر است؛ در

صورتی که مقادیر نزدیک به ۰/۵ نشان‌دهنده صحت مکانی پایین مدل است (Akbari et al., 2017). برای ارزیابی صحت مکانی با این نمودار، علاوه بر نقشه‌ی حاصل از رویکردهای مختلف آمار فضایی به یک نقشه‌ی مرجع نیز نیاز است که در این مطالعه یک‌سوم نقاط مورد استفاده برای پهنه‌بندی آلودگی صوتی به صورت تصادفی - سیستماتیک انتخاب گردید و به‌عنوان نقشه‌ی مرجع در ارزیابی صحت مکانی نقشه‌های حاصل از مرحله پیشین به کار رفت.

### نتایج

نتیجه‌ی پهنه‌بندی آلودگی صوتی در منطقه مطالعاتی در شکل ۲ آورده شده است. با توجه به این نقشه دامنه‌ی تغییرات شدت صوت بین ۴۷/۵۹ تا ۷۷/۴۸ دسی‌بل است.



شکل ۲- نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی صوتی در محدوده‌ی مطالعاتی  
Figure 2- Map of noise pollution zoning in the study area

همبستگی مکانی و الگوی فضایی حاکم بین پدیده‌ها را مشخص می‌کند (جدول ۱ و شکل ۳).

آماره موران جهانی، پس از بررسی وضعیت همبستگی فضایی پدیده‌ها (شدت تراز صوت)، نوع

جدول ۱- مقدار همبستگی موران جهانی برای آلودگی صوتی محدوده‌ی مطالعاتی

Table 1- Global Moran correlation values for noise pollution of the study area

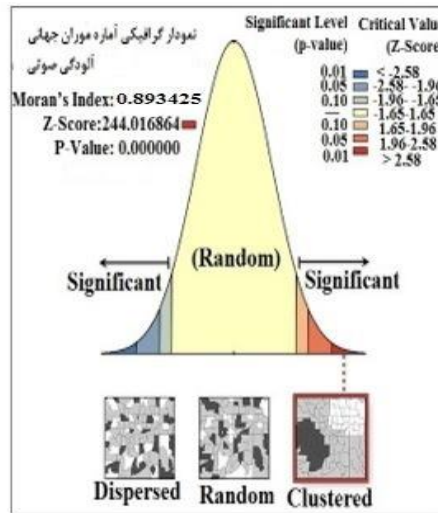
پدیده محیطی Environmental phenomenon	شاخص موران Moran Index	شاخص موران مورد انتظار Expected Moran Index	واریانس Variance	Z-score	p-value
کاهش آلودگی صوتی Reduction of noise pollution	0.893	-0.000001	0	6.712	0.0001

توزیع نرمال در فضا بود، آماره‌ی جهانی موران مقدار ۰/۰۰۰۰۰۱- را اختیار می‌نمود. به‌طور کلی نتایج بیانگر

مقدار شاخص موران جهانی برای آلودگی صوتی ۰/۸۹ و آماره‌ی Z ۶/۷۱ است. اگر آلودگی صوتی دارای

می‌شود که آلودگی صوتی در منطقه دارای الگوی خوشه‌ای است و به صورت تصادفی و پراکنده توزیع نشده است.

آن است که آلودگی صوتی در منطقه‌ی مطالعاتی دارای همبستگی مثبت است. بر اساس شکل ۳ که نتایج موران جهانی را به صورت گرافیکی نشان می‌دهد مشخص

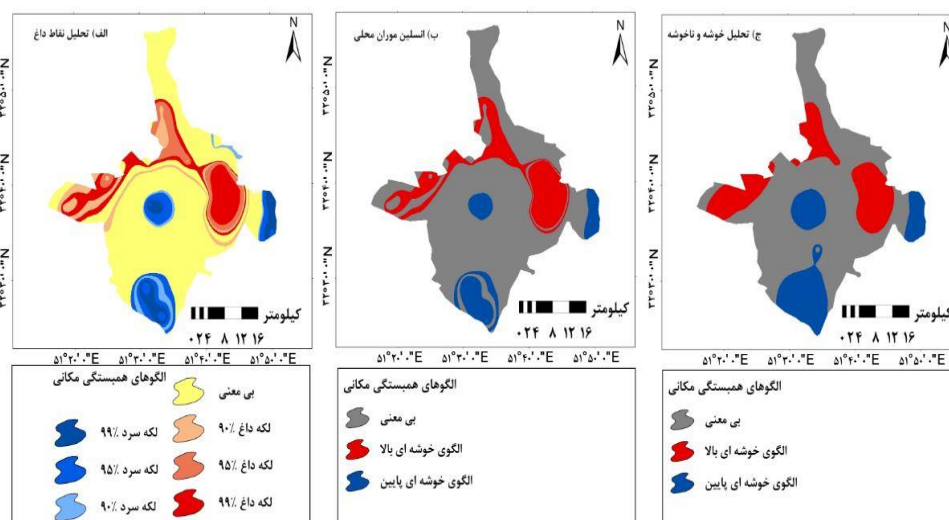


شکل ۳- نمودار گرافیکی آماره‌ی همبستگی موران جهانی

Figure 3- Graphic chart of global Moran correlation statistics

آلودگی صوتی است، در بخش‌های شرقی و شمالی منطقه‌ی مطالعاتی پراکنش دارد. پراکنش خوشه‌هایی با ارزش کم یا همبستگی مکانی منفی در بخش جنوبی منطقه دیده می‌شود. به خاطر ناهمگونی در پراکنش انواع کاربری‌ها در منطقه، سطح وسیعی از محدوده‌ی مطالعاتی از الگوی خاصی پیروی نکرده و از نظر آماری معنی‌دار نیست است.

آماره‌ی همبستگی موران جهانی، تنها نوع الگو را مشخص می‌کند. از این رو، پراکنش مکانی آلودگی صوتی با استفاده از رویکردهای انسلین موران محلی، تحلیل نقاط داغ و تحلیل خوشه و ناخوشه‌ی رندرینگ در شکل ۴ آورده شده است. با توجه به این شکل، خوشه‌های با ارزش بالا که نشان‌دهنده همبستگی مثبت پهنه‌ی دارای



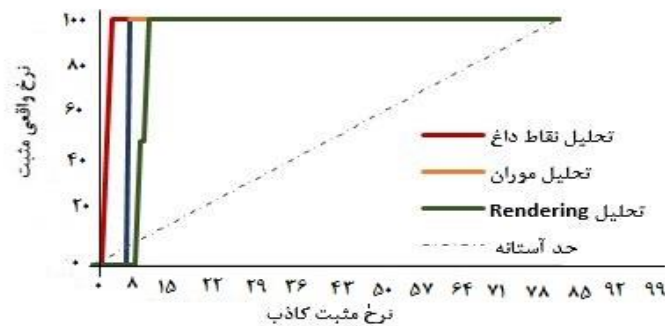
شکل ۴- الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی در منطقه‌ی مطالعاتی (الف) تحلیل نقاط داغ، (ب) انسلین موران محلی و

(ج) تحلیل خوشه و ناخوشه‌ی رندرینگ

Figure 4- Spatial correlation patterns of noise pollution in the study area a) hotspot analysis, b) local Moran insulin and c) cluster and non-cluster analyses of rendering

مطالعه برای ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی از قابلیت مناسبی برخوردار هستند که این مسئله با توجه به مقادیر سطح زیر منحنی (جدول ۲) نیز تأیید می‌شود. بر این اساس تحلیل نقاط داغ دارای بیشترین مقدار سطح زیر منحنی است و تحلیل خوشه و ناخوشه‌ی رندرینگ کمترین مقدار زیر منحنی را دارد.

در گام پایانی صحت مکانی رویکردهای مورد بررسی با ارزیابی و با یکدیگر مقایسه شد (شکل ۵). بر اساس شکل ۵، تحلیل نقاط داغ دارای بیشترین فاصله از سطح آستانه است از این رو از دقت و صحت بالاتری نسبت به دو رویکرد دیگر دارد. از سوی دیگر، با توجه به فاصله دو رویکرد دیگر، هر سه رویکرد مورد بررسی در این



شکل ۵- نمودار مشخصه عملکرد آلودگی صوتی برای رویکردهای مورد بررسی  
Figure 5- Performance characteristic for the studied approaches

جدول ۲- مقادیر سطح زیر منحنی برای رویکردهای مورد بررسی

Table 2- Sub-curve surface values for the approaches under consideration

رویکردهای مورد بررسی Approaches examined	مقدار سطح زیر منحنی The amount of surface below the curve
تحلیل نقاط داغ Hotspot analysis	0.97
انسلین موران محلی Local Moran Insulin	0.92
تحلیل خوشه و ناخوشه رندرینگ Cluster and non-cluster analyses of Rendering	0.89

تراز صوت مربوط به مناطق شرقی و شمالی منطقه است. این مناطق در برگیرنده‌ی نواحی مهم شهری، همچون شهر اصفهان، خمینی شهر، شاهین شهر و نجف آباد است. بخش جنوبی و مرکزی منطقه‌ی مطالعاتی که تراکم زمین‌های کشاورزی و فضاهای سبز بالاست از شدت تراز صوت کمتری برخوردار است.

این مسئله بر نتایج ارزیابی همبستگی مکانی آلودگی صوتی در منطقه تأثیر داشته است به طوری که مناطقی با سطح آلودگی صوتی بیشتر از الگوی همبستگی خوشه‌ای بالا پیروی می‌کنند، در حالی که مناطق با آلودگی کم دارای الگوی خوشه‌ای پایین هستند. در

## بحث

آلودگی صوتی یک بحران محیط‌زیستی است و آثار زیان‌باری سلامت و رفاه جامعه دارد (Gelis-Corti et al., 2016). از این رو ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی می‌تواند در ارائه راهکارهای کنترل و کاهش آن مؤثر باشد. در این مطالعه برای پهنه‌بندی آلودگی صوتی قسمت مرکزی استان اصفهان از روش معکوس فاصله استفاده شد. در این روش، به نقاط نزدیک به پدیده‌ی مورد بررسی وزن بیشتری نسبت به نقاط دورتر تعلق می‌گیرد (Miri et al., 2016). با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی آلودگی صوتی، بیشترین میزان

این‌راستا، Rahimi و Fakheran (۲۰۱۵) و Sakieh و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعات خود دریافته‌اند که شرایط محیطی و نوع کاربری زمین نقش مهمی در میزان شدت تراز صوت دارد.

بر اساس تحلیل نقاط داغ، مساحت لکه‌های داغ آلودگی صوتی حدود  $308/08$  کیلومتر مربع معادل با  $26/08$  درصد سطح منطقه مطالعاتی و مساحت لکه‌های سرد آلودگی (پهنه‌هایی با آلودگی کم)  $167/02$  کیلومتر مربع معادل با  $14/14$  درصد سطح محدوده‌ی مطالعاتی است. در حالی که مساحت پهنه‌هایی با الگوی خوشه‌ای بالا در دو رویکرد انسلین موران محلی و تحلیل خوشه و ناخوشه‌ی Rendering به ترتیب  $220/2$  ( $18/65$  درصد) و  $228/6$  ( $19/36$  درصد) کیلومتر مربع و مساحت پهنه‌هایی با الگوی خوشه‌ای پایین به ترتیب  $118/3$  ( $10/01$  درصد) و  $204/6$  ( $17/32$  درصد) کیلومتر مربع است. بر این اساس برای هر سه رویکرد مورد بررسی مناطق با آلودگی صوتی بالا (نقاط داغ و الگوهای خوشه‌ای بالا) دارای سطح بیشتری از منطقه‌ی مطالعاتی را نسبت به پهنه‌های با آلودگی کم در برمی‌گیرد که با توجه به سهم بالای مناطق و عناصر شهری همچون شبکه‌ی حمل و نقل گسترده در منطقه، کانون‌های دارای آلودگی صوتی بالا درصد بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند که نتایج مطالعات Sayadi Anari و Movafagh (۲۰۱۴) و Khayam و همکاران (۲۰۱۹) را تأیید می‌کند.

کاربرد نمودار مشخصه‌ی عملکرد نشان داد که رویکرد تحلیل نقاط داغ نسبت به دو رویکرد دیگر از صحت و دقت بالاتری برای ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی برخوردار است. آماره‌ی G در روش تحلیل نقاط داغ، نوعی امتیاز Z است. در این رویکرد امتیاز نهایی Z بر اساس مقایسه‌ی مجموع محلی یک پدیده و همسایه‌ی آن پدیده، به‌طور نسبی با جمع کل پدیده‌های اطراف برآورد می‌شود. از این‌رو، این رویکرد از قابلیت بالایی برای شناسایی الگوهای پراکنش مکانی پدیده‌ها برخوردار است (Abdollahi et al., 2019; Asadi & Karami, 2017; Nadian et al., 2018).

### نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی گامی مؤثر در بهبود مدیریت راه‌های کنترل و کاهش این آلودگی محیط‌زیستی است. در این مطالعه‌ی برای ارزیابی الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی در قسمت مرکزی حوزه آبخیز زاینده‌رود از رویکردهای مبتنی بر آمار فضایی استفاده شد و صحت و دقت رویکردهای مورد استفاده با بهره‌مندی از نمودار

پدیده‌های مختلف (همچون آلودگی صوتی) نقش مؤثری در برنامه‌ریزی و مدیریت علمی سرزمین و بر پایه‌ی اصول آمایش سرزمین دارد. بر اساس یافته‌های این مطالعه، بررسی همزمان رویکردهای مبتنی بر آمار فضایی درک کامل‌تری نسبت به چگونگی پراکنش آلودگی صوتی در محدوده‌ی مطالعاتی فراهم می‌کند. نتایج این رویکردها به همراه سایر داده‌های مکانی می‌تواند به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اساسی تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی سرزمین مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود که ترکیبی از روش‌های مبتنی بر آمار فضایی برای ارزیابی الگوهای پراکنش آلودگی توسعه یابد.

مشخصه‌ی عملکرد ارزیابی شد. با توجه به الگوهای همبستگی مکانی آلودگی صوتی در محدوده‌ی مطالعاتی و انطباق لکه‌های داغ و سرد آلودگی در تحلیل نقاط داغ با خوشه‌های بالا و پایین آلودگی صوتی در دو رویکرد دیگر، راهکارهای مناسب برای ارزیابی اصول همجواری کاربری‌های مختلف در راستای کنترل و کاهش آلودگی صوتی فراهم می‌شود. بر این اساس نتایج این مطالعه می‌تواند به‌منظور شناسایی کانون‌های دارای آلودگی صوتی زیاد مورد استفاده‌ی برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران قرار گیرد.

نتایج این مطالعه نشان داد که ارزیابی دقت و صحت رویکردهای مختلف ارزیابی و بررسی الگوهای پراکنش

## References

- Abdollahi, S., Ildoromi, A., Salmanmahini, A. & Fakheran, S. (2019). Determination and quantification of the landscape aesthetic value in central part of Isfahan Province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 7(4), 31-42. DOI: 10.29252/ijae.7.4.31. (In Persian)
- Abdollahi, S., Ildoromi, A., Salmanmahini, A. & Fakheran, S. (2021). Evaluating spatial patterns of ecosystem services based on a comparative approach on spatial statistics in the central part of Isfahan Province. *Geography and Environmental Sustainability*, 11(1), 41-54. DOI: 10.22126/ges.2021.5957.2326. (In Persian)
- Ajoku, B. C. & Amadi-Wali, O. (2019). Analysis of noise pollution levels across land use types in port-harcourt metropolis, rivers State, Nigeria. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 24, 22-31. DOI: 10.9790/0837-2410092231.
- Akbari, E., Darvishi Bolorani, A. & Neysani Samani, N. (2017). Landslide susceptibility mapping using fuzzy-analytic network process. *RS & GIS for Natural Resources*, 8(3), 73-88. (In Persian)
- Aliabadi, K. & Dadashi Roudbari, A. A. (2016). Assessing changes patterns of spatial autocorrelation of maximum temperature of Iran. *Arid Regions Geographic Studies*, 6(21), 86-104. (In Persian)
- Amasha, A., El-Magd, I. A. & Ali, E. (2018). Geospatial auto-correlation statistical analysis to evaluate the seismic magnitudes and its implications on the Mediterranean coastal zone of Egypt. *Physical Science International Journal*, 20(3), 1-15. DOI: 10.9734/PSIJ/2018/46208.
- Asadi, M. & Karami, M. (2017). Representation of Temperature Variability in Fars Province Using Spatial Statistics. *Geographical Research*, 32(1), 64-75. (In Persian)
- Bartaw, I., Hajinezhad, A., Asgary, A. & Goli, A. (2013). Pattern analysis on Residential burglary by Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA), Case study: Zahedan city. *Strategic Research on Social Problems in Iran*, 2(2), 1-23. DOI: 20.1001.1.23221453.1392.2.2.1.7. (In Persian)
- Clark, C., Crombie, R., Head, J., van Kamp, I., van Kempen, E. & Stansfeld, S. A. (2012). Does traffic-related air pollution explain associations of aircraft and road traffic noise exposure on children's health and cognition? A secondary analysis of the United Kingdom sample from the RANCH Project. *American Journal of Epidemiology*, 176(4), 327-337. DOI: 10.1093/aje/kws012.
- Fallah Galharei, Gh. & Asadi, M. (2018). An Assessment of Spatial-temporal Alteration of Sunshine Hours in Iran. *Journal of Geography and Planning*, 22(64), 229-246. (In Persian)
- Fang C., Wang, Z. & Xu, G. (2016). Spatial-temporal characteristics of PM<sub>2.5</sub> in China: A city-level perspective analysis. *Journal of Geographical Sciences*, 26(11), 1519-1532. DOI: 10.1007/s11442-016-1341-9.

- Figueroa-Alfaro, R. W. & Tang, Z. (2017). Evaluating the aesthetic value of cultural ecosystem services by mapping geo-tagged photographs from social media data on Panoramio and Flickr. *Journal of Environmental Planning and Management*, 60(2), 266-281. DOI: 10.1080/09640568.2016.1151772.
- Fathi Najafabadi, L., Esmaili Sari, A. & Ghasempouri, M. (2007). Comparative study of the role of physical and biological barriers in reducing noise pollution between Nur Forest Park and Si-Sangan Forest Park, Nur. Iran, *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 9(1), 79-86. (In Persian)
- Fu, W. J., Jiang, P. K., Zhou, G. M. & Zhao, K. L. (2014). Using Moran's, I and GIS to study the spatial pattern of forest litter carbon density in a subtropical region of southeastern China. *Biogeosciences*, 11, 2401-2409. DOI: 10.5194/bg-11-2401-2014.
- Giles-Corti, B., Vernez-Moudon, A., Reis, R., Turrell, G., Dannenberg, A. L., Badland, H., Foster, S., Lowe, M., Sallis, J. F. & Stevenson, M., (2016). City planning and population health: A global challenge. *Lancet*, 388, 2912-2924. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30066-6.
- Jana, M. & Sar, N. (2016). Modeling of hotspot detection using cluster outlier analysis and Getis-Ord  $G_i^*$  statistic of educational development in upper-primary level, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2, 60. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0122-x>.
- Khayami, E., Mohammadi, M., Bahadori, M., Hasani, F. & ghorbani, A. (2019). Evaluation and Zonation of Noise Pollution in Vakil-Abad Highway, Mashhad. *Journal of Natural Environment*, 72(1), 73-83. (In Persian)
- Kim, R. & Berg, M. V. D. (2010). Summary of night noise guidelines for Europe, *Noise and Health*, 12, 47-61. DOI: 10.4103/1463-1741.63204.
- Lea, J. D. & Harvey, J. T. (2015). Using spatial statistics to characterize pavement properties, *International Journal of Pavement Engineering*, 16(3), 239-255. Doi: 10.1080/10298436.2014.942856.
- Levine, N. (2013). *Crime Stat IV: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations, Version 4.0*. Washington, DC, The National Institute of Justice, <http://dx.doi.org/10.3886>.
- Li, Y., Zhang, L., Yann J., Wang, P., Hu, N., Cheng, W. & Fu, B. (2017). Mapping the hotspots and cold spots of ecosystem services in conservation priority setting. *Journal of Geographical Sciences*, 27(6), 681-696. DOI: 10.1007/s11442-017-1400-x.
- Majidi, F. & Khosravi, Y. (2016). Pollution evaluation of city center of Zanjan by geographic information system (GIS). *Iranian Journal of Health and Environment*, 9(1), 91-102 (In Persian)
- Menafoglio, A. & Secchi, P. (2017). Statistical analysis of complex and spatially dependent data: A review of object oriented spatial statistics. *European Journal of Operational Research*, 258(2), 401-410. Doi: 10.1016/j.ejor.2016.09.061.
- Miri, M., Ghaneian, M. T., Gholizadeh, A., Yazdani Avval, M. & Nikoonahad, A. (2016). Assessment of spatial analysis methods in mapping of air pollution in mashhad. *Journal of Environmental Health Engineering*, 3(2), 143-154. (In Persian)
- Nadian, M., Mirzaei, R. & Soltani Mohammadi, S. (2018). Application of moran'si autocorrelation in spatial-temporal analysis of PM2.5 pollutants (a case study: tehran city). *Journal of Environmental Health Engineering*, 5(3), 197-213. DOI: 10.29252/jehe.5.3.197. (In Persian)
- Okunlola, O. A., Alobid, M., Olubusoye, O. E., Ayinde, K., Lukman, A. F. & Szucs, I. (2021). Spatial regression and geostatistics discourse with empirical application to precipitation data in Nigeria, *Scientific Reports*, 11(1), 16848. Doi: 10.1038/s41598-021-96124-x.
- Pirali, A., Hedayati, A., Pourmanafi, S., Beyraghdar Kashkooli, O. & Ghorbani, R. (2019). Investigation of changes of spatial autocorrelation patterns of chlorophyll-a in Choghakhor International wetland using hot spots index ( $G_i^*$ ) and remote sensing. *Iran Science Fisheries Journal*, 28(1), 155-164. DOI: 10.22092/isfj.2019.118978. (In Persian)
- Possolo, A. (2016). Spatial statistics: Marks, maps, and shapes. *Quality Engineering*, 28(1), 69-90. DOI: 10.1080/08982112.2015.1100457.

- Rahimi, M. & Fakheran, S. (2015). Investigation of SPL sound pressure level variability along natural-urban gradient (Case study: Central part of Isfahan province). *International conference on sustainable development, strategies and challenges with a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism*, 24-26 Feb 2015, Tabriz, Iran. (In Persian)
- Rosenberg, M. S. & Anderson, C. D. (2011). PASSaGE: pattern analysis, spatial statistics and geographic exegesis, version 2. *Methods in Ecology and Evolution*, 2, 229-232. DOI: 10.1111/j.2041-210X.2010.00081.x.
- Saeidi, S., Mohammadzadeh, M., Salmanmahini, A. & Mirkarimi, S. H. (2017). Performance evaluation of multiple methods for landscape aesthetic suitability mapping: A comparative study between Multi-Criteria Evaluation, Logistic Regression and Multilayer Perceptron neural network. *Land Use Policy*, 67, 1-12. Doi: 10.1016/j.landusepol.2017.05.014.
- Sakieh, Y., Jaafari, Sh. Ahmadi, M. & Danekar, A. (2017). Green and calm: modeling the relationships between noise pollution propagation and spatial patterns of urban structures and green covers. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 195-211. Doi: 10.1016/j.ufug.2017.04.008.
- Sayadi Anari, M. & Movafagh, A. (2014). Environmental Noise Pollution Level at Birjand City Using Statistical and GIS Techniques. *Journal of Environmental Studies*, 40(3), 693-710. DOI: 10.22059/jes.2014.52214. (In Persian)
- Singh, D., Kumari, N. & Sharma, P. (2018). A review of adverse effects of road traffic noise on human health. *Fluctuation and Noise Letters*, 17(1), 1-12. doi.org/10.1142/S021947751830001X.
- Sordello, R., Flamerie De Lachapelle, F., Livoreil, B. & Vanpeene, S. (2019). Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map. *Environmental Evidence*, 8(8). Doi: 10.1186/s13750-019-0146-6.
- Takagi, D. & Shimada, T. (2019). A Spatial regression analysis on the effect of neighborhood-level trust on cooperative behaviors: comparison with a multilevel regression analysis. *Frontiers in Psychology*, 10. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02799.
- Torkashvand, M. (2017). Detection of heat islands over Arak city based on spatial auto correlation analysis. *Quarterly Journal of Environmental Based Territorial Planning*, 9(35), 123-148. (In Persian)
- Yuan, Y., Cave, M. & Zhang, C. (2018). Using Local Moran's, I to identify contamination hotspots of rare earth elements in urban soils of London. *Applied Geochemistry*, 88, 167-178. Doi: 10.1016/j.apgeochem.2017.07.011.
- Zannin, P. H. T. & Sant-Ana, D. Q. (2011). Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project- A case study in Brazil. *Applied Acoustics*, 72(8), 479-486. Doi: 10.1016/j.apacoust.2010.09.014.
- Zare, S., Ahmadi, S. & Sarebanzadeh, K. (2018). *Principle of measurement in equivalent noise level and noise sources sound power based on: ISO 9612, ISO 3746*. Tehran, Fanavaran Press. (In Persian)



## Evaluating the Rate of Natural Land Degradation Based on Land Use Change in Zagros Forests

Nahid Jafareiyani<sup>1\*</sup> and Omid Karami<sup>2</sup>

1- Ph.D. Student, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran  
2- Ph.D, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

\*Corresponding author: nahidjafareiyani2013@gmail.com

(Received: 18 January 2022

Revise: 5 February 2022

Accepted: 18 February 2022)

### Extended Abstract

**Introduction:** Land use change is one of key factors in global environmental change, which affects a wide range of environmental characteristics and natural resources (processes and functions of ecosystems and climate systems, water quality, land and air resources). Excessive destruction and exploitation of forests and pastures, inadequate cultivation patterns, land degradation due to population growth and lack of proper management of natural environments have endangered nature and destroyed habitats. Planning in this respect demands a clear understanding of how the land should be used and the type of activity done in each part of it in order to obtain accurate information about different communities and terrestrial phenomena. Also, it is difficult to access information to evaluate land degradation and land use change on both global and regional scale. One of the most important ways to determine land use change is satellite imagery. Because protected areas play an important role and are the core of biodiversity conservation, their management and conservation require further field research. Therefore, having information about land use and its changes over time is one of the important issues in planning and policy-making in this region. Therefore, the present study was conducted to predict and evaluate the rate of natural land degradation by emphasizing land use change in the Dinarkoh protected area.

**Materials and Methods:** Dinarkoh forest protected area is one of the mountainous areas of Ilam province. This study collected the required information about the study area and similar studies using library and field studies. Then, satellite images were extracted for data analysis and software methods were used to process them. In this way, after examining the geometric and atmospheric errors in the images used, using the maximum probability method, a map of land use classes related to the period 2001-2020 was created. Then, using two post-classification comparison methods, the difference in vegetation index (NDVI) was used to detect and study land use changes in the study period.

**Results and Discussion:** The results of evaluating the accuracy of the map obtained from the classification with the maximum probability algorithm on TM and OLI images showed that the accuracy of each of the TM and OLI classified images in the supervised classification method with the maximum probability method is high and acceptable. Considering the overall accuracy of 92.09% in TM image classification and 92.66% in OLI image, it can be said that these two images can prepare the desired area map at any time and can be used to identify changes. The results showed that factors such as similarity of the reflection of some lands which causes an inaccurate segregation of classes reduce the accuracy and are classified as a source of error. Therefore, in general, it can be said that according to the accuracy obtained from TM and OLI images, these two sensors can detect changes. The results showed that forest exploitation and a sharp increase in the population of villages and cities and their need for housing and economic factors have reduced the level of forest. Comparison of the classification maps obtained from the methods used in this research with the ground reality map showed that these methods have different accuracy in identifying areas of change and non-change. The results of satellite image processing showed that in 2001, compared to 2020, more than 6000 ha of forest lands in the region during the 19-year period have been converted into non-forest lands such as agriculture and rangeland, which indicates poor protection of the region.

**Conclusion:** The results showed that 8000 ha lands in the study area in terms of NDVI index had a decrease in vegetation cover, which indicates the trend of degradation in the region and the need for more serious conservation measures.

**Keywords:** Land use, Maximum probability, NDVI, Remote sensing.

**Citation:** Jafareiyani, N. & Karami, O. (2022). Evaluating the rate of natural land degradation based on land use change in Zagros forests. *Integrated Watershed Management*, 1(2), 47-61. doi: 10.22034/iwm.2022.250824

### 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>).



# ارزیابی میزان تخریب اراضی طبیعی با تکیه بر تغییرات کاربری اراضی در مناطق جنگلی زاگرس

ناهید جعفریان<sup>۱\*</sup> و امید کرمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، گروه جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران  
 ۲- دانش‌آموخته دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

\*نویسنده مسئول: nahidjafareian2013@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸

## چکیده

این تحقیق با هدف بررسی میزان تخریب مناطق جنگلی با توجه به تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت شده دینارکوه استان ایلام انجام گردید. در این مطالعه از تصویر سنجنده‌های TM به تاریخ ۱۰ خرداد ۱۳۸۰ و OLI و ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۹، مربوط به ماهواره لندست ۵ و ۸ برای به‌دست آوردن نقشه کاربری اراضی استفاده شده و سپس تصحیح هندسی و رادیومتریک انجام گرفت. در نتیجه از ترکیب رنگی کاذب، شاخص گیاهی و روش طبقه‌بندی نظارت شده جهت بازسازی عوارض و از الگوریتم حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی نظارت شده پوشش اراضی (جنگل، مرتع، کشاورزی و سنگی) استفاده گردید. پس از تولید نقشه کاربری اراضی عملیات ارزیابی صحت با محاسبه ماتریس خطا و سپس عملیات آشکارسازی برای این نقشه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد که در دوره زمانی ۱۹ ساله، تغییرات قابل توجهی در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است. به گونه‌ای که ۱۰۹۸۶ هکتار از اراضی سطح منطقه دچار تغییر شدند. بر اساس نتایج، بیش از ۶ هزار هکتار از اراضی جنگلی به اراضی غیرجنگلی (کشاورزی و مرتع) تبدیل شده‌اند. همچنین بیش از ۳۳۰۰ هکتار از اراضی مرتعی در این دوره تحت کشت دیم قرار گرفته‌اند. نتایج نشان داد که ۸۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص NDVI کاهش شاخص و یا به عبارتی کاهش پوشش گیاهی داشته است که نشان‌دهنده تخریب است. این مسئله بیانگر ضرورت افزایش اقدامات حفاظتی و احیایی متمرکزتر در این منطقه است.

واژه‌های کلیدی: حداکثر احتمال، سنجش از دور، کاربری اراضی، NDVI.

استناد: جعفریان، ن. و کرمی، ا. (۱۴۰۰). ارزیابی میزان تخریب اراضی طبیعی با تکیه بر تغییرات کاربری اراضی در مناطق جنگلی زاگرس. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۲)، ۴۷-۶۱.

## حق چاپ:



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

**مقدمه**

تغییرات کاربری پوشش زمین یکی از مهمترین و مؤثرترین عوامل بر تغییرات محیط‌زیست جهانی است که می‌تواند بر طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی مانند فرایندها و توابع اکوسیستم‌ها و سیستم‌های آب و هوایی، کیفیت آب، منابع زمینی و هوایی تأثیرگذار می‌باشد (Sundarakumar et al., 2012). تخریب و بهره‌برداری بیش از حد از جنگل‌ها و مراتع، الگوی کشت نامناسب، تخریب بی‌رویه اراضی به دلیل افزایش جمعیت و مدیریت نادرست محیط‌های طبیعی سبب به مخاطره افتادن طبیعت و تخریب زیستگاه‌ها و رویشگاه‌ها شده است (Singh & Punia, 2018; Makhdoom et al., 2004). امروزه موجودیت مناطق حفاظت شده نیز تحت تأثیر فشارهای سیاسی و اقتصادی تحت الشعاع قرار گرفته است. با توجه به رشد جمعیت و توسعه اقتصادی در جهان و از جمله در ایران، تغییر کاربری اراضی یکی از اصلی‌ترین معضلات این مناطق است (Makhdoom et al., 2004).

تغییرات کاربری اراضی پیامد واکنش بین عوامل فرهنگی، مهارت‌ها، احتیاجات جامعه از یک سو و پتانسیل‌های طبیعی از سوی دیگر می‌باشد. این تغییرات یا به صورت طبیعی در مدار گردش آن و یا به وسیله عوامل مصنوعی از جمله دخالت انسان به وجود می‌آیند (Neshat, 2002).

از مهمترین عوامل تخریب مناطق جنگلی و مرتعی توسط عوامل انسانی می‌توان به تغییر کاربری جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی و مسکونی، استفاده از چوب جنگل‌ها در تولید فرآورده‌های چوبی و منبع سوخت و انرژی به‌ویژه در بخش‌های محروم منطقه و همچنین تخریب تدریجی و کاهش وسعت آن‌ها به دلیل آلودگی محیط‌زیست و گرم شدن کره زمین (Sarhangzadeh, 1995)، آتش‌سوزی، جاده‌ها و خطوط ارتباطی و انتقال نیرو (گاز-برق)، فرسایش خاک و لغزش اشاره نمود (Rezaei Banafsheh et al., 2007); که سبب از بین

رفتن پوشش گیاهی و افزایش سرعت فرسایش خاک شده است (Rashki et al., 2013).

مطالعات نشان داده است که فعالیت‌های انسانی مهمترین عامل از بین رفتن اراضی طبیعی است؛ بنابراین به منظور مدیریت و حفاظت پایدار از این منابع، توجه به سرعت و مساحت تخریب ضروری است (Rezaei Banafsheh et al., 2007). در بیشتر این مطالعات فعالیت انسانی را مهمترین عامل تغییرات کاربری و تخریب منابع طبیعی دانسته‌اند.

آگاهی از نحوه استفاده از زمین و نوع فعالیتی که در هر بخش از زمین انجام می‌گیرد، جهت دستیابی به اطلاعات صحیح و به هنگام از جوامع و پدیده‌های مختلف زمینی اساس برنامه‌ریزی‌های گوناگون است (Neshat, 2002). اهمیت جنگل‌ها از نظر تجاری و زیست‌محیطی ایجاب می‌کند که اطلاعات کمی و کیفی به هنگام و دقیقی از آن تهیه و تغییرات آن در طول دوره‌های نه چندان طولانی مدت تعیین گردد (Ghanbari, 2008). بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد نیاز برنامه‌ریزان برای تصمیم‌گیری‌های اصولی به وسیله نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین تأمین می‌شود. به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی، شناخت کامل از تغییرات کاربری، آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری ضروری است و در مدیریت بهتر منبع طبیعی نقش مهمی دارد (Fathi Zad et al., 2014).

دسترسی به اطلاعات به منظور ارزیابی تخریب اراضی و بررسی تغییرات کاربری اراضی در مقیاس جهانی و منطقه‌ای دشوار و محدود است. یکی از مهمترین روش‌ها به منظور تعیین تغییرات، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است. سنجش از دور نقش مهمی در پایش و مدیریت این مناطق دارد که با ایجاد یک دید وسیع و یکپارچه از منطقه، می‌تواند الگوهای مکانی کاربری و پوشش اراضی را تعیین کند (Rahdar et al., 2011). در حال حاضر فن سنجش از دور با بیشترین سرعت و دقت، ابزار مناسبی برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی است. با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجش از دور با

پژوهش با هدف پیش‌بینی و ارزیابی میزان تخریب اراضی طبیعی با تکیه بر تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت شده دینارکوه انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

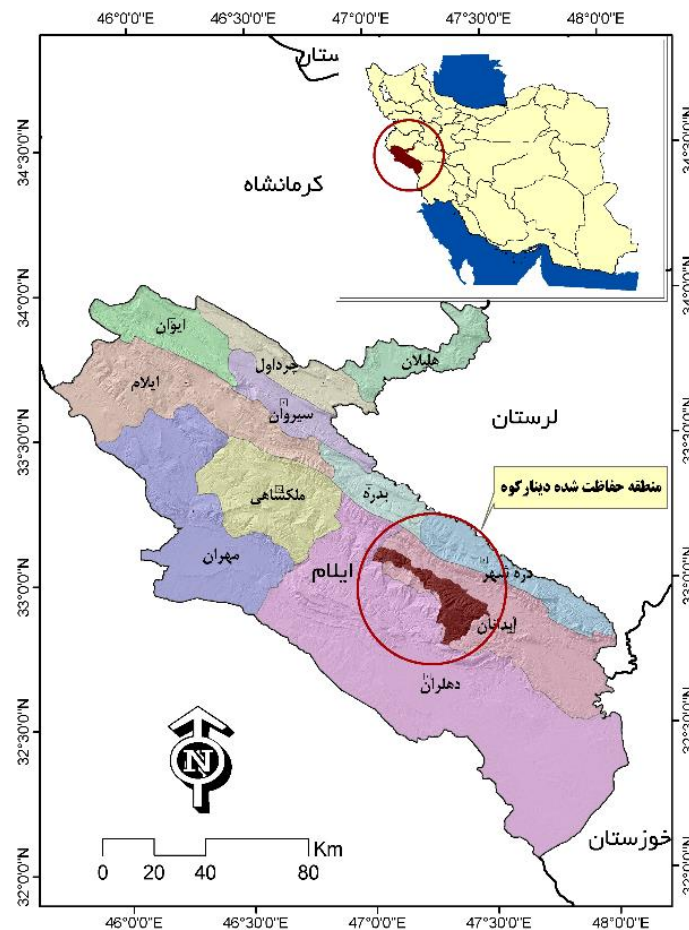
### منطقه مورد مطالعه

دینارکوه منطقه‌ای کوهستانی در جنوب استان ایلام و بین شهرستان‌های آبدانان و دهلران قرار گرفته است. منطقه حفاظت شده جنگلی دینارکوه از مناطق کوهستانی استان است که در مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه تا ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی در شهرستان آبدانان استان ایلام واقع شده است (شکل ۱). دامنه تغییرات ارتفاع منطقه بین ۸۰۰ تا ۱۹۵۵ متر از سطح دریا است. میانگین بارندگی سالیانه محدوده این منطقه حفاظت شده معادل ۵۴۵ میلی‌متر و بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان آبدانان، آذرماه با متوسط ۹۱/۷ میلی‌متر پرباران‌ترین فصل سال است. حدود ۷۰ درصد بارش منطقه در ایام سرد سال فصول (پاییز و زمستان) رخ می‌دهد. با توجه به منحنی آمبروترمیک ایستگاه، دوره خشکی منطقه حدوداً از اواخر اردیبهشت‌ماه و اوایل خردادماه تا اوایل آبان‌ماه است. مردادماه با میانگین ۳۵/۸ درجه بالای صفر بالاترین و بهمن‌ماه با میانگین ۹/۷ درجه سانتی‌گراد کمترین دما را دارند. دمای حداکثر مطلق ماهانه ۴۶ و دمای حداقل مطلق ماهانه ۶/۲- درجه سانتی‌گراد در دی و بهمن‌ماه است. میانگین رطوبت نسبی منطقه ۴۳ درصد است. آذرماه با ۶۹ درصد بیشترین و مردادماه با ۱۷ درصد کمترین رطوبت نسبی را دارا هستند.

کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام کرد (Arekhi *et al.*, 2011) و سپس با استفاده از روش‌های مختلف بازیابی تغییرات نظیر روی هم‌اندازی تصاویر، تفریق تصاویر، تقسیم تصاویر، تحلیل و آنالیز مؤلفه‌های اصلی و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، نسبت تغییرات را در دوره‌های زمانی مختلف ارزیابی (Alavi Panah *et al.*, 2003) و با استفاده از روش زنجیره مارکوف<sup>۱</sup> تغییرات پوشش را در آینده پیش‌بینی نمود.

در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در مناطق مختلف انجام گرفته است که می‌توان به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت شده بیجار توسط Meratifar و همکاران (۲۰۱۴)، پیش‌بینی تغییرات آینده پوشش اراضی منطقه حفاظت شده سبزه‌کوه توسط Abolalizadeh و Ebrahimi (۲۰۱۵)، مطالعات Azimi Sardari و همکاران (۲۰۰۷) در میناب، Jafareiyani و همکاران (۲۰۲۰) در منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ در استان ایلام، مطالعه Hishe و همکاران (۲۰۱۸) در شمال اتیوپی و Alawamy و همکاران (۲۰۲۰) در لیبی اشاره کرد.

از آنجایی که مناطق حفاظت شده نقش مهمی دارند و هسته اصلی حفاظت از تنوع زیستی هستند، مدیریت و حفاظت از آن‌ها نیازمند بررسی‌های میدانی بیشتر است. منطقه حفاظت شده دینارکوه واقع در استان ایلام از اهمیت زیست‌محیطی بسیاری برخوردار می‌باشد. بنابراین داشتن اطلاعاتی از نوع استفاده از اراضی و تغییرات آن در طی زمان از موارد مهم در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در این منطقه می‌باشد. بنابراین این



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایلام و ایران

Figure 1- Location of the study area in Ilam Province and Iran

## روش تحقیق

بررسی تغییرات کاربری در دوره زمانی مورد مطالعه پرداخته شد.

## داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای متعلق به ماهواره‌ی لندست ۵ و ۸ و سنجنده‌های TM و OLI است. ابتدا تصاویر ماهواره لندست از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا در دوره‌های زمانی مناسب انتخاب و دانلود شد. در این تحقیق از داده‌های سنجنده TM ماهواره لندست مربوط به تاریخ ۳۱ می ۲۰۰۱ مطابق با ۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۰ و تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۱۹ می ۲۰۲۰ مطابق با ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۹ استفاده شد؛ که به‌علت توان طیفی و

در این تحقیق ابتدا اطلاعات مورد نیاز در خصوص منطقه مورد مطالعه با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شد. سپس برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، تصاویر ماهواره‌ای استخراج و از روش‌های نرم‌افزاری برای پردازش آن‌ها استفاده شد. به این صورت که پس از بررسی خطاهای هندسی و اتمسفریک در تصاویر مورد استفاده، با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه طبقات کاربری اراضی مربوط به دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۹ مورد بررسی تهیه شد. سپس با استفاده از دو روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفاضل شاخص پوشش گیاهی (NDVI)<sup>۱</sup> به آشکارسازی و

1. Normalized Difference Vegetation Index

استخراج و بررسی شد. مشاهده میانگین حاصل از ارزش‌ها در تصویر حاصل از تفاضل تصویر سال ۱۳۸۰ از تصویر سال ۱۳۹۹، نشان داد که بین ارزش‌های ثبت شده در باندها اختلاف چندانی وجود ندارد و میزان خطای اتمسفری قابل توجه نبوده و انجام این نوع از تصحیحات در این تحقیق ضرورتی ندارد.

### طبقه‌بندی تصاویر

با توجه به هدف مطالعه، جهت انجام طبقه‌بندی، ابتدا در روی هر یک از تصاویر رنگی TM و OLI به‌طور مجزا نمونه‌های تعلیمی برای طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف (جنگل، مرتع، کشاورزی و سنگی) با شناخت از منطقه و بررسی‌های میدانی، تصاویر رنگی مرکب و تصاویر گوگل‌ارث و با در نظر گرفتن وسعت هر کاربری و با پراکنش مناسب انتخاب شد. پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی مناسب، اندازه تفکیک‌پذیری و تباین بین کلاس‌ها مورد بررسی قرار گرفت. معمولاً تباین بیشتر بین دو کلاس، بیانگر آن است که آن دو کلاس دارای بیشترین فاصله آماری بوده و دارای بالاترین احتمال برای طبقه‌بندی صحیح می‌باشند. برای اندازه‌گیری میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها نسبت به همدیگر، از معیار واگرایی استفاده گردید. حداقل تفکیک‌پذیری با استفاده از این معیار صفر و حداکثر آن ۲ می‌باشد.

سپس به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر هر دوره زمانی، پس از انتخاب بهترین ترکیب باندی با استفاده از باندهای اصلی هر سنجنده، طبقه‌بندی با استفاده از نمونه‌های تعلیمی طبقات، با الگوریتم متداول حداکثر احتمال<sup>۱</sup> انجام گردید. روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال دقیق‌ترین و متداول‌ترین (Darwish Sefat, 1998) روش طبقه‌بندی می‌باشد. اساس روش حداکثر احتمال بر مشخصه‌های آماری نمونه‌های تعلیمی (میانگین و انحراف از معیار) در فضای چند بعدی باندها استوار است. این الگوریتم با محاسبه احتمال تعلق هر پیکسل به طبقات مختلف، پیکسل را به طبقه‌ای اختصاص می‌دهد که دارای بیشترین احتمال باشد. مهمترین شرط روش

مکانی مناسب و قدمت سری‌های زمانی در این پژوهش استفاده شد. در این تحقیق از باندهای حرارتی هر دو سنجنده به‌دلیل عدم کارایی در برآورد مشخصه‌های پوشش گیاهی، استفاده نشده است. از نقشه راه‌ها و آبراهه‌های منطقه برای ارزیابی تطابق هندسی استفاده گردید.

### تهیه نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای

پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه تغییرات-عدم تغییرات، ارزیابی صحت این نقشه‌ها برای اکثر استفاده‌کنندگان تهیه نقشه واقعیت زمینی ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌منظور ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده، از نقشه واقعیت زمینی منطقه که با استفاده از ۲۰۰ قطعه نمونه به روش نمونه‌ای که به‌صورت تصادفی طبقه‌بندی شده ایجاد شد، استفاده گردید. به‌منظور شناسایی محل این قطعات از تصاویر رنگی TM و OLI و همچنین از تصویر گوگل‌ارث منطقه، استفاده گردید. به مناطقی که در دو دوره تغییر نداشته‌اند، کد ۱ و مناطق دارای تغییرات کد ۲ تعلق گرفت.

### پیش‌پردازش‌های داده‌های ماهواره‌ای

#### بررسی تطابق هندسی داده‌های ماهواره‌ای

برای رفع خطاهای هندسی موجود در تصاویر انجام تصحیحات هندسی ضرورت دارد. بررسی خطاهای هندسی تصاویر با استفاده از ۲۰۰ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب در سطح منطقه انجام گرفت. با روی هم‌اندازی خطوط رقومی شده جاده‌ها به‌عنوان مبنا بر روی تصاویر ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ خطای هندسی در داده‌ها مشاهده نشد.

#### بررسی میزان خطای اتمسفری داده‌های

#### ماهواره‌ای

به‌منظور بررسی میزان خطای اتمسفری، منطقه‌ای کوچک و بدون پوشش گیاهی و اراضی بایر در تصاویر دو دوره انتخاب گردید. اختلاف بین ارزش‌ها و میانگین آن‌ها در این منطقه انتخابی در باندهای مختلف

## آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در طی دوره زمانی مورد مطالعه

به‌منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، میزان تغییرات از هر کاربری به کاربری دیگر در طی دوره‌های مورد مطالعه محاسبه شد. برای این منظور از دو روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفاضل شاخص NDVI استفاده شد.

روش مقایسه پس از طبقه‌بندی رایج‌ترین شیوه در آشکارسازی تغییرات (Jensen, 2004) و یکی از روش‌های بازتابی تغییرات است که در آن تصاویر چند زمانه با استفاده از الگوریتم‌های موجود طبقه‌بندی شد، سپس دو نقشه طبقه‌بندی شده که توسط تحلیل‌گر تولید شده، با همدیگر مقایسه شده و نقشه مشخص‌کننده مناطق تغییر تهیه شد. با کد گذاری مناسب نتایج طبقه‌بندی مربوط به زمان‌های مختلف، تحلیل‌گر می‌تواند نقشه‌های تغییر را ایجاد نماید که نشان‌دهنده ماتریس کاملی از تغییرات می‌باشد. در این روش نه تنها تشخیص پیکسل‌هایی که در بین دو تاریخ تصویربرداری تغییر یافته‌اند امکان‌پذیر است، بلکه می‌توان ماهیت آن‌ها را نیز مشخص کرد (Jensen, 2004). در تکنیک مقایسه پس از طبقه‌بندی، هر یک از تصاویر ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ به‌طور مستقل از هم به روش نظارت شده، طبقه‌بندی و سپس با هم مقایسه شدند.

یکی دیگر از شاخص‌های مهمی که در تعیین تغییرات پدیده‌های زمینی استفاده می‌شود و در مطالعات پوشش گیاهی اهمیت زیادی دارد، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) است. این شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این فرمول NIR<sup>۱</sup> باند مادون قرمز نزدیک و R باند قرمز می‌باشد. دامنه آن از -۱ تا +۱ می‌باشد. در حالتی که پوشش خیلی خوب و پرتراکم باشد این شاخص به +۱ نزدیک می‌شود و در حالت تخریب پوشش گیاهی و از بین رفتن آن کاهش پیدا می‌کند.

حداکثر احتمال، توزیع نرمال طبقات است ولی از آنجا که داده‌های واقعی در یک مدل خلاصه نمی‌شوند، طبقه‌بندی با تولید خطا مواجه خواهد بود. برای کاهش خطا بهتر است نمونه‌های تعلیمی از توزیع نرمال پیروی کنند. در استفاده از این روش باید توجه داشت که ممکن است استفاده از باندهای متعدد به‌جای نتیجه مطلوب، نتیجه عکس در برداشته باشد. چرا که اطلاعات مطلوب یک باند برای طبقه‌بندی، در ترکیب با باندهای نامطلوب کاهش می‌یابد؛ بنابراین از باندهای فرعی و اصلی باید آگاهانه و هدفمند استفاده نمود.

## ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی

صحت نتایج طبقه‌بندی تصاویر با نقشه واقعیت زمینی ارزیابی شد و در نهایت جدول خطا برای ارزیابی مقادیر خطا تشکیل شد. ارزیابی صحت نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از شاخص‌های صحت کلی و ضریب کاپا انجام شد (رابطه ۱ و ۲).

صحت کلی میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های مقایسه شده را نشان می‌دهد.

$$\text{رابطه (۱)} \quad O.A. = \frac{\sum_{i=0}^C E_{ii}}{N}$$

C: تعداد طبقات، N: تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E<sub>ii</sub>: اعضا قطری ماتریس خطا، O.A.: صحت کلی

ضریب کاپا یک شاخص اختلاف بین توافق واقعی داده‌های مرجع و یک طبقه‌بندی کننده خودکار و توافق تصادفی بین داده‌های مرجع و طبقه‌بندی کننده تصادفی می‌باشد.

$$\text{رابطه (۲)} \quad K = \frac{N \sum_{i=1}^C X_{ii} - \sum_{i=1}^C (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=2}^C (X_{i+} * X_{+i})}$$

C: تعداد کلاس‌ها در ماتریس خطا، X<sub>ii</sub>: تعداد پیکسل‌ها در سطر و ستون i (در قطر اصلی)، X<sub>i+</sub>: تعداد پیکسل‌ها در سطر i (مجموع پیکسل‌های هر سطر)، X<sub>+i</sub>: تعداد کل پیکسل‌ها در ستون i (مجموع پیکسل‌های هر ستون)، N: تعداد کل پیکسل‌های ماتریس خطا.

طبقه‌بندی با روش‌های مقایسه پس از طبقه‌بندی، شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی (دو برابر انحراف معیار)، با نقشه واقعیت زمینی به وجود آمده مورد ارزیابی صحت قرار گرفتند و در نهایت جدول خطا برای ارزیابی مقادیر خطا تشکیل شد.

در این تحقیق از نرم‌افزار PCI Geomatica 9.1، Idrisi Selva و Arc GIS 10.8 برای پردازش تصاویر، تهیه نمونه‌های تعلیمی، تهیه نقشه واقعیت زمینی و همچنین استخراج اطلاعات طیفی استفاده شد.

### نتایج

#### بررسی تفکیک‌پذیری طبقات

پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی مناسب، اندازه تفکیک‌پذیری و تباین بین کلاس‌ها مورد بررسی قرار گرفت. معمولاً تباین بیشتر بین دو کلاس، بیانگر آن است که آن دو کلاس دارای بیشترین فاصله آماری بوده و دارای بالاترین احتمال برای طبقه‌بندی صحیح می‌باشند. برای اندازه‌گیری میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها نسبت به همدیگر از معیار واگرایی استفاده گردید. حداقل تفکیک‌پذیری با استفاده از این معیار صفر و حداکثر آن ۲ می‌باشد. مقدار صفر به معنای عدم تفکیک‌پذیری، ۱-۰ تفکیک‌پذیری ضعیف، ۲-۱ تفکیک‌پذیری خوب و ۲ تفکیک‌پذیری ۱۰۰ درصد بین طبقات را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی میزان تفکیک‌پذیری بین طبقه‌ها به صورت جدول ۱ است.

نتایج حاصل از ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری بین طبقات نشان داد که طبقات مختلف از نظر طیفی بر روی تصاویر مورد نظر قابل تفکیک هستند.

#### نتایج طبقه‌بندی تصاویر در دوره‌های مورد مطالعه

پس از اطمینان از تفکیک‌پذیری مناسب در بین طبقه‌ها، طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام گرفت. نتایج طبقه‌بندی تصویر TM و OLI در شکل ۲ آورده شده است.

برای پی بردن به تغییرات پوشش گیاهی ابتدا شاخص NDVI برای دو تصویر سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ به دست آمد. سپس تفاوت دو NDVI از طریق تفاضل به دست آمد.

$$D\text{NDVI} = (\text{NDVI}_{t_2}) - (\text{NDVI}_{t_1}) \quad (۴)$$

که در آن D NDVI اختلاف بین اعداد شاخص پوشش گیاهی نرمال شده دو زمان ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ میلادی،  $t_1$  و  $t_2$  اشاره به زمان اخذ تصاویر، سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ است. با مقایسه شاخص پوشش گیاهی حاصل از دو تصویر مختلف، محل تغییر پوشش گیاهی مشخص شد. در تصاویر حاصله NDVI تهیه شده ارزش پیکسل‌ها بین -۱ تا +۱ می‌باشد. در این تصاویر، تغییرات با اعداد مثبت و منفی و عدم تغییرات صفر یا نزدیک به صفر هستند.

به منظور تعیین سطح آستانه، با استفاده از یک سری نقاط (۸۰ نقطه) مقادیر NDVI (دامنه و میانگین) دو طبقه پوشش گیاهی و فاقد پوشش گیاهی در مناطقی که در دو دوره بدون تغییر باقی مانده‌اند، استخراج گردید و بدین ترتیب نقشه مناطق بدون تغییر تولید شد و با توجه به آن سطح آستانه تعیین گردید. با بررسی هیستوگرام تصویر، با در نظر گرفتن دو برابر انحراف معیار از میانگین این تصاویر به دست آمده از تفریق باند-های NDVI دو زمان ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ به دو کلاسه تغییر-عدم تغییر تبدیل شد.

#### مقایسه تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات از

#### طریق تهیه نقشه واقعیت‌زمینی و ارزیابی صحت

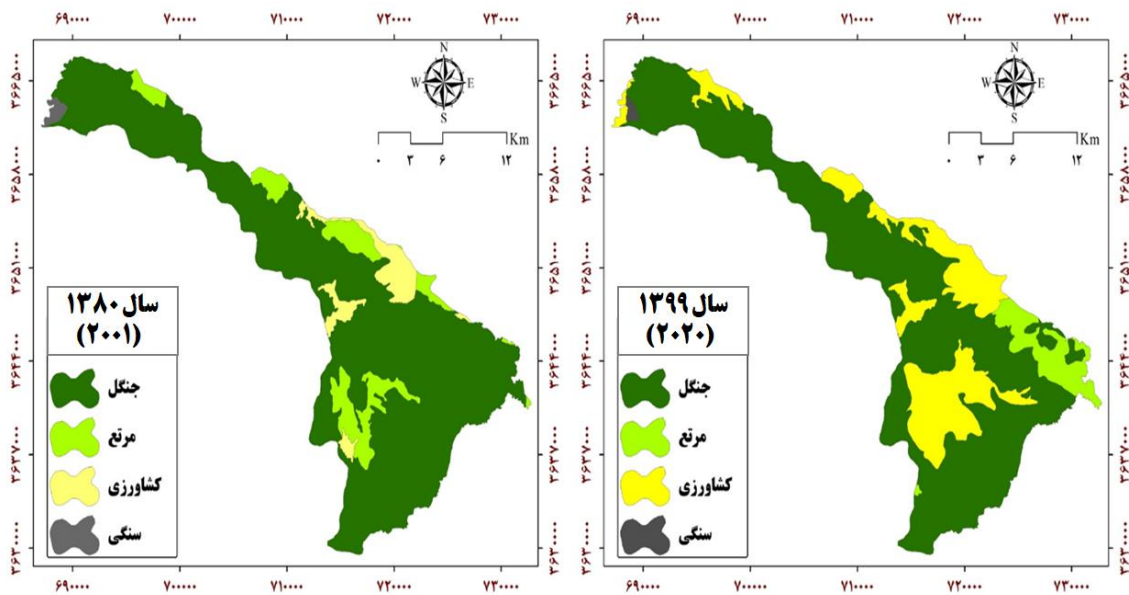
#### نقشه تغییرات

به منظور مقایسه تکنیک‌های به کار رفته در این تحقیق، نقشه واقعیت‌زمینی نمونه‌ای با استفاده از تعدادی نقاط از مناطق تغییر یافته و بدون تغییر و به صورت نقشه دو کلاسه‌ای تغییر و عدم تغییر در طی دوره زمانی ۱۹ ساله برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد. نتایج حاصل از

جدول ۱- نتایج میزان تفکیک‌پذیری بین کاربری‌های مورد بررسی

Table 1- Results of the separation rate between Studied land use

شاخص	Index	تصویر OLI OLI image	تصویر TM TM image
جنگل - مرتع	Forest- Rangeland	1.98	1.96
جنگل - کشاورزی	Forest- Agriculture	1.85	1.86
جنگل - سنگی	Forest- Rocky	2.00	2.00
مرتع - کشاورزی	Rangeland- Agriculture	1.95	1.93
مرتع - سنگی	Rangeland- Rocky	1.99	1.98
کشاورزی - سنگی	Agriculture - Rocky	2.00	2.00



شکل ۲- نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹

Figure 2- Land use maps obtained from classification of images of 2001 and 2020

جدول ۳ نتایج مربوط به مساحت تغییرات انواع کاربری‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۹ مساحت ۲۷۹۳۹ هکتار از سطح منطقه بدون تغییر و ۱۰۹۸۵/۸ هکتار دارای تغییر بوده است. تبدیل کاربری جنگل به کشاورزی به میزان ۳۶۲۸/۹ هکتار و تبدیل کاربری مرتع به کشاورزی به میزان ۳۳۳۳/۳ هکتار در سطح منطقه بیشترین و تبدیل اراضی سنگی به جنگل به میزان ۸/۰۲ هکتار کمترین میزان تغییر را نشان داد (جدول ۳). در این دوره زمانی ۱۲۸/۸ هکتار از مراتع، ۲۷۹۳۹/۸ هکتار از اراضی جنگلی، ۱۶۱۸/۸ هکتار از اراضی زراعی و ۱۰۶/۴ هکتار از اراضی سنگی بدون تغییر مانده است (شکل ۳).

### ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی

نتایج حاصل از طبقه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی تهیه شده، مقایسه شد. نتایج نشان داد که تصاویر حاصل از طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال دارای صحت بالایی می‌باشند. صحت کلی در تصویر حداکثر احتمال مربوط به TM سال ۲۰۰۱ برابر با ۹۳/۵ درصد و در OLI سال ۲۰۲۰ برابر با ۹۷/۲ درصد، ضریب کاپای تصویر TM برابر با ۰/۸۸ و در OLI برابر با ۰/۹۲ حاصل آمد. نتایج در جدول ۲ آمده است.

تهیه نقشه تغییرات و تعیین میزان و نوع تغییرات در روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

جدول ۲- نتایج حاصل از ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر

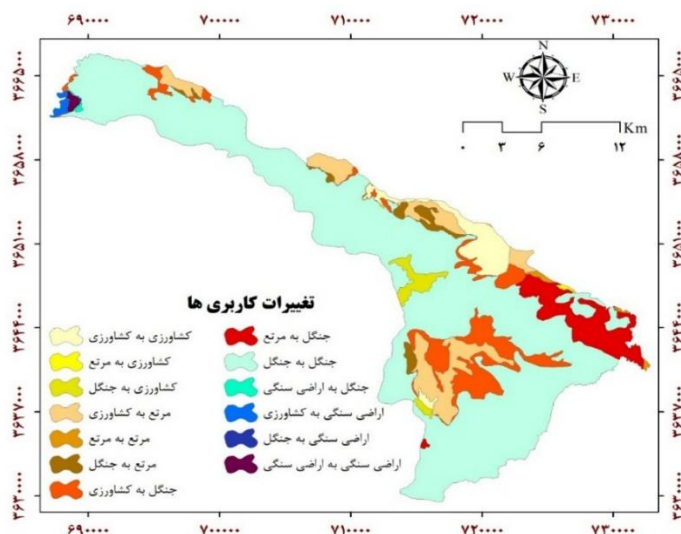
Table 2- The results of accuracy assessment of image classification

تصویر Image	صحت کلی (%) Overall accuracy (%)	ضریب کاپا Kappa coefficient	متوسط صحت تولید کننده (%) Average producer accuracy (%)	متوسط صحت کاربر (%) Mean user accuracy (%)
TM سال ۱۳۸۰ TM year 2001	93.5	0.88	94.31	93.52
OLI سال ۱۳۹۹ OLI year 2020	97.2	0.92	97.09	97.54

جدول ۳- مساحت مناطق تغییر و بدون تغییر

Table 3- Area with and without change

کلاس تغییرات Change classes	مساحت (هکتار) Area (ha)
مناطق بدون تغییرات Areas without changes	27939.0
مناطق دارای تغییرات Areas with change	10985.8
تبدیل جنگل به جنگل Convert forest to forest	27939.8
تبدیل جنگل به کشاورزی Convert forest to agriculture	3628.3
تبدیل جنگل به مرتع Convert forest to rangeland	2442.6
تبدیل جنگل به اراضی سنگی Convert forest to rocky	39.1
تبدیل مرتع به جنگل Convert rangeland to forest	680.5
تبدیل مرتع به کشاورزی Convert rangeland to agriculture	3333.3
تبدیل مرتع به مرتع Convert rangeland to rangeland	128.7
تبدیل مرتع به اراضی سنگی Convert rangeland to rocky	0.0
تبدیل کشاورزی به جنگل Convert agriculture to forest	668.0
تبدیل کشاورزی به کشاورزی Convert agriculture to agriculture	1618.8
تبدیل کشاورزی به مرتع Convert agriculture to rangeland	35.8
تبدیل کشاورزی به اراضی سنگی Convert agriculture to forest	0.0
تبدیل اراضی سنگی به جنگل Convert rocky to forest	8.0
تبدیل اراضی سنگی به کشاورزی Convert rocky to agriculture	149.3
تبدیل اراضی سنگی به مرتع Convert rocky to rangeland	0.0
تبدیل اراضی سنگی به اراضی سنگی Convert rocky to forest	106.4



شکل ۳- نقشه تقابل تصاویر برای نقشه‌های کاربری اراضی سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹  
Figure 3- Map of images crosstab for land use maps of 2001 and 2020

در این تصویر ۸۳/۲۹ درصد به دست آمد. صحت کلی در این تصویر ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپای آن ۰/۵۱ می‌باشد که بدان معناست که ۰/۵۱ درصد نقشه حاصل از طبقه‌بندی تصویر به صورت کاملاً تصادفی با واقعیت زمینی مطابقت دارد (جدول ۴).

#### روش آشکارسازی تغییرات با استفاده از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)

به منظور انجام این روش از آشکارسازی تغییرات، تصاویر NDVI مربوط به دو دوره تولید شد و تصویر حاصل از تفریق NDVI دو دوره ایجاد شد. در شکل ۴ شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی مربوط به سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ آورده شده است.

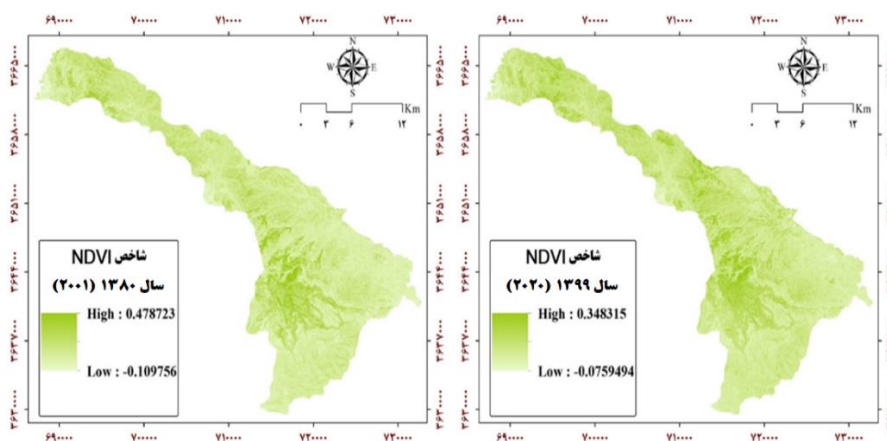
#### ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده حاصل از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

به منظور ارزیابی صحت نقشه تغییرات حاصل از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، نقشه دو طبقه تغییر و عدم تغییر با نقشه واقعیت زمینی تهیه شده، به کمک پارامترهای صحت کلی و ضریب کاپا مورد مقایسه قرار گرفت و ماتریس خطا تشکیل شد. نتایج جدول خطا نشان داد که تصویر طبقه‌بندی شده توسط این روش دارای خطای Omission به طور متوسط ۲۸/۳۳ درصد می‌باشد. متوسط صحت تولیدکننده معادل ۷۱/۶۷ درصد است. همچنین متوسط خطای Commission در این تصویر برابر با ۱۶/۷۲ درصد و متوسط صحت کاربر

جدول ۴- نتایج حاصل از ارزیابی صحت روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی

Table 4- Results of accuracy assessment of the comparison after classification method using ground truth data

روش Method	صحت کلی (%) Overall accuracy (%)	ضریب کاپا Kappa coefficient	متوسط صحت تولید کننده (%) Average producer accuracy (%)	متوسط صحت کاربر (%) Mean user accuracy (%)
مقایسه پس از طبقه‌بندی Comparison after classification	85.13	0.508	71.67	83.28



شکل ۴- نقشه شاخص تفاضل پوشش گیاهی استاندارد (NDVI) مربوط به سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹

Figure 4- The NDVI images for 2001 and 2020

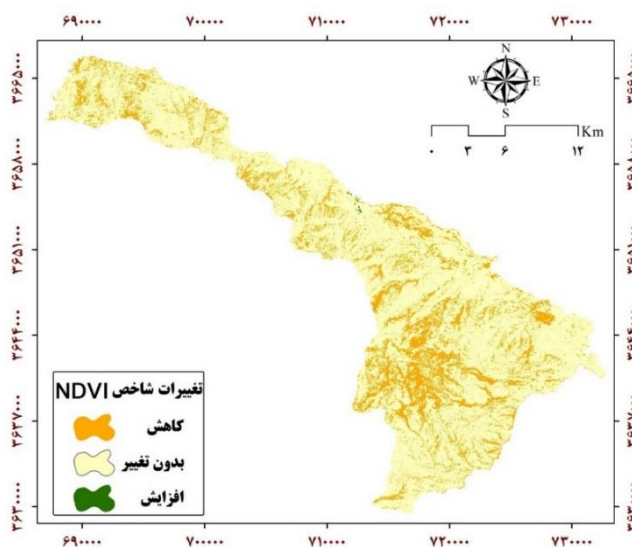
استفاده از یک سری نقاط (۸۰ نقطه) مقادیر NDVI (دامنه و میانگین) دو طبقه جنگل و غیرجنگل که در

به منظور تعیین سطح آستانه در روش آشکارسازی تغییرات شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی، با

محدوده ۰/۱۳- تا ۰/۲۴۲۶ برای دو برابر انحراف معیار قرار گرفت. با بررسی هیستوگرام تصویر تفریقی و مشاهده حداقل و حداکثر مقادیر موجود، تصویر NDVI تفریقی، به دو منطقه عدم تغییرات (کد ۱) و مناطق دارای تغییرات (کد ۲) طبقه‌بندی شد.

شکل ۵ نقشه گستره تغییرات و مناطق بدون تغییر با اعمال آستانه بر روی تصویر تفاضل NDVI را نشان می‌دهند.

این دو دوره ثابت باقی مانده‌اند، استخراج گردید و با توجه به آن سطح آستانه تعیین گردید. میانگین نقاط در مناطق بدون تغییرات ۰/۰۲ و انحراف معیار آن ۰/۱۴ به دست آمد. با ملاحظه به این موضوع که دامنه شاخص NDVI بین -۱ تا +۱ می‌باشد، با توجه به فرمول تعیین آستانه  $(\bar{X} \pm n\sigma)$ ، با در نظر گرفتن دو برابر انحراف معیار از میانگین، دامنه عدم تغییرات تعیین گردید. دامنه مناطق بدون تغییر در دو دوره مورد نظر در



شکل ۵- تصویر حاصل از تفاضل NDVI سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹  
Figure 5- The difference images of NDVI for 2001 and 2020

تغییرات و بدون تغییرات با استفاده از تصویر تفاضل NDVI دارای خطای Omission به‌طور متوسط ۲۸/۲۲ درصد و متوسط صحت تولید کننده ۷۱/۷۸ درصد می‌باشد. متوسط خطای Commission در این تصویر برابر با ۲۷/۵۱ درصد و متوسط صحت کاربر ۷۲/۴۹ به دست آمد. صحت کلی در این تصویر ۸۰/۵۱ درصد و ضریب کاپای آن ۰/۴۴ می‌باشد (جدول ۵).

ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده NDVI به‌منظور بررسی صحت نتایج روش آشکارسازی تغییرات شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی، نقشه دو طبقه تغییر و عدم تغییر به‌وجود آمده با نقشه واقعیت‌زمینی تهیه شده، به کمک پارامترهای صحت کلی و ضریب کاپا مورد مقایسه قرار گرفت و ماتریس خطا تشکیل شد. نتایج جدول خطا نشان می‌دهد که نقشه گستره

جدول ۵- نتایج ارزیابی صحت روش آشکارسازی تغییرات شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی با واقعیت زمینی

Table 5- Results of accuracy assessment of the changes detecting method for NDVI using ground truth data

روش Method	صحت کلی (%) Overall accuracy (%)	ضریب کاپا Kappa coefficient	متوسط صحت تولید کننده (%) Average producer accuracy (%)	متوسط صحت کاربر (%) Mean user accuracy (%)
مقدار Amount	80.51	0.442	71.78	72.49

**بحث**

عدم تغییر می‌باشند. روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با صحت کلی ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۵۰۸۵ نسبت به سایر روش‌های تعیین تغییرات دارای بالاترین صحت کلی و ضریب کاپاست.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر تغییرات چشمگیری در منطقه رخ داده است. به گونه‌ای که ۱۰۹۸۵/۸۵ هکتار از سطح منطقه دچار تغییر کاربری شده است. نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که در سال ۲۰۰۱ نسبت به سال ۲۰۲۰ بیش از ۶ هزار هکتار از اراضی جنگلی منطقه در طی دوره ۱۹ ساله به اراضی غیر جنگلی همانند کشاورزی و مرتع تبدیل شده‌اند که نشان‌دهنده وضعیت نه‌چندان مناسب حفاظت از منطقه است و در طی این سالیان با شخم‌زدن زیراشکوب اراضی جنگلی زمینه برای تبدیل و تخریب جنگل به وجود آمده است. از طرفی وجود خشک‌سالی‌های اخیر و وجود بیماری زوال بلوط باعث شده است که درختان جنگلی بیش از پیش رو به سوی نابودی و تخریب پیش روند. تبدیل و تخریب اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی در مطالعات مختلف نیز اثبات شده است. مطالعه Jafareiyani و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ نیز نشان از کاهش سطح جنگل و مرتع و تبدیل آن به اراضی کشاورزی داشت؛ که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Azimi Sardari و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود بیشترین افزایش سطح را در اراضی کشاورزی و کمترین را در اراضی مرتعی مشاهده کردند. نتایج مطالعه Naseri Rad و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان از افزایش اراضی کشاورزی و کاهش سطح اراضی جنگلی داشت. همچنین بیش از ۳۳۰۰ هکتار از اراضی مرتعی در این دوره تحت کشت دیم قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تمایل مردم منطقه به تخریب اراضی طبیعی و تبدیل به زراعت است که لازم است در این مورد تدابیر لازم اتخاذ گردد. مطالعه Meratifar و همکاران (۲۰۱۴) کاهش اراضی مرتعی و افزایش اراضی کشاورزی را در منطقه حفاظت شده بیجار نشان داد.

آشکارسازی تغییرات به‌موقع از عوارض سطح زمین برای درک روابط و فعل و انفعال‌های بین انسان و پدیده‌های طبیعی به‌منظور تصمیم‌گیری بهتر برای مدیریت و استفاده بهینه از منابع بسیار مهم است (Ghanbari, 2006). از این‌رو در این تحقیق سعی شده است میزان، نوع و نرخ تغییرات گستره کاربری‌ها و پوشش گیاهی به‌وجود آمده با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های TM و OLI توسط دو روش آشکارسازی تغییرات مقایسه پس از طبقه‌بندی و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گیرد.

نتایج ارزیابی صحت نقشه حاصل از طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال بر روی تصاویر TM و OLI نشان داد که دقت هر یک از تصاویر طبقه‌بندی شده TM و OLI در روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش حداکثر احتمال در حد بالا و قابل‌قبول بوده است. با توجه به صحت کلی ۹۲/۰۹ درصد در طبقه‌بندی تصویر TM و ۹۲/۶۶ درصد در تصویر OLI می‌توان بیان کرد که این دو تصاویر قابلیت تهیه نقشه گستره مد نظر را در هر مقطع زمانی دارند و می‌توانند برای بررسی آشکارسازی تغییرات مورد استفاده قرار گیرند. نتایج نشان داد که عواملی نظیر تشابه بازتاب بعضی از اراضی که باعث عدم تفکیک دقیق طبقات می‌شود به دلیل عدم تشابه بازتاب آن‌ها، به‌عنوان خطا طبقه‌بندی شده اند، از عوامل خطا بودند که باعث کاهش صحت شده است؛ بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت با توجه به صحت به‌دست آمده از تصاویر TM و OLI، این دو سنجنده قابلیت شناسایی تغییرات را دارا می‌باشند.

نتایج نشان داد بهره‌برداری جنگل و افزایش شدید رشد جمعیت روستاها و شهرها و نیاز آن‌ها برای مسکن و عوامل اقتصادی باعث کاهش در سطح جنگل شده است. مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده حاصل از روش‌های به‌کار گرفته شده در این تحقیق با نقشه واقعیت زمینی نشان داد که روش‌های مورد استفاده دارای صحت‌های متفاوتی در شناسایی مناطق تغییر و

تغییر و عدم تغییر می‌باشند. نتایج نشان داد که روش مقایسه پس از طبقه‌بندی نسبت به روش دیگر تعیین تغییرات دارای صحت کلی و ضریب کاپای بیشتری است.

بر اساس نتایج حاصله سطح وسیعی از اراضی جنگلی منطقه در طی تقریباً دو دهه به اراضی غیرجنگلی همانند کشاورزی و مرتع تبدیل شده‌اند که نشان‌دهنده وضعیت نه‌چندان مناسب حفاظت از منطقه است. در طی این سالیان شخم زیراشکوب اراضی جنگلی زمینه برای تبدیل و تخریب جنگل به‌وجود آمده است. از طرفی وجود خشک‌سالی‌های اخیر و وجود بیماری زوال بلوط باعث شده است که درختان جنگلی بیش از پیش رو به‌سوی نابودی و تخریب پیش روند. همچنین بیش از ۳۳۰۰ هکتار از اراضی مرتعی در این دوره تحت کشت دیم قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تمایل مردم منطقه به تخریب اراضی طبیعی و تبدیل به زراعت است که لازم است در این مورد تدابیر لازم اتخاذ گردد. نتایج نشان داد که ۸۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص NDVI کاهش شاخص و یا به‌عبارتی کاهش پوشش گیاهی داشته است که نشان‌دهنده تخریب است.

Mirzapour و همکاران (۲۰۱۹) نیز تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ را بررسی کردند که نتایج مطالعه آن‌ها نشان از کاهش سطح مراتع داشت. Hishe و همکاران (۲۰۱۸) نیز در ارزیابی صورت گرفته در شمال اتیوپی افزایش سطح زمین‌های کشاورزی را مشاهده کردند.

تخریب و تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی تخریب اراضی با پوشش طبیعی و فرسایش خاک را به دنبال دارد (Falahatkar, 2016). از دلایل، رعایت نکردن اصول اکولوژیکی، افزایش رشد جمعیت، مشکلات اقتصادی-اجتماعی جنگل‌نشینان از جمله دلایل کاهش جنگل‌ها و مراتع و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی است (Heidarizadi & Mohammadi, 2015).

### نتیجه‌گیری کلی

مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده حاصل از روش‌های به‌کار گرفته شده در این تحقیق با نقشه واقعیت زمینی نشان داد که روش‌های مقایسه پس از طبقه‌بندی و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی، تغییرات را با درستی نسبی بالایی شناسایی می‌کنند. همچنین این روش‌ها دارای صحت‌های متفاوتی در شناسایی مناطق

### References

- Abolalizadeh, Z. & Ebrahimi, A. (2015). Land cover change prediction in Sabzkouh protected area using CA-Markov modeling. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22(1), 21-30. (In Persian)
- Alawamy, J. S., Balasundram, S. K., Mohd Hanif, A. H. & Boon Sung, C. T. (2020). Detecting and analyzing land use and land cover changes in the region of Al-Jabal Al-Akhdar, Libya using time-series landsat data from 1985 to 2017. *Sustainability*, 12(4490), 1-24. Doi: 10.3390/su12114490.
- Alavi Panah, S. K., Ehsani, A. H. & Omid, P. (2003). Investigation of desertification and land changes of Damghan playa using multi-time and multi-spectral satellite data. *Desert Magazine*, 9(51), 144-154. (In Persian)
- Arekhi, S., Niazi, Y. & Arzani, H. (2011). Comparing various techniques for land use/cover change detection using RS & GIS (case study: Daresher Catchment, Ilam province). *Environmental Sciences*, 8(3), 81-96. (In Persian)
- Azimi Sardari, M. R., Bazar Afshan, U., Panagapoulos, T. & Rafiei Sardoui, E. (2007). Modeling land use change using artificial neural network and Markov chain (case study: Esteghlal dam, Minab Watershed). *Journal of Natural Biology Iranian Natural Resources*, 73(1), 103-114. (In Persian)
- Darwish Sefat, A. A. (1998). *Remote Sensing Textbook. Faculty of Natural Resources. University of Tehran.* (In Persian)
- Falahatkar, S., Hosseini, S. M., Salman Mahiny, A. R. & Ayoubi, S. H. (2016). Prediction of land use/ cover change by using LCM model. *Environmental Research*, 7(13), 163-174. (In Persian)
- Fathi Zad, H., Karimi, H., Tazeh, M. & Tavakoli, M. (2014). Predicting of land use and land cover change in arid and semi-arid regions using satellite image and Markov

- chain model (case study: Doiraj Basin, Ilam province). *Journal of Desert Management*, 3, 61-76. (In Persian)
- Ghanbari, F. (2008). *Investigation of methods for detecting temporal changes using satellite and aerial photography*. Seminar 2, M.Sc., Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Forestry. (In Persian)
  - Heidarizadi, Z. & Mohammadi, A. R. (2015). Predicting land use changes in Mehran plain using automatic- arkov cell model. *Journal of Desert Ecosystem*, 5(10), 57-68. (In Persian)
  - Hishe, S., Bewket, W., Nyssen, J. & Lyimo, J. (2018). Analyzing past land use land cover change and CA Markov based future modeling in the Middle Suluh Valley, Northern Ethiopia. *Geocarto International*, 35(3), 225-255. Doi: 10.1016/j.envc.2021.100419.
  - Jafareiyani, N., Mirzaei, J. & Karami, O. (2020). The trend of land use change in Manasht-Ghalarang protected area using satellite imagery. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 18(1), 14-30. Doi: 10.22092/ijfrpr.2020.341865.1416. (In Persian)
  - Jensen, J. R. (2004). Digital change detection. *Introductory digital image processing: A Remote Sensing Perspective*, pp. 467-494. New Jersey: Prentice-Hall.
  - Makhdoom, M., Darvish Sefat, A. A., Jafarzadeh, H. & Makhdoom, A. R. (2004). *Environmental Assessment and Planning with GIS*. University of Tehran Press. (In Persian)
  - Meratifar, M., Kaboudvandpour, S. & Aman Elahi, J. (2014). *Validation of Ca-Markov and GEOMOD models to predict land use change in Bijar protected area*. Master Thesis in Environment, University of Kurdistan. (In Persian)
  - Mirzapour, H., Haghizadeh, A., Zinivand, H. & Tahmasbipour, N. (2019). Predicting land use changes using the auto Cell-Markov model in the windy watershed of Lorestan. *Hydrogeomorphology*, 5(20), 79-99. (In Persian)
  - Naseri Rad, S., Naghavi, H., Soosani, J. & Nouredini, A. R. (2019). Modeling the spatial changes of Zagros forests using satellite imagery and LCM model (case study: Bastam, Selseleh). *Geography and Development*, 54, 107-120. (In Persian)
  - Neshat, A. (2002). *Analysis and evaluation of land use changes and land cover using remote sensing data and geographic information system in Golestan province*. Master Thesis in Remote Sensing, Tarbiat Modares University. (In Persian)
  - Rahdari, V., Maleki, S., Afsari, K. H., Abtin, E., Piri, H. & Fakhireh, A. (2011). Monitoring land use changes in Hamoon Wildlife Sanctuary from 1986 to 2009 using satellite imagery and GIS. *Iranian Remote Sensing & GIS*, 3(2), 59-70. (In Persian)
  - Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Goudie, A. S. & Kahn, R. A. (2013). Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: the case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Science of the Total Environment*, 463, 552-564. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.06.045.
  - Rezaei Banafsheh, M., Rostamzadeh, H. & Faizi Zadeh, B. (2007). Investigating and evaluating the process of changing forest levels using remote sensing and GIS (case study of Arasbaran forests). *Journal of Geographical Research*, 62, 143-159. (In Persian)
  - Sarhangzadeh, J. (1995). *Land management of Arasbaran protected area, master's thesis*. Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University. (In Persian)
  - Singh, N. & Punia, M. (2018). Geospatial approach for land use/land cover change prediction: a case study of Bhagirathi Basin, uttarakhand, INDIA. *In 42nd COSPAR Scientific Assembly*, 42.
  - Sundarakumar, K., Harika, M., Begum, S. A. & Yamini, S. (2012). Balakrishna land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada city using a landsat data. *Engineering Science & Technology*, 4, 170-178.





## Economic Valuation of Ecosystem Services: A Review of Concepts and Methods

Fatemeh Mohammadyari<sup>1\*</sup> and Ardavan Zarandian<sup>2</sup>

1- Ph.D, Evaluation and Land Use Planning, Faculty of Natural Resources, Malayer University, Malayer, Iran

2- Assistant Professor, Research Group of Environmental Assessment and Risks, Research Center for Environmental and Sustainable Development (RCESD), Tehran, Iran

\*Corresponding author: m.fatima.1364@gmail.com

(Received: 8 January 2022

Revise: 6 February 2022

Accepted: 14 February 2022)

### Extended Abstract

**Introduction:** Ecosystems, if properly managed, provide a vital variety of services such as the production of goods for human beings. Therefore, they need to be protected and developed as a fundamental solution to achieve sustainable development and ensure the well-being of generations. Ecosystem services are natural activities and functions necessary for human well-being. Understanding the value of natural property as one of the preconditions for sustainable development reveals the significance of valuation. In fact, valuing ecosystem services is one of the main tools for protecting the environment and natural resources. Using economic valuation ways in actual policy making is a rare phenomenon. Analyzing the valuation studies shows the need in future to strengthen the sectors that affected by economic valuation regarding decision making.

**Materials and Methods:** Topics presented in this article are based on a review of the scientific literature on the economic valuation of ecosystem services, concepts of ecosystem services and classification of services based on the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), interviews with experts from various academic and research centers and library studies and Internet sites.

**Results and Discussion:** Monetary arguments for recognizing the relative importance of different forms of ecosystem services and natural capital may not be universally accepted, but they can be useful and convincing for decision makers. In other words, if they do not value the benefits provided by nature, they are considered worthless and the current trend in the decline and destruction of natural systems will continue. In environmental policies and natural resources, economic evaluation involves determining the monetary value of changes in services and the functions and shares of natural capital. A valuation of natural resources and the environment by economists contributes to understanding the benefits of the environment, helps decision makers and planners become cognizant of the environmental issues, and specifies the relationship between economic policies and natural incomes. If the valuation of environmental services and natural resources is based on units that are not comparable to other goods, it is supposed that these services are free. In fact overlooking the value of these services, at the level of decisions, leads to the adoption of unsustainable policies. Thus, the economic valuation of natural resources helps managers plan the protection and sustainable use of the environment and natural resources by raising the quantitative value of ecosystem goods and services.

**Conclusion:** Evaluating ecosystem services is an effective way for managers to evaluate how costs are allocated to valuable ecosystem services. Given that many natural ecosystem services are not traded in the market and the willingness of people to pay for receiving these services is not clear, methods of valuing natural ecosystem services and goods have always been considered by experts as a central issue in natural resource economics. According to the review of economic valuation methods, it can be said that researchers are focusing on the Contingent Valuation (CV) method due to its simplicity and flexibility to apply. Nevertheless, one of the chief criticisms of the CV method is that results are generally inflated as respondents do not face a real budget constraint and tend to say yes. This often leads to loss of validity and exaggeration. Therefore, the use of Choice Experiment (CE) and Benefit Transfer methods are preferable. The benefit transfer method is an effective method for developing countries. In fact, this method will be suitable when there is sufficient time to conduct economic evaluation or studies on the cost of environmental damage. Although the purpose of economic valuation, regardless of how it is done, is to assist decision makers in implementing public policy and environmental and natural resource planning. However, due to the new approach of the selection test method and its optimal ability to evaluate ecosystem services, it is suggested that more studies be carried out with this method. Therefore, due to the importance of economic valuation of ecosystem goods, the scientific community in Iran should continue further research on economic valuation. These studies can help shift from hypothetical to real markets and highlight the vital role of ecosystem services in society.

**Keywords:** Benefit transfer, Choice experiment, Economic valuation, Ecosystem services, Willingness to pay.

**Citation:** Mohammadyari, F. & Zarandian, A. (2022). Economic valuation of ecosystem services: a review of concepts and methods. *Integrated Watershed Management*, 1(2), 63-81. doi: 10.22034/iwm.2022.250823

### 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>).



## ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم: مروری بر مفاهیم و روش‌ها

فاطمه محمدیاری<sup>۱\*</sup> و اردوان زرندیان<sup>۲</sup>

۱- دکتری آمایش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران  
 ۲- استادیار گروه ارزیابی و مخاطرات محیط‌زیست، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران

\*نویسنده مسئول: m.fatima.1364@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸

### چکیده

اکوسیستم‌ها، اگر به‌درستی مدیریت شوند، یک جریان خدماتی مانند تولید کالاها را که برای انسان‌ها حیاتی است، ارائه می‌دهند؛ بنابراین ضرورت حفاظت و توسعه آن‌ها به‌عنوان راه‌حلی اساسی برای دستیابی به توسعه پایدار و تضمین رفاه نسل‌ها مطرح است. یکی از مقدمات اصلی توسعه پایدار، درک ارزش سرمایه‌های طبیعی است و توجه به این امر، اهمیت مفهوم ارزش‌گذاری را آشکار می‌سازد. خدمات اکوسیستم به خدمات و محصولات ارائه شده توسط یک اکوسیستم تحت شرایط اکولوژیکی مناسب و یکپارچگی ساختاری و عملکردی برای رفاه انسان اشاره دارد. در واقع ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم یکی از ابزارهای اصلی حفاظت از محیط‌زیست و منابع طبیعی است. از اهداف ارزش‌گذاری منابع طبیعی و محیط‌زیست که توسط اقتصاددانان صورت می‌گیرد، می‌توان به مواردی مثل شناخت و فهم منافع محیط‌زیستی توسط انسان، کمک به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان از طریق ارائه‌ی مسائل زیست‌محیطی کشور به آن‌ها و همچنین ارتباط میان سیاست‌های اقتصادی و درآمدهای طبیعی اشاره کرد. اگر ارزش‌گذاری خدمات زیست‌محیطی و منابع طبیعی بر حسب واحدهایی باشد که قابل قیاس با سایر کالاها نباشد، برای انسان‌ها این تصور به‌وجود می‌آید که این خدمات رایگان هستند. در واقع عدم توجه به ارزش این خدمات، در سطح تصمیم‌گیری‌ها منجر به اتخاذ سیاست‌های ناپایدار می‌شود؛ بنابراین ارزش‌گذاری اقتصادی منابع طبیعی با مطرح کردن ارزش کمی کالاها و خدمات اکوسیستم، مدیران را در برنامه‌ریزی حفاظت و بهره‌برداری پایدار محیط‌زیست و منابع طبیعی یاری می‌دهد. بر این اساس در این مطالعه ضمن مروری بر مفاهیم و روش‌های ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم به معرفی چند روش پر کاربرد پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آزمون انتخاب، ارزش‌گذاری اقتصادی، انتقال سود، تمایل به پرداخت، خدمات اکوسیستم.

استناد: محمدیاری، ف. و زرندیان، ا. (۱۴۰۰). ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم: مروری بر مفاهیم و روش‌ها. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۲)، ۸۱-۶۳.

### حق چاپ:



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

## مقدمه

کره زمین به‌عنوان بستری برای حیات، دارای اکوسیستم‌های متعدد و متنوعی است که به شکل‌های مستقیم و غیرمستقیم در حیات و معاش انسان، نقش مهمی دارد و خدمات و تولیدات مختلفی را در اختیار می‌گذارد (Ghaemi & Panahi, 2011). اکوسیستم را می‌توان با جریان بازیافت مواد مغذی در طول مسیرهای ساخته شده از زیرسیستم‌های زنده که در نقش‌های فرآیندگرا سازمان یافته‌اند و زیرسیستم‌های زنده و غیرزنده را به هم متصل می‌کند، تعریف کرد (Shaw & Allen, 2018). فرآیندهای اکوسیستم، هم‌کنشی‌های پیچیده میان اجزاء زیستی و غیرزیستی از طریق مجموعه‌ای از فعل و انفعالات فیزیکی، شیمیایی و زیستی هستند که ساختار اکوسیستم را به عملکرد و نهایت به خدمات اکوسیستم تبدیل می‌کنند (deGroot et al., 2002). خدمات اکوسیستم به خدمات و محصولات ارائه شده توسط یک اکوسیستم تحت شرایط اکولوژیکی مناسب و یکپارچگی ساختاری و عملکردی برای رفاه انسان اشاره دارد (Xie et al., 2021). مفهوم خدمات اکوسیستم این ایده را مطرح می‌کند که جوامع انسانی به‌طور نزدیک به اکوسیستم‌های طبیعی و موجوداتی که میزبان آن‌ها هستند، وابسته هستند (Barot et al., 2017). بنابراین، این مفهوم در سراسر رشته‌های علمی منابع طبیعی و اجتماعی ادغام شده و بخش‌های مختلف و ذینفعان را به بحث در مورد مدیریت منابع طبیعی اختصاص می‌دهد (Mohammadyari et al., 2019a). از دست دادن خدمات اکوسیستم بسیاری از محققان و سازمان‌های برجسته در سراسر جهان را بر آن داشته است تا پیشنهاد‌های جدیدی برای ارزیابی مجدد رابطه بین جامعه و خدمات اکوسیستمی ارائه دهند (Costanza et al., 2014). یکی از مکانیسم‌هایی که می‌توان برای چارچوب‌بندی مجدد رابطه بین جامعه و خدمات اکوسیستمی استفاده کرد، تعیین ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی است

(Perez-Verdin et al., 2016). بر این اساس به‌منظور ملموس شدن ارزش این خدمات، کمی‌کردن آن‌ها و سپس ارزش‌گذاری اقتصادی منابع غیربازاری به‌منظور شناسایی تمامی منابع موجود در یک جامعه، امری ضروری است. به‌عبارت دیگر ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم یکی از ابزارهای اصلی حفاظت از محیط‌زیست و منابع طبیعی است (Balasubramania, 2020). ارزش‌گذاری کارکردها و خدمات غیربازاری به‌دلایل زیادی از جمله شناخت و فهم منافع زیست‌محیطی و بوم‌شناسی توسط انسان‌ها، ارائه مسائل محیطی کشور به تصمیم‌سازان و برنامه‌ریزان، فراهم آوردن یک ارتباط میان سیاست‌های اقتصادی و درآمدهای طبیعی، سنجش نقش و اهمیت منابع محیط‌زیستی در حمایت از رفاه انسانی و توسعه پایدار، اصلاح مجموعه محاسبات ملی مانند تولید ناخالص ملی و جلوگیری از تخریب و بهره‌برداری بی‌رویه منابع طبیعی اهمیت دارد. تصمیم در مورد ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم موضوعی بنیادی است که زیر بنای مسائل زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهد (Balali et al., 2019). اگرچه مسائل زیست‌محیطی اغلب به‌صورت مفهومی مرتبط با واقعیات ترسیم می‌شوند اما شناخت ارزش‌های این دو موضوع مورد توجه قرار نمی‌گیرد. با توجه به اینکه در جهان امروزی، مشکلات افزایش روزافزون جمعیت، تأمین نیازهای مجموعه شهری، تداوم منابع برای نسل‌های آینده و حفظ محیط‌زیست در سطح کره زمین وجود دارد؛ بنابراین لازم است که شناخت و آگاهی از ارزش‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی در برنامه‌ریزی‌های آمایش سرزمین در نظر گرفته شود. برای ارزش‌گذاری در مورد جنبه‌های مختلف خدمات اکوسیستم، داشتن آگاهی از علوم مربوطه ضروری است اما این کار به نحوه قضاوت از موارد استفاده و زیباشناسی محیط‌زیست و منابع طبیعی و مسئولیت‌های اخلاقی در قبال سایر موجودات و نسل‌های آینده نیز مربوط است. در نتیجه، برای انتخاب

به لحاظ روش‌شناختی بر سه گام (الف) مرور مفاهیم خدمات اکوسیستم و ارزش‌گذاری اقتصادی این خدمات؛ (ب) مروری بر روش‌های پرکاربرد در زمینه ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم و (ج) مرور مطالعات در زمینه ارزش‌گذاری در ایران و جهان استوار است.

### نتایج و بحث

استدلال‌های پولی برای تشخیص اهمیت نسبی اشکال مختلف خدمات اکوسیستم و سرمایه‌های طبیعی ممکن است مورد قبول همه واقع نشود، اما این چارچوب می‌تواند برای تصمیم‌گیرندگان مفید و قانع‌کننده باشد (Tinch *et al.*, 2019). به عبارت دیگر اگر برای مزایای ارائه شده توسط طبیعت هیچ ارزشی قائل نشوند، به عنوان "بی‌ارزش" تلقی می‌شوند و روند فعلی در زوال و تخریب سیستم‌های طبیعی ادامه خواهد داشت (Mace, 2014). بر این اساس، ارزش‌گذاری می‌تواند به بهبود تصمیم‌سازی‌ها کمک کند و باعث شود که نگرانی‌های زیست‌محیطی و منابع طبیعی حتی در بخش‌هایی که عمدتاً بر حفاظت متمرکز نیستند به طور کامل در یک "زمینه بازی مساوی" با نگرانی‌های اقتصادی و اجتماعی در نظر گرفته شود (Tinch *et al.*, 2019). در سیاست‌های محیط‌زیستی و منابع طبیعی، ارزیابی اقتصادی شامل تعیین ارزش پولی تغییر (کاهش یا خسارت) خدمات و عملکردها و سهام سرمایه‌های طبیعی می‌باشد. این ارزش پولی، در شکل مؤثر خود، همان قیمت‌ها هستند (Venkachalam, 2003). بدیهی است که ارزش‌گذاری پولی رویکردی عاری از نقص برای سنجش ارزش کل اکوسیستم‌های طبیعی در اختیار قرار نمی‌دهد، اما از آنجایی که در سیاست‌های برنامه‌ریزان، تصمیم‌گیران نیازمند واحدی هستند که با آن هزینه‌ها و فایده‌های گزینه‌های مختلف سیاسی را مقایسه کنند، بنابراین رایج‌ترین واحد، یک واحد پولی است (Zarandian & Modiriasar, 2010). رویکرد ارزش‌گذاری اقتصادی منابع بر اساس ترجیحات مردم برای تغییرات محیط خود می‌باشد. سودها و زیان‌های محیط‌زیستی در قالب اصطلاحاتی چون افزایش

بهترین کاربرد از بین کاربری‌های مختلف طبیعت، ارزش‌گذاری لازم است (Azizi & Sayyedani, 2013). با توجه به اینکه مطالعه ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی، دانش ما را نسبت به ارزش اکوسیستم‌ها به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد، هدف این مطالعه مرور مفاهیم خدمات اکوسیستم و روش‌های ارزش‌گذاری آن‌ها به‌عنوان یک ابزار مهم برای افزایش توجه به خدمات اکوسیستم در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی و منابع طبیعی است. در واقع تلاش‌های لازم برای برآورد ارزش پولی خدمات اکوسیستم‌ها، نقش مضاعفی در مدیریت تلفیقی انسان و سیستم‌های طبیعی ایفا می‌کند. در سطح خرد، مطالعات ارزش‌گذاری باعث دستیابی به اطلاعات مربوط به کارکرد و ساختار اکوسیستم‌ها و نقش متنوع و پیچیده‌ی آن‌ها در حمایت از رفاه انسانی شده و در بعد کلان، ارزش‌گذاری اکوسیستم می‌تواند در ایجاد و اصلاح شاخص‌های رفاه انسانی و توسعه پایدار مشارکت داشته باشد (Mohammadyari, 2021)؛ بنابراین ارزش‌گذاری اقتصادی را می‌توان به‌گونه‌ای سازنده و مثبت در هر چه بهتر نمودن سیاست‌های محیط‌زیستی و منابع طبیعی دخالت داد. بنابراین کمی‌کردن این منافع از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در واقع با انجام ارزش‌گذاری‌های اقتصادی منابع متعددی که از سرزمین و اکوسیستم‌ها حاصل می‌شوند، می‌توان به افزایش آگاهی دست‌اندرکاران و تصمیم‌گیران، دربارهٔ فواید اقتصادی حاصل از مدیریت پایدار سرزمین کمک کرد.

### روش انجام پژوهش

مباحث ارائه شده در این پژوهش بر مبنای مرور ادبیات علمی حاکم بر مقوله ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم، مفاهیم خدمات اکوسیستم و طبقه‌بندی خدمات بر اساس ارزیابی اکوسیستم هزاره (MEA, 2005)، مصاحبه با متخصصان از مراکز مختلف دانشگاهی و تحقیقاتی و مطالعات کتابخانه‌ای و پایگاه‌های اینترنتی بوده است. در این راستا این پژوهش

سوخت‌زیستی، آب شیرین و منابع‌زیستی اشاره کرد. فوایدی که حاصل تنظیم فرآیندهای اکوسیستمی است را خدمات تنظیم‌کننده می‌گویند که از مهمترین این خدمات می‌توان به تنظیم اقلیم، آب و هوا و تنظیم بلایای طبیعی اشاره کرد. همچنین فواید غیرمادی حاصل از اکوسیستم‌ها مانند ارزش‌های اخلاقی، تفریحی و اکوسیستمی را خدمات فرهنگی می‌نامند. چرخه مواد مغذی و فتوسنتز را نیز به‌عنوان خدمات حمایتی یا خدمات لازم برای تولید دیگر خدمات اکوسیستمی تعریف می‌کنند (Mohammadyari, 2021). در جدول ۱ انواع خدمات اکوسیستمی آمده است.

کاهش سلامتی انسانی، تعریف شده‌اند (رفاه یا سودمندی) که این به نوبه خود، توسط تمایل افراد به پرداخت یا پذیرش اندازه‌گیری می‌شود (Zarandian & Modiriasar, 2010). اگر این مقادیر محاسبه شوند، ارزش‌گذاری اقتصادی امکان مقایسه اثرات محیط‌زیستی را با همان هزینه‌های مالی پایه و منافع حاصل از هر گونه پروژه یا سیاستی فراهم می‌کند. بر اساس ارزیابی اکوسیستم هزاره، خدمات اکوسیستم شامل تولیدی<sup>۱</sup>، تنظیمی<sup>۲</sup>، فرهنگی<sup>۳</sup> و حمایتی<sup>۴</sup> می‌باشد (Finisdore et al., 2020). در میان خدمات تولیدی یا کالاهایی که از اکوسیستم‌ها فراهم می‌شود می‌توان به غذا، فیبر،

جدول ۱- انواع خدمات اکوسیستمی  
Table 1- Types of ecosystem services

تعریف	زیر طبقه	خدمت
<b>خدمات تولیدی</b>		
گیاهان کشت شده یا محصولات زراعی که توسط مردم برای مصرف انسانی یا حیوانی برداشت می‌شوند.	محصولات	
پرورش حیوانات برای مصارف خانگی و تجاری	دام	
صید ماهیان وحشی به شیوه‌های ترال یا سایر روش‌های غیرپرورشی	صید ماهی	غذا
پرورش ماهی، صدف یا گیاهانی که در برکه‌ها، استخرها و سایر محدوده‌های آبی شیرین و شور برای برداشت آبی نگهداری می‌شوند.	آبزی پروری	
گونه‌های گیاهی و حیوانی قابل خوردن که از مناطق وحشی صید می‌شوند.	غذای وحشی	
محصولاتی که از درختان برداشت شده از اکوسیستم‌های جنگلی، دست کاشت و یا زمین‌های غیرجنگلی ساخته می‌شوند.	الوار و چوب	
فیبرهای غیرچوبی و غیرسوختی که از محیط‌زیست طبیعی برای استفاده‌های مختلف استخراج می‌شوند.	سایر فیبرها	فیبر
مواد زیستی که از موجودات زنده گیاهی و حیوانی به‌عنوان منبع تأمین انرژی مشتق می‌شوند.	-	سوخت زیستی
بدنه‌های آب داخلی، آب‌های زیرزمینی، آب باران و آب‌های سطحی برای استفاده‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی	-	آب شیرین
ژن‌ها و اطلاعات ژنتیکی مورد استفاده برای زادآوری حیوانات، بهبود گیاهان و زیست فناوری داروها، افزودنی‌های غذایی و سایر مواد زیستی مشتق شده از اکوسیستم‌ها برای استفاده‌های تجارتي و خانگی	-	منابع ژنتیک
	-	مواد بیوشیمیایی
<b>خدمات تنظیم‌کننده</b>		
ظرفیت اکوسیستم‌ها در کاهش آسیب‌های ناشی از بلایای طبیعی مانند آتش‌سوزی و سونامی		تنظیم بلایای طبیعی
اثراتی که اکوسیستم‌ها بر اقلیم جهانی از طریق حذف گازهای گلخانه‌ای یا آتروسلف‌ها دارند.	جهانی، محلی و منطقه‌ای	تنظیم اقلیم
نقشی که پوشش گیاهی در تثبیت خاک ایفا می‌کند.		کنترل فرسایش

## ادامه جدول ۱

تعریف	خدمت
<b>خدمات فرهنگی</b>	
ارزش‌های الهام‌بخش، مذهبی، زیباشناختی و ذاتی و سایر ارزش‌هایی که مردم برای اکوسیستم‌ها و گونه قائل هستند.	ارزش‌های اخلاقی
موجودیت یک منبع برای آن قائل هستند صرف‌نظر از اینکه هیچ‌گاه بخواهند از آن منبع استفاده نمایند.	ارزش‌های وجودی
لذت تفریحی که مردم از زیست‌بوم‌های طبیعی و تحت کشت به‌دست می‌آورند.	تفریحی و اکوتوریسمی
<b>خدمات حمایتی</b>	
فرآیندهایی که به‌واسطه آن‌ها مواد مغذی مانند فسفر، سولفور و نیتروژن از منابع معدنی، آبی و اتمسفری استخراج می‌شوند و یا به‌صورت چرخه‌ای از موجودات زنده در نهایت به اتمسفر، خاک و آب برمی‌گردند.	چرخه مواد مغذی
فرآیندهایی که به‌واسطه آن‌ها مواد آلی مورد تجزیه قرار می‌گیرند تا خاک به‌وجود آید.	تشکیل خاک
تولید مواد زنده از طریق جذب و انباشت انرژی و مواد مغذی توسط موجودات زنده	تولید اولیه
فرآیندهایی که تحت آن‌ها دی‌اکسید کربن، آب و نور خورشید برای تولید قند و اکسیژن با هم ترکیب می‌شوند.	فتوسنتز
جریان آب از طریق زیست‌بوم‌ها به شکل‌های جامد، مایع و گازی	چرخه آب

(Mohammadyari, 2021).

می‌آورد که شامل منابع تجدید شونده و غیرقابل تجدید، مخزنی برای جذب ضایعات، مجموعه‌ای از مطبوعیت‌هایی برای مصرف‌کنندگان (چشم‌انداز طبیعی و امکانات رفاهی) و سیستمی برای حمایت از زندگی می‌باشد. در انواع ارزش‌های اقتصادی بیشتر ارزش‌گذاری‌های اقتصادی منابع طبیعی به‌وجود دارایی، کالا و بازاری نیازمند هستند که دارای عملکرد کارآمد باشند. در کشورهای در حال توسعه به‌دلیل دخالت گسترده دولت در فعالیت‌های اقتصادی، قدرت ارزش‌گذاری محدودتر از کشورهای توسعه‌یافته است. دانشمندان اقتصاد محیط‌زیست معتقدند انجام ارزش‌گذاری اقتصادی برای خدمات و منافع غیربازاری و محیط‌زیست امری ضروری می‌باشد و انکار ارزش آن‌ها در درازمدت نتیجه‌ای جز پیشیمانی در پی ندارد. ارزش‌گذاری اقتصادی روشی برای برآورد ارزش پولی این نوع خدمات می‌باشد تا ارزش بالقوه اکوسیستم‌ها در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و ارزش حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی بیشتر مدنظر و نیز تصمیم‌گیری و مدیریت بهره‌برداری قرار گیرد (Kant, 2007).

**ارزش اقتصادی**

واژه ارزش در زبان فارسی اسم مصدر ارزییدن و به معنای شایستگی، قابلیت و برازندگی است و در زبان انگلیسی

در ادامه به تعاریف واژه‌های به‌کار رفته در ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم پرداخته می‌شود:

**اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی**

اقتصاد منابع طبیعی، بخش کاربردی علم اقتصاد به‌شمار می‌آید و به این دلیل که در مباحث اقتصاد منابع، بیش از آنکه به کشف نظریه‌های اقتصادی پرداخته شود، روش‌های کنترل و تخصیص بهینه منابع اهمیت یافته و در این راستا، ابزار قیمت که انسان را در مصرف غیراقتصادی منابع متقاعد می‌سازد، مورد آزمون قرار می‌گیرد. قیمت در بازارهای منابع طبیعی وظیفه دوگانه‌ای را ایفا می‌کنند. نخست، تخصیص منابع میان مصرف‌کنندگان یا تولیدکنندگان و سپس تأمین سود صاحبان منابع که خود آن‌ها از افراد جامعه هستند (Amirnejad & Moayedian, 2013). اقتصاد محیط‌زیست نیز شاخه‌ای از علم اقتصاد است که با توجه به اصول و مبانی علم اقتصاد به مطالعه و بررسی جریان پسمانده‌های ناشی از فعالیت‌های اقتصادی به طبیعت می‌پردازد (Karimzadegan, 2005). از دیدگاه اقتصاد، محیط‌زیست یک دارایی بسیار خاص است که خدمات متعددی انجام داده و در حقیقت محیط‌زیست موهبتی چند وظیفه‌ای است. به‌طور کلی محیط‌زیست دامنه وسیعی از خدمات ارزشمند از نظر اقتصادی را فراهم

منابع طبیعی ممکن است از ارزش‌هایی برخوردار باشند که با استفاده واقعی مستقیم یا غیرمستقیم بی‌ارتباط می‌باشند، اتفاق نظر خوبی وجود دارد. این ارزش‌ها که به ارزش‌های غیرمصرفی معروف‌اند هیچ رفتار قابل مشاهده‌ای را در بر نمی‌گیرند و تنها نتیجه یک تجربه ساده ذهنی هستند؛ بنابراین ارزش‌های غیرمصرفی می‌توانند در خریدهای بازار مشاهده شوند و یا بر اساس کارکردها، ارزش‌های غیرمصرفی یا ذاتی در کالاها به صورت تفکیک‌ناپذیر استنتاج شوند (Desvousges, 1995). این ارزش‌ها در برگیرنده ارزش وجودی، ارزش میراثی و ارزش انتخاب می‌باشد (Sinaei et al., 2020). ارزش وجودی، ارزش ذاتی یک منبع طبیعی و یا ارزشی که مردم فقط برای شناخت موجودیت منبع طبیعی قائل‌اند حتی اگر هرگز آن را نبینند یا استفاده نکنند، می‌باشد. ارزش میراثی یا ارزش نسل‌های آینده، مطلوبیت ناشی از آگاهی افراد در نگهداری دارایی منبع طبیعی برای نسل‌های آینده می‌باشد و ارزش انتخاب، شاخصی از درجه ترجیح افراد برای حفظ یک منبع طبیعی در برابر استفاده احتمالی افراد در آینده می‌باشد. به عبارت دیگر، ارزش وجودی به عنوان تمایل به پرداخت افراد جامعه برای حفاظت از یک منبع طبیعی، ارزش میراثی به عنوان تمایل به پرداخت<sup>۵</sup> جهت حفاظت منبع طبیعی برای منفعت نسل‌های آینده و ارزش انتخاب به عنوان تمایل به پرداخت جهت حفاظت منبع طبیعی برای فرصت‌ها و فعالیت‌های مصرفی احتمالی در آینده تعریف می‌شود (Amirnejad et al., 2020).

#### ارزش‌گذاری اقتصادی

ارزش‌گذاری یک ابزار تحلیلی است که اطلاعات مفیدی را برای تصمیم‌گیری بین گزینه‌های مختلف یا ترکیبات ممکن از مداخله‌های قابل ترجیح برای تصمیم‌گیران فراهم می‌آورد و با بازگو کردن ارزش کمی کارکردها، کالاها و خدمات اکوسیستم‌ها، برنامه‌ریزان و مدیران اجرائی، اقتصادی و اجتماعی را در برنامه‌ریزی حفاظت و

به معنای رتبه و ارزش است (Asadi Bazardeh, 2016). خدمات یا محصولات در صورتی دارای ارزش هستند که انسان برای آن‌ها، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، ارزشی قائل شود. اندازه‌گیری ارزش امری نسبی است که با توجه به بده بستان و معاملات است. در این راستا، به طور معمول، پول به عنوان یک واحد حساب استفاده می‌شود و ارزش کل جامعه، مجموع ارزش‌های فردی است (Rolfe, 2007). با توجه به اینکه ارزش اقتصادی در ارتباط با هدف حداکثرسازی رفاه بشر است، پس یک ارزش انسان‌مدارانه محسوب می‌شود یعنی آن ارزشی که برای انسان‌ها بر اساس ترجیحات پایه می‌باشد (Amirnejad & Moayedian, 2013).

#### ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم

ارزش اقتصادی کل منابع طبیعی را می‌توان به دو گروه کلی تقسیم کرد: ارزش ابزاری یا مصرفی<sup>۱</sup> و ارزش ذاتی یا غیرمصرفی<sup>۲</sup> که به ظرفیت کالا یا خدمت در ایجاد رضایت برای ترجیحات و نیازهای انسان می‌پردازد ارزش‌های مصرفی نیز به ارزش مصرفی مستقیم<sup>۳</sup> و ارزش مصرفی غیرمستقیم<sup>۴</sup> تقسیم می‌شوند (Montazer, 2016). ارزش مصرفی مستقیم، نظیر درآمدهای حاصل از چوب و الوار مواد غذایی و مواد خام و ارزش مصرفی غیرمستقیم، نظیر فعالیت‌های تفریحی، خدمات محیط‌زیست و اکولوژیکی می‌باشند (Sinaei et al., 2020). ارزش‌های منابع طبیعی نقش مهمی را در ایجاد ارزش افزوده اقتصادی ایفا می‌کنند. در دنیای امروز، وجود ارزش تفریحی منابع طبیعی سبب شکل‌گیری صنعت اکوتوریسم شده که منبع مهم درآمدی برای برخی از کشورهای در حال توسعه است (Asadi Bazardeh, 2016). ارزش‌های مصرفی را به راحتی می‌توان به وسیله قیمت‌های بازار یا ابزارهای دیگر اندازه‌گیری کرد و در فرآیندهای تصمیم‌گیری دخالت داد. میان اقتصاددانان فعال عرصه محیط‌زیست در خصوص این موضوع که در کنار ارزش‌های مصرفی،

4. Indirect use value

5. Willing To accept (WTA)

1. Use value

2. None-use value

3. Direct use value

بنابراین روش‌های ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم همواره به‌عنوان بحث محوری در اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی مورد توجه کارشناسان بوده و به همین میزان نیز از جانب طیف وسیعی از طرفداران محض محیط‌زیست و منابع طبیعی تا اخلاقیون مورد انتقاد واقع شده است. از ارزش‌گذاری مناسب کالاهای محیط‌زیستی غیربازاری به نتایج سیاستی مهمی می‌توان دست یافت. در گذشته ارزش این‌گونه کالاها به‌دلیل وجود مشکلات مربوط به تعیین ارزش‌های اقتصادی، صفر یا کم در نظر گرفته می‌شد. عدم توفیق در محاسبه‌ی مناسب ارزش بعضی از منابع محیط‌زیستی پیامدهایی به‌دنبال داشته است که این پیامدها، برای محیط‌زیست، اکوسیستم و جامعه نتایج منفی در پی داشته است (Morsali, 2019). افراد در بازار کالاهای عادی، اطلاعات نسبتاً روشنی در رابطه با مبنای ارزش‌گذاری کالاها و انتخاب آن‌ها در اختیار دارند و کالا معمولاً در معرض دید بوده، قیمت، ویژگی‌ها و کیفیت آن شناخته شده و کمیت آن نیز به‌صورت بدیهی مشخص است، لیکن کالاهای محیط‌زیستی غالباً فاقد اطلاعات قیمت بوده و تردیدهای فراوان در مورد ارزش و اهمیت و حتی میزان کمیت آن‌ها وجود دارد؛ بنابراین، در عمل مصرف‌کنندگان و سیاست‌گذاران کالای محیط‌زیستی در برابر اینکه چه چیزی را در برابر چه چیز دیگر مبادله کنند، باید به نوعی سازش برسند. رسیدن به این مرحله جز با توجه به ارزش اقتصادی دارایی‌های محیط‌زیستی ممکن نمی‌باشد (Farajzadeh *et al.*, 2010). ادبیات ارزش‌گذاری، گروه‌های مختلفی از روش‌های توسعه‌یافته را برای اندازه‌گیری ارزش اقتصادی آن دسته از ویژگی‌های خدمات اکوسیستم که در بازار مبادله نمی‌شوند، در برمی‌گیرد. در اینجا با توجه به مرور ادبیات ارزش‌گذاری اقتصادی به ذکر سه دسته از این طبقه‌بندی‌ها اکتفا می‌شود:

- دسته اول، ارزش خدمات اکوسیستم مانند تمام کالاها از دو نظر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بهره‌برداری پایدار منابع طبیعی یاری می‌دهد (Venkachatalam, 2003). ارزش‌گذاری اقتصادی، منافع حاصل از استفاده از منابع را با هزینه‌ها (هزینه‌ها همان مزایای از دست رفته هستند) مقایسه می‌کند. ارزش‌گذاری اقتصادی، فرآیند تعیین ارزش کالاها و خدمات محیط‌زیستی است. این کار به‌منظور دستیابی به یک خروجی منفرد انجام می‌شود. در ارزش‌گذاری اقتصادی کالاها و خدمات محیط‌زیستی، موجودی کالاها و خدمات در محیط‌زیست و تغییر در عملکرد هر یک از کالاها و خدمات محیط‌زیستی و منابع طبیعی مورد ارزش‌گذاری واقع می‌شود (Flemming & Cook, 2008). برآورد ارزش اقتصادی به تنهایی کمکی به حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی نخواهد کرد؛ بنابراین ارزش‌گذاری ابزاری است که باید برای یک هدف مشخص به‌کار گرفته شود. در غیر این صورت ارزش‌گذاری صرفاً اعداد و ارقامی است که به تنهایی فاقد ارزش هستند (Fatahi, 2012). با توجه به اقتصاد رفاهی<sup>۱</sup> (بخشی از علم اقتصاد، که با استفاده از تکنیک‌های اقتصاد خرد سعی در اندازه‌گیری رفاه کل دارد)، ارزش اقتصادی یک منبع را می‌توان از طریق ترجیحات فردی بیان شده به‌صورت تمایل به پرداخت یا تمایل به پذیرش<sup>۲</sup> یک تغییر در میزان عرضه منبع مورد نظر، تعیین کرد (Zarandian & Modiriasar, 2010). پذیرش افراد برای جبران از دست دادن یک منفعت محیط‌زیستی یا افزایش یک ضرر محیط‌زیستی را تمایل به پرداخت یا تمایل به پذیرش می‌گویند (Mohammadyari *et al.*, 2019b). به بیان دیگر تمایل به پرداخت برای سنجش، ارزش فرد به کالایی خاص در نظر گرفته می‌شود (Mohammadyari *et al.*, 2018).

**روش‌های ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم**  
محاسبه و برآورد ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم امری سخت و پیچیده است. با این وجود برای مدیریت و رسیدن به توسعه پایدار حیاتی است (Fatahi, 2012).

### ۱- روش‌های ارزیابی پولی (از نظر هزینه‌های مربوط به ایجاد یک تفرجگاه)

در این روش‌ها ارزش خدمات اکوسیستم از طریق برآورد هزینه (قیمت) است. از معایب این روش، این است که زبان‌های وارده بر اکوسیستم‌ها و یا هزینه‌های مصرف شده برای آن‌ها را مساوی یا کمتر از خدمات تفریحی می‌دانند که اکوسیستم مورد نظر ارائه می‌دهد. در صورتی که همواره می‌توان هزینه‌های صرف شده را جزء ارزش یک کالا منظور نمود. تفاوت بین قیمت و ارزش در این است که قیمت نشان‌دهنده مبلغی است که فرد در بازار برای خرید کالا می‌پردازد. از طرفی ارزش یک کالا برابر با قیمت آن با در نظر گرفتن مازاد مصرف کننده است (Yavari & Asadi Bazardeh, 2016).

### ۲- از نظر مطلوبیت مصرف‌کنندگان

اندازه‌گیری ارزش‌های خدمات اکوسیستم بر اساس این روش، با توجه به مطلوبیتی است که مصرف‌کنندگان برای خدمات اکوسیستم قائل هستند. این روش‌ها اکثراً به نام روش‌های اقتصادی- اجتماعی شناخته شده است که از مهمترین آن‌ها می‌توان به روش کلاسون، روش پرودن و روش استاندارد اشاره کرد (Farajzadeh et al., 2010).

- دسته دوم روش‌های ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم بر اساس دو گروه کلی رهیافت‌های ترجیح آشکار<sup>۱</sup> و رهیافت‌های ترجیح تعیین شده<sup>۲</sup> است.

### ۱- رهیافت‌های ترجیح آشکار

روش‌های ترجیح آشکار روابط بین تقاضا برای برخی از کالاهای بازار و ترجیحات کالاها و خدمات غیربازاری مرتبط را تحلیل می‌کنند (Tinch et al., 2019). روش‌های تمایل به پرداخت آشکار شده بر اساس بازارهای متعارف و پراکسی تعریف می‌شود، ولی روش‌های تمایل به پرداخت تعیین شده بر اساس بازارهای فرضی تعریف می‌شود. روش ترجیح آشکار شده به اقتصاددانان اجازه می‌دهد که با استفاده از انتخاب‌های

واقعی افراد در بازارهای مربوطه، به ارزش کالاهای محیط‌زیستی پی ببرند؛ بنابراین ارزش منابع غیربازاری کالاهای عمومی با استفاده از رفتار مصرفی افراد در بازارهای مرتبط به دست می‌آید (Pajooyan & Falihi, 2008). چهار روش متفاوت ترجیحات آشکار شده (روش هزینه سفر، روش قیمت‌گذاری مبتنی بر لذت‌گرایی، روش‌های هزینه یا ارزش بازار و روش انتقال منافع) به‌طور گسترده توسط اقتصاددانان به کار می‌رود (Zarandian, 2018).

### ۲- رهیافت‌های ترجیح تعیین شده

این رهیافت‌ها به دنبال استخراج مستقیم ارزش‌های اکوسیستم از پاسخ‌دهندگان از طریق نظرسنجی می‌باشد، به همین دلیل است که اسم دیگر آن رهیافت مستقیم است. روش‌های رهیافت‌های ترجیح تعیین شده شامل روش ارزش‌گذاری مشروط و آزمون انتخاب می‌باشد. این روش انعطاف‌پذیر است و نسبت به روش‌های رهیافت‌های ترجیح آشکار برای گروه‌های گسترده‌تری از کالاها و خدمات اکوسیستم قابل استفاده هستند. همچنین از این روش‌ها می‌توان برای تخمین ارزش اقتصادی کل یعنی ارزش‌های مصرفی و غیرمصرفی استفاده کرد. در حالی که از روش‌های رهیافت‌های ترجیح آشکار فقط می‌توان برای برآورد ارزش‌های مصرفی استفاده کرد. علاوه بر این، روش‌هایی نظیر ارزش‌گذاری مشروط و الگوسازی انتخاب تنها روش‌هایی هستند که می‌توان از آن‌ها برای تخمین ارزش‌های غیرمصرفی یا مصرف انفعالی استفاده کرد (Farajzadeh et al., 2010).

- دسته سوم روش‌های ارزیابی پولی خدمات اکوسیستمی به دو طبقه تقسیم می‌شوند:

### ۱- رهیافت‌های مبتنی بر منحنی تقاضا<sup>۳</sup>

این روش‌ها که به روش‌های مستقیم معروف هستند، به دنبال اندازه‌گیری مستقیم ارزش پولی خدمات محیط‌زیستی هستند. این امر ممکن است با جست‌وجو

می‌شود که ارزش مکان یا خدمات تفریحی آن منعکس‌کننده تمایل به پرداخت مردم جهت استفاده از آن مکان می‌باشد. از آنجا که این روش بر ارزش‌گذاری‌های فردی کالاهای محیط‌زیستی که در هزینه‌های سفر مصرف‌کنندگان آن کالای محیط‌زیستی آشکار می‌شود، به کار می‌رود، بنابراین ترجیحات مردم به‌وسیله انتخاب آن‌ها آشکار می‌شود. در این روش ترجیحات افراد در ارتباط با مطلوبیت محیط‌زیستی با بررسی اینکه بازدیدکنندگان برای بازدید از یک محل، بر حسب پول و زمان چقدر هزینه می‌کنند، برآورد می‌شود (Amirnejad & Moayedian, 2013).

#### انواع روش‌های هزینه‌ی سفر

انواع مختلف هزینه‌ی سفر، شامل الگوهای تک مکانی<sup>۴</sup> و چند مکانی<sup>۵</sup>، روش هزینه سفر منطقه‌ای<sup>۶</sup> (ZTCM)، روش هزینه سفر فردی<sup>۷</sup> (ITCM) و روش مطلوبیت تصادفی<sup>۸</sup> (RU) است (Morsali, 2019).

#### روش هزینه سفر فردی

این روش مبتنی بر نظرسنجی است که در آن با تهیه پرسشنامه از بازدیدکنندگان در یک سایت، سؤالاتی در مورد محل اقامت، تعداد دفعات مراجعه و سفر، هزینه‌ها و غیره از آنان مورد پرسش قرار می‌گیرد. با بررسی این پرسشنامه‌ها، هزینه‌های سفر را می‌توان در ارتباط با دیگر عوامل تجزیه و تحلیل کرد. سپس تابع تقاضا به‌منظور برآورد ارزش تفریح و سرگرمی از کل سایت مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fatahi, 2012). در این روش هزینه‌هایی که برای مصرف تسهیلات و امکانات تفریحی یک مکان خاص صرف می‌شوند به‌عنوان نمادی از قیمت مطرح می‌شوند. این هزینه‌ها شامل هزینه سفر، هزینه ورودیه، مخارج خود مکان و مبلغ صرف شده روی تجهیزات سرمایه‌ای است (Flemming & Cook, 2008). روش هزینه سفر به‌دلایل زیر ابزاری مناسب برای ارزش‌گذاری مکان‌های تفریحی محسوب شود:

برای بازار جایگزین به‌منظور استنتاج ترجیحات افراد و یا با پرسش از افراد برای بیان ترجیحات آن‌ها انجام شود. در این روش‌ها از منحنی تقاضا برای به‌دست آوردن ارزش اقتصادی استفاده می‌شود (Asadi Bazardeh, 2016).

#### ۲- رهیافت‌های غیرتقاضایی<sup>۱</sup>

روش‌های غیرتقاضایی در پی اندازه‌گیری مستقیم ترجیحات افراد نیستند، از این‌رو روش‌های غیرمستقیم نامیده می‌شوند. از آنجایی که این روش‌ها ارزش اقتصادی کالاهای محیط‌زیستی را از طریق منحنی تقاضا اندازه‌گیری نمی‌کنند، می‌تواند مقادیر صحیح و واقعی ارزش را ارائه دهند، اگرچه اطلاعات به‌دست آمده از این روش‌ها برای سیاست‌گذاران سودمند است (Amirnejad et al., 2020). در اینجا به معرفی روش‌های پرکاربرد ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم پرداخته می‌شود.

#### روش هزینه سفر

روش هزینه سفر، ارزش اکوسیستمی را تخمین می‌زند که مزایای تفریحی را برای انسان فراهم می‌کند. این مقدار از زمان و هزینه سفر افراد در بازدید از یک مکان به‌دست می‌آید (Badamfirooz et al., 2021). این روش در ارزش‌گذاری اقتصادی اکوسیستم‌های مختلف به‌ویژه تالاب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و فرض اساسی در آن این است که هزینه‌هایی که یک شخص در بازدید از یک مکان تفریحی متحمل می‌شود، بیانگر ارزش‌گذاری شخص برای آن مکان است (Morsali et al., 2020). روش هزینه سفر با استفاده از رویداد سفر به محیط‌های طبیعی و بهره‌مندی از زیبای‌های محیط‌زیستی، برای برآورد ارزش‌های مصرفی اقتصادی برای اکوسیستم یا مکان‌های تفریحی به‌کار می‌رود. اساس روش هزینه سفر بر این است که زمان و هزینه‌های مسافرت که مردم متحمل می‌شوند تا مکانی را بازدید نمایند، ارزش تفرجگاهی مکان را نشان می‌دهد. در این روش فرض

4. Zonal Travel Cost Method  
5. Individual Travel Cost Method  
6. Random Utility Approach

1. Non- demand approaches  
2. Singel Site Model  
3. Multiple Site Model

سرمایه‌گذاری‌های آینده، و محاسبه سایر طرح‌های تفریحی استفاده کرد.

- ارزش اقتصادی تفرجگاهی و مقایسه منحنی‌های تقاضای آن‌ها نشان‌دهنده واکنش واقعی متقاضی در برابر تفرجگاه‌های گوناگون است.

- شیوه محاسبه‌ای که در این روش به کار گرفته می‌شود، نه تنها عکس‌العمل مردم را در برابر عرضه موجود با توجه به عوامل اقتصادی و اجتماعی اندازه می‌گیرد، بلکه با مطالعه بیشتر پیشنهادها داده شده از طرف استفاده‌کنندگان، می‌توان نیازهای امروز جامعه را از نظر امکانات تفرجگاهی پیش‌بینی کرد و به این ترتیب اطلاعات حقیقی برای طرح‌ریزی آینده در دسترس قرار گیرد (Fleming & Averil, 2008).

#### روش ارزش‌گذاری مشروط<sup>۱</sup>

ارزش‌گذاری مشروط، یکی از روش‌های معمول مورد استفاده توسط اقتصاددانان و سیاست‌گذاران می‌باشد. این روش یک بازار فرضی برای کالاها یا خدمات محیط‌زیستی می‌سازد که از طریق بررسی پرسش‌نامه‌ای میزان تمایل به پرداخت افراد را برای حفظ یا تغییر در کیفیت کالا یا خدمات محیط‌زیستی محاسبه می‌نماید. به عبارت دیگر، روش ارزش‌گذاری مشروط تلاش می‌کند تا تمایل به پرداخت افراد را تحت سناریوهای بازار فرضی معین، تعیین نماید (Mohammadyari *et al.*, 2019b). در این روش تمایل به پرداخت (WTP) افراد برای حفظ وضع موجود و یا ایجاد تغییری مثبت در محیط‌زیست و اکوسیستم و همچنین تمایل به پذیرش افراد برای جبران از دست دادن یک منفعت محیط‌زیستی یا افزایش یک ضرر محیط‌زیستی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این رهیافت، هر دو ارزش قابل استفاده و غیرقابل استفاده قابل ارزیابی هستند و به دلیل این ویژگی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pearce & Turner, 1990). مهمترین مزیت این روش انعطاف‌پذیری آن است (Whitehead *et al.*, 2008). مزیت دیگر این روش نسبت به سایر روش‌ها این است

- این روش به دقت از روش‌های متعارف تجربی استفاده شده توسط اقتصاددانان، برای برآورد ارزش‌های اقتصادی بر پایه قیمت‌های بازاری پیروی می‌کند.

- این روش بر اساس رفتار واقعی آنچه که مردم واقعاً انجام می‌دهند، بیشتر از تمایل به پرداخت اظهار شده (آنچه که مردم در یک موقعیت فرضی بیان می‌کنند)، می‌باشد.

- این روش برای به‌کارگیری نسبتاً کم هزینه است.

- نتایج به دست آمده از این روش برای تفسیر و توضیح، نسبتاً راحت می‌باشد.

- بررسی و تحقیق در مورد یک مکان تفریحی، فرصت‌هایی برای نمونه‌های بزرگ‌تر فراهم می‌کند (Amirnejad & Moayedian, 2013).

#### روش هزینه سفر منطقه‌ای

روش هزینه سفر منطقه‌ای به‌طور کلی ارزشی برای خدمات تفریحی منطقه برآورد می‌کند. در این روش اطلاعاتی در زمینه تعداد بازدیدها از فواصل مختلف جمع‌آوری و به محقق اجازه می‌دهد تعداد بازدیدها را در قیمت‌های مختلف محاسبه کند تا از این اطلاعات برای ترسیم تابع تقاضای منطقه و برآورد مازاد مصرف‌کننده سودهای اقتصادی خدمات تفریحی منطقه مورد استفاده قرار دهد. اساس این روش بر تخمین رابطه بین تعداد افراد مراجعه‌کننده به یک تفرجگاه و بعد مسافت اماکن مسکونی آن‌ها از تفرجگاه قرار دارد (Fleming & Averil, 2008). این روش نسبت به سایر روش‌ها کاربردی‌تر و در مقایسه با سایر روش‌هایی که به دلیل داشتن مفهوم فرضی نمی‌توانند مورد استفاده علمی قرار بگیرند، رایج‌تر می‌باشد. روش هزینه سفر منطقه‌ای دارای قابلیت‌هایی است که عمده‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- این روش تنها روشی است که عکس‌العمل واقعی مردم را در مورد امکانات تفرجگاهی تشریح می‌کند.

- از این روش می‌توان از طریق محاسبه حساسیت تقاضا نسبت به درآمد و هزینه برای

روش برای ارزش‌گذاری موضوعات پیچیده و چند وجهی (Hanley *et al.*, 2001؛ Hanley *et al.*, 2000) اشاره کرد.

### روش انتقال سود<sup>۲</sup>

روش انتقال سود یک روش مفید برای توسعه کشورها است. این روش زمانی مناسب خواهد بود که زمان کافی برای انجام ارزیابی اقتصادی یا مطالعات ارزیابی هزینه خسارت زیست‌محیطی وجود داشته باشد (Badamfiroo *et al.*, 2021). این روش از میانگین مقادیر استاندارد شده خدمات اکوسیستم در هر اکوسیستم استفاده می‌کند. برای محاسبه هزینه‌های خدمات اکوسیستم هر بیوم با استفاده از روش انتقال سود، ارزش خدمات اکوسیستم‌های مختلف را می‌توان از پایگاه داده ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم<sup>۳</sup> استفاده کرد. پایگاه داده ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم برای ایجاد امکان ورود سیستماتیک داده، پردازش و تجزیه و تحلیل تخمین‌های پولی ارزش خدمات اکوسیستم از زیست‌بوم‌های مختلف به‌گونه‌ای است که به‌راحتی توسط کاربران نهایی مختلف قابل استفاده باشد. ESVD مبتنی بر پایگاه داده ارزش‌گذاری<sup>۴</sup> TEEB است، که مبنایی برای گزارش هزینه‌های عدم اقدامات سیاست است. این پایگاه داده اکنون حاوی بیش از ۱۳۵۰ نقطه داده ارزش منحصر به فرد است (de Groot *et al.*, 2020). با استفاده از ارزش‌های اقتصادی موجود در پایگاه داده TEEB یا ESVD و با توجه به شرایط اکولوژیکی ایران می‌توان حداقل مقدار را برای کشور در مدت یک سال تنظیم کرد (Badamfiroo *et al.*, 2021). مقادیر مربوطه باید با استفاده از داده‌های پایگاه داده‌های قدیمی‌تر به‌روز شوند (de Groot *et al.*, 2020). همچنین ارزش دلار را می‌توان از سایت مرجع Areppim به‌روزرسانی کرد (Areppim information, 2021). در نهایت، بر اساس مساحت اکوسیستم‌های متأثر از فعالیت توسعه ضرب در میانگین «ارزش‌های»/ «هزینه‌های آسیب» به خدمات

که فرد در بیان ارزش آن، ارزش استفاده و ارزش عدم استفاده هر دو را در ذهن خود لحاظ می‌کند (Alberini & Longo, 2006; Gunatilake, 2007). از سوی دیگر تمایل به پرداخت برای سنجش دادن ارزش فرد به یک کالای خاص در نظر گرفته می‌شود (Day & Maurato, 2000).

### روش آزمون انتخاب<sup>۱</sup>

روش آزمون انتخاب یا انتخاب تجربی یکی از روش‌های مطلوب و نوین برآورد ترجیحات افراد است که به‌ویژه برای موضوعات پیچیده، کاربرد فراوانی دارد (Kallas *et al.*, 2011). این روش مانند روش ارزش‌گذاری مشروط، توانایی برآورد ارزش‌های اقتصادی استفاده و غیراستفاده هر نوع منبع محیط‌زیستی و منابع طبیعی را دارد (Holmes & Adamowicz, 2003). روش آزمون انتخاب بر پایه تئوری مطلوبیت تصادفی و تئوری ویژگی‌های ارزش لانکاستر بنا شده است و در حال تبدیل شدن به روشی رایج برای ارزش‌گذاری کالاهای اکوسیستم است (Hanley *et al.*, 2001). در این روش از یک ابزار نظرسنجی استفاده می‌شود که در آن از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شود از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها که با سطوح مختلف ویژگی‌های کیفی یا کمی (مانند قیمت کالا) مشخص می‌شود، گزینه مورد نظر خود را انتخاب کنند (Perez-Verdin *et al.*, 2016). مهمترین بخش روش آزمون انتخاب طراحی سناریوهای گوناگون با مشخصات مقتضی و استفاده از روش‌های طرح‌های آماری است (Vakili Ghaserian *et al.*, 2017). مزیت بزرگ روش CE این است که نه تنها یک مقدار را تخمین می‌زند، بلکه قادر به ارزیابی، رتبه‌بندی یا انتخاب جایگزینی است که بیشترین کاربرد را برای پاسخ‌دهنده فراهم می‌کند (Mogas *et al.*, 2006). از دیگر مزیت‌های این روش می‌توان به برآورد حداکثر مطلوبیت (Swait, 2001) و حذف پاسخ صریح بله یا خیر و دادن فرصت‌های دوباره برای بیان تمایلات واقعی پرداخت و استفاده از این

4. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)

1. choice experiment (CE)  
2. Benefit Transfer  
3. Ecosystem Service Valuation Database (ESVD)

اکوسیستم در هر اکوسیستم، می‌توان کل تلفات ارزش اقتصادی (کل هزینه آسیب محیط‌زیستی) را تخمین زد. ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم در ایران برای اکوسیستم‌های مختلف و با روش‌های متفاوت مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این بین روش ارزش‌گذاری مشروط و تمایل به پرداخت به‌طور گسترده‌ای در منابع طبیعی به‌کار رفته است. ارزش تفریحی پارک قلعه دره‌سی در جنگل‌های ارسباران (Mousazadeh *et al.*, 2016) و ارزش حفاظتی دریاچه شورابیل اردبیل (Daneshi *et al.*, 2017) نمونه‌ای از این مطالعات است.

تلفیق روش‌های ارزش‌گذاری مشروط و هزینه سفر نیز در مطالعات Zamaniyan و Hamraz (۲۰۱۶) به‌منظور ارزش تفریحی منطقه‌ی گردشگری اخلمد در استان خراسان رضوی؛ Mansori و همکاران (۲۰۱۶) برای برآورد ارزش تفریحی منطقه‌ی جنگلی حسن‌گاوپار شهرستان نورآباد، AsadiBazardeh و Yavari (۲۰۱۶) در ارزش‌گذاری پارک کوهستان یزد و Amirnejad و همکاران (۲۰۲۰)، جهت ارزش تفریحی پارک ملی بمو گزارش شده است. گزیده‌ای از تحقیقات انجام شده در زمینه ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- مروری بر مطالعات انجام شده ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم

Table 2 - A review of studies conducted on the economic valuation of ecosystem services

روش	موضوع	محققان
ارزش‌گذاری مشروط	ارزش تفریحی پارک جنگلی یاسوج	(Moradi <i>et al.</i> , 2011)
آزمون انتخاب	ارزش‌گذاری کالاهای غیربازاری	(Isazadeh <i>et al.</i> , 2010)
ارزش‌گذاری مشروط	تمایل به پرداخت ساکنان شهرستان چالوس جهت حفاظت از دریاچه ولشت	(Daliri <i>et al.</i> , 2012)
آزمون انتخاب	ارزش‌گذاری منطقه گنج‌نامه همدان	(Sharzahi & Jalili Kamjoo, 2013)
ارزش‌گذاری مشروط	ارزش‌های گردشگری و حفاظتی میدان نقش جهان اصفهان	(Rajabi & Mosavi, 2013)
ارزش‌گذاری مشروط	ارزش تفریحی منطقه جنگلی حسن‌گاوآوردار	(Mansori <i>et al.</i> , 2016)
ارزش‌گذاری مشروط	ارزش تفریحی پارک نازوان	(Karami <i>et al.</i> , 2016)
آزمون انتخاب	ارزش کارکردهای طبیعی دریاچه زریبار	(Vakili Ghaserian <i>et al.</i> , 2017)
هزینه سفر	ارزش‌گذاری تفرجگاه ژئوپارک قشم	(Pourelbalyghy & Hejazi, 2018)
هزینه سفر	ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات تفریحی دهکده توریستی گنج‌نامه همدان	(Balali <i>et al.</i> , 2019)
هزینه سفر	ارزش‌گذاری اقتصادی تالاب پیرسلیمان	(Morsali <i>et al.</i> , 2020)
ارزش‌گذاری مشروط و هزینه سفر	ارزش کارکردهای گردشگری و زیبایی‌شناختی پارک ملی بمو	(Amirnejad <i>et al.</i> , 2020)
انتقال سود	ارزش‌گذاری اقتصادی تالاب	(Badamfirooz <i>et al.</i> , 2021)
آزمون انتخاب	ارزیابی تفریحات دریایی	(Wielgus <i>et al.</i> , 2009)
آزمون انتخاب	تمایل به پرداخت برای مواد غذایی	(Camarena <i>et al.</i> , 2012)
آزمون انتخاب	ارزش‌گذاری خدمت کربن جنگل	(Balderas-Torres <i>et al.</i> , 2013)
ارزش‌گذاری مشروط	حفاظت از منابع طبیعی در پارک ملی گونانگ گادینگ	(Kamri <i>et al.</i> , 2013)
آزمون انتخاب	ارزش‌گذاری خدمات جنگل‌ها در مکزیک	(Balderas-Torres <i>et al.</i> , 2015)
ارزش‌گذاری مشروط و هزینه سفر	ارزش اقتصادی دریاچه پایلیکولا هند	(Jala, 2015)
ارزش‌گذاری مشروط	حفاظت از فضای سبز شهری چین	(Song <i>et al.</i> , 2015)
ارزش‌گذاری مشروط	ارزش نهادن به منافع پارک شهری	(Latinopoulos <i>et al.</i> , 2016)
ارزش‌گذاری مشروط	تمایل به پرداخت مردم کره برای تفرجگاه ساحلی	(Lee & Yoo, 2016)
ارزش‌گذاری مشروط	سواحل هاوایی	(Peng <i>et al.</i> , 2017)
هزینه سفر	ارزش‌گذاری مناطق با ارزش طبیعی بالا در منطقه مرکزی روزتوزه	(Gawronska <i>et al.</i> , 2018)
انتقال سود	ارزش‌گذاری اقتصادی ساحل	(Mehvar <i>et al.</i> , 2018)
هزینه سفر	ارزش نهادن به تفریحات محلی	(Kipperberg <i>et al.</i> , 2019)
هزینه سفر	ارزش‌گذاری پارک‌ها و منطقه حفاظت شده	(Jaung & Carrasco, 2020)

حفاظت محیط‌زیست، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری و سایر دستگاه‌های مرتبط، ارزش‌های اقتصادی منابع طبیعی و محیط‌زیستی و هزینه‌های ناشی از آلودگی و تخریب آن‌ها را برآورد و در فرآیند توسعه حساب‌های ملی محاسبه کند. ارزش‌گذاری اقتصادی را می‌توان به‌گونه‌ای سازنده و مثبت در هر چه بهتر نمودن سیاست‌های محیط‌زیستی و منابع طبیعی دخالت داد. بدین جهت کمی کردن این منافع از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. بر این اساس ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی راهی مؤثر در ارزیابی شیوه اختصاص هزینه‌ها به خدمات ارزشمند اکوسیستمی توسط مدیران است. با توجه به این نکته که بسیاری از خدمات اکوسیستم‌های طبیعی در بازار معامله نمی‌شوند و مردم نمی‌توانند میزان تمایل به پرداخت برای دریافت این خدمات را آشکار سازند، بنابراین روش‌های ارزش‌گذاری خدمات و کالاهای اکوسیستم طبیعی همواره به‌عنوان بحثی محوری در اقتصاد منابع طبیعی مورد توجه کارشناسان بوده است. مردم در بازار کالاهای عادی، اطلاعات نسبتاً روشنی در رابطه با مبنای ارزش‌گذاری کالاها و انتخاب آن‌ها در اختیار دارند و کالاها معمولاً در معرض دید بوده، قیمت، ویژگی‌ها و کیفیت آن شناخته شده و کمیت آن نیز به‌صورت بدیهی مشخص است، اما برخی کالاها و خدمات اکوسیستم غالباً فاقد اطلاعات قیمت بوده و تردیدهای فراوان در مورد ارزش و اهمیت و حتی میزان کمیت آن‌ها وجود دارد. بر این اساس با توجه به اهمیت منابع طبیعی و نقش آن در الگوی توسعه اقتصادی کشور و همچنین رفاه اجتماعی مردم که نشأت گرفته از طبیعت این منبع مهم می‌باشد، پرداختن به ارزش این منابع برای مدیریت صحیح و مدیرانه آن جهت حفظ، بهبود و همچنین بهره‌برداری صحیح آن در طول زمان بسیار مهم است. بنابراین ارزش‌گذاری اقتصادی را می‌توان به‌گونه‌ای سازنده و مثبت در هر چه بهتر نمودن سیاست‌های محیط‌زیستی و منابع طبیعی دخالت داد. بدین جهت کمی و قابل‌فهم کردن این منافع از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه ارزش‌گذاری

بر اساس مرور منابع صورت گرفته در داخل و خارج کشور، مشاهده شد که در بیشتر مطالعات داخلی ارزش‌گذاری اکوسیستم‌های طبیعی با روش ارزش‌گذاری مشروط مورد توجه قرار گرفته است و پیشینه طولانی در ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم دارد. علاوه بر این در مطالعات داخلی بیشترین تأکید بر ارزش‌گذاری جنبه فرهنگی خدمات اکوسیستم مانند تفریح و تفرج است. با توجه به اینکه ارزش اقتصادی هر اکوسیستم طبیعی از مجموع فعالیت‌های آن اکوسیستم مانند تفرج، کاهش آلودگی، کاهش دما، تعدیل رطوبت، کیفیت زیستگاه و عوامل دیگری برآورد می‌شود؛ بنابراین پژوهش و مطالعه در مورد ارزش‌گذاری این موضوعات با توجه به در حال توسعه بودن کشور امری ضروری است. همچنین بر اساس مرور سیستماتیک پیشینه تحقیق توسط نگارندگان، در ایران تلفیق روش ارزش‌گذاری مشروط و آزمون انتخاب در دو مطالعه Kaffashi و همکاران (۲۰۱۳) و Mashayekhi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده است. بر این اساس می‌توان بیان کرد که استفاده از روش‌های نوین ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم در سال‌های اخیر در ایران (هر چند با شیب ملایم) توسط محققان دنبال می‌شود. رویکرد مقایسه‌ای در ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم علاوه بر اینکه به انتخاب مناسب‌ترین روش برای ارزش‌گذاری اقتصادی کالاها و خدمات اکوسیستمی کمک می‌کند، باعث می‌شود که پژوهشگران نتایج برآوردهای خود را با دقت بیشتری اعلام کنند و سایر محققان و برنامه‌ریزان با اعتماد و اتکا بیشتری از نتایج آن‌ها در فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریتی استفاده کنند.

### نتیجه‌گیری کلی

ارزش‌گذاری اقتصادی منابع محیط‌زیستی و منابع طبیعی از برنامه چهارم توسعه کشور به بعد همواره به‌عنوان یک موضوع مهم مورد توجه بوده است. بر اساس ماده ۵۹ برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف است با همکاری سازمان

جداگانه برآورد می‌شود که نتایج این ارزش‌گذاری‌ها می‌تواند به سیاست‌گذاران منابع طبیعی و محیط‌زیست در اتخاذ تصمیمات مدیریتی بهتر کمک کند. به عبارت دیگر این روش عاری از اثر جایگزینی است و اجزای مختلف یک ویژگی مورد علاقه را می‌توان به صورت تجربی در یک محیط تحقیقاتی ارزیابی کرد؛ بنابراین روش آزمون انتخاب نسبت به سایر روش‌های ارزش‌گذاری ارجح‌تر است. در ایران مطالعات ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم به ترتیب با روش‌های ارزش‌گذاری مشروط، هزینه سفر و سپس آزمون انتخاب انجام شده است. در واقع استفاده از روش آزمون انتخاب و انتقال سفر در مطالعات اندکی صورت گرفته است. برای استفاده از روش انتقال سفر باید مرزهای مکانی و زمانی اکوسیستم‌ها مانند تالاب به درستی تعریف شود؛ بنابراین بومی‌سازی ارزش‌های اقتصادی موجود در اکوسیستم‌ها با استفاده از پایگاه داده ارزش‌گذاری و با توجه به شرایط اکولوژیکی ایران، گامی مهم برای استفاده از این روش به منظور ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم است. اگرچه هدف ارزش‌گذاری اقتصادی، صرف‌نظر از روش انجام آن، این است که به تصمیم‌گیرندگان در اجرای سیاست‌های عمومی و برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی و منابع طبیعی کمک کند، اما با توجه به رویکرد نوین روش آزمون انتخاب و انتقال سفر و توانایی مطلوب آن‌ها در ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم پیشنهاد می‌شود که مطالعات با این روش افزایش یابد و امکان کاربرد هر چه بیشتر آن در ایران فراهم شود. بنابراین با توجه به اهمیت ارزش‌گذاری اقتصادی کالاهای اکوسیستم، جامعه علمی در ایران باید به تحقیقات بیشتر در مورد ارزش‌گذاری اقتصادی ادامه دهد. این مطالعات می‌تواند به انتقال از بازارهای فرضی به واقعی و برجسته کردن نقش حیاتی خدمات اکوسیستمی در جامعه و مدیریت بهتر منابع کمک کند.

خدمات اکوسیستم می‌توان گفت که بیشتر مطالعات برای ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم از روش ارزش‌گذاری مشروط به دلیل انعطاف‌پذیری و سهولت این روش، استفاده کرده‌اند. با این حال، یکی از انتقادات اصلی به این روش این است که گاهی نتایج غیرمنطقی و با عدم قطعیت همراه هستند، زیرا پاسخ‌دهندگان با محدودیت بودجه واقعی مواجه نیستند و تمایل دارند خیلی راحت بله بگویند. این عدم قطعیت اغلب منجر به اغراق، عدم اعتبار، سردرگمی و تولید اطلاعات بی‌فایده می‌شود. بنابراین مهم است که مطالعات آینده بر نمایش و تصویر بهتری از کاربردهای روش ارزش‌گذاری مشروط متمرکز شوند تا موضوع سناریوهای بازار فرضی را به درستی مورد توجه قرار دهند و مکانیسم‌های مناسبی برای کاهش آن ارائه دهند. در واقع در مطالعات ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم بهتر است در هنگام برآورد تمایل به پرداخت، افراد پاسخ‌دهنده به خوبی آموزش داده شوند. در صورتی که در روش ارزش‌گذاری مشروط که از مدل‌های مطلوبیت تصادفی، استفاده می‌شود، فرض شده است که همه پاسخ‌دهندگان دارای قابلیت شناخت دقیق و کامل می‌باشند در حالی که فرد پاسخ‌دهنده اطلاعات کاملی ندارد و لذا، مسئله عدم قطعیت رخ می‌دهد. در این بین، روش آزمون انتخاب جایگزینی برای روش ارزش‌گذاری مشروط به منظور استخراج ارزش‌های استفاده انفعالی به شمار می‌رود. این روش نگرانی در مورد عدم قطعیت را بسیار کاهش داده است. اگرچه هر دو روش ارزش‌گذاری مشروط و آزمون انتخاب از نظر تئوری مبتنی بر مفهوم روش‌های ترجیحی بیان شده هستند، اما روش انتخاب آزمون به‌طور کلی یک رویکرد برتر در نظر گرفته می‌شود زیرا در این روش نه تنها کل مقدار تمایل به پرداخت از دیدگاه پاسخ‌دهندگان برآورد می‌شود بلکه ارزش ویژگی‌های مربوط به خدمات اکوسیستم نیز به صورت

## References

- Alberini, A. & Longo, A. (2006). Combining the travel cost and contingent behavior methods to value cultural heritage sites, evidence from Armenia. *Journal of Cultural Economics*, 30, 287-304. Doi: 10.1007/s10824-006-9020-9.
- Areppim Information. (2021). Areppim:

- Information, Pure and Simple, Available from. <http://stats.areppim.com/calc/calculusdlrxdeflato.r.php>.
- Amirnejad, S. & Moayedian, S. M. J. (2013). Estimating the economic value of environmental amenities of Isfahan sofah high land park (The individual revealed and expressed travel cost method). (In Persian)
  - Amirnejad, S., Ataie Solout, K. & Zarandian, A. (2020). Comparison of contingent valuation and travel cost methods to estimate outdoor recreation value of recreation, tourism and aesthetic function of bamou national park. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(2), 73-85. Doi: 10.22034/JEST.2021.2652.1211. (In Persian)
  - Asadi Bazardeh, L. (2016). *Comparison of contingent valuation and travel cost methods for estimating the recreational value of Yazd mountain park*. Master Thesis in Karaj University. (In Persian)
  - Azizi, V. & Sayyedani, S. M. (2013). Estimation of recreational value of environmental resources of Shirinsoo wetland in Hamedan using regional travel cost method. *Wetland Ecology*, 6(19), 15-30. (In Persian)
  - Badamfirooz, J., Mousazadeh, R. & Sarkheil, S. (2021). A proposed framework for economic valuation and assessment of damages cost to national wetlands ecosystem services using the benefit-transfer approach. *Environmental Challenges*, 5. Doi: 10.1016/j.envc.2021.100303.
  - Balali, H., Shahbazi, H. & Hakem Pour, M. (2019). Economic evaluation of recreational services environmental recreational resources, a case study of Hamedan Ganjnameh tourist village. *Agricultural Economics Research*, 10(2), 65-80. (In Persian)
  - Balasubramania, M. (2020). Economic value of regulating ecosystem services: a comprehensive at the global level review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(10), 616. Doi: 10.1007/s10661-019-7758-8.
  - Balderas-Torres, A., MacMillan, D. C., Skutsch, M. & Lovett, J. C. (2013). The valuation of forest carbon services by Mexican citizens: the case of Guadalajara city and La Primavera biosphere reserve. *Regional Environment Change*, 13(3), 661-680. Doi: 10.1007/s10113-012-0336-z.
  - Balderas-Torres, A., MacMillan, D. C., Skutsch, M. & Lovett, J. C. (2015). Yes-in-mybackyard: spatial differences in the valuation of forest services and local cobenefits for carbon markets in México. *Ecological Economic*, 109, 130-141. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2014.11.008.
  - Barot, S., Ye, L., Abbadie, L., Blouin, M. & Frascaria, N. (2017). Ecosystem services must tackle anthropized ecosystems and ecological engineering. *Ecological Engineering*, 99, 486-495. Doi: 10.1016/j.ecoleng.2016.11.071.
  - Camarena, D. M., Nunez, H. & Puebla, M. A. (2012). The pecan nut in Mexico: characteristics of commercial supply and consumers preferences. *Acta Horticulturae*, 930, 77-82. Doi: 10.17660/ActaHortic.2012.930.9.
  - Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S. & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158. Doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
  - Daliri, A., Amirnejad, H. & Mortazavi, A. (2012). Estimation of willingness to pay the residents of Chalous city for the protection of Lake Velesht using the conditional valuation method with double one-and-a-half dimensional selection. *Economy*, 2(5), 1-12. (In Persian)
  - Daneshi, A., Najafinejad, M., Maghsoudi, F. & Panahi, M. (2017). Estimating The Protection Values of Ardebil'S Shorabil Lake Using Contingent Valuation Method (Cvm). *Agricultural Economics*, 11(2), 135-55. (In Persian)
  - Day, B. & Mourato, S. (2000). Willingness to pay for water quality maintenance in Chinese rivers. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College London and University of East Anglia; Cserge Working Paper Gec 98.
  - de Groot, R., Brander, L. & Solomonides, S. (2020). Ecosystem Services Valuation Database (ESVD), Update of Global Ecosystem Service Valuation Data Available from <https://www.es-partnership.org/esvd>.
  - Desvousges, W. H. (1995). The Role of Contingent Valuation in Natural Resource Damage Assessment. Working Paper G-9502, *Triangle Economic Research*, Durham N.C.
  - Farajzadeh, Z., Soltani, G. & Roustaei, M. (2010). Estimating visitors' willingness to pay for the pasargad historical palaces: using contingent valuation method. *Economic*

- Research*, 9(4), 89-111. (In Persian)
- Fatahi, A. (2012). *Fundamentals of Economic Valuation of Natural Resources*. First Edition, Ardakan University. (In Persian)
  - Finisdore, J., Rhodes, Ch., Haines-Young, R., Maynard, S., Wielgus, J., Dvarkas, A., Houdet, J., Quetier, F., Lamothe, A., Ding, H., Soulard, F., Van Houtven, G. & Rowcroft, P (2020). The 18 benefits of using ecosystem services classification systems. *Ecosystem Services*, 45, 101160. Doi: 10.1016/j.ecoser.2020.101160.
  - Fleming, C. M. & Cook, A. (2008). The recreational value of lake McKenzie, Fraser island: an application of the travel cost method. *Tourism Management*, 29, 1197-1205.
  - Gawronska, G., Gawronsk, K., Dymek, D., Sankowski, E. & Harris, B. (2018). Economic valuation of high natural value areas in central Roztocze. *Formatio Circumiectus*, 17(4), 45-58. Doi: 10.15576/ASP.FC/2018.17.4.45.
  - Ghaemi, Z. & Panahi, M. (2011). Economic evaluation of recreational value of Choghakhor Wetland, using travel cost method. *Natural Environment*, 64(1), 55-63. (In Persian)
  - Gunatilake, H., Yang, A., Pattanayak, S. & Choe, K. (2007). Good practices for estimating reliable willingness-to-pay values in the water supply and sanitation sector. Technical Note No 23; Manila; Asian Development Bank.
  - Isazadeh, S., Jalili, S., Madadi, S. & Mahmodi niya, D. (2010). Choice experiment: non market commodity (environmental) valuating based on stated preference and choice modeling. *Economic of Natural Resources*, 1(1), 21-36. (In Persian)
  - Jala, N. (2015). Evaluation of economic value of Pilikula lake using travel cost and contingent valuation methods. *Internation Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering*, 4, 1315-1321. Doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.171.
  - Jaung, W. & Carrasco, R. (2020). Travel cost analysis of an urban protected area and parks in Singapore: amobile phone data application. *Journal of Environmental Management*, 261, 110238. Doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110238.
  - Kaffashi, S., Shamsudin, M. N., Radam, A., Rahim, K. A. & Yacob, M. R. (2013). We are willing to pay to support wetland conservation: local users' perspective. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 20(4), 325-335. Doi: 10.1080/13504509.2013.800612.
  - Hanley, N., Murato, S. & Wright, R. (2001). Choice modeling approaches: A superior alternative for environmental valuation, *Journal of Economic Surveys*, 15, 435-462. Doi: 10.1111/1467-6419.00145.
  - Hanley, N., Wright, R. & Koop, G. (2000). Modelling Recreation Demand Using Choice Experiments: Climbing in Scotland. *Environmental and Resource Economics*, 22(3), 449-466. Doi: 10.1023/A:1016077425039.
  - Holmes, T. P. & Adamowicz, W. L. (2003). Attribute-based methods. a primer on nonmarket valuation. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, pp. 171-219.
  - Kallas, Z., Lambarraa, F. & Gil, J. M. (2011). A stated preference analysis comparing the analytical hierarchy process versus choice experiments. *Food Quality and Preference*, 22(2), 181-192.
  - Kamri, T. (2013). Willingness to pay for conservation of natural resources in the gunung gading national park. *Sarawak, Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 101, 506-515. Doi: 10.1016/j.sbspro.2013.07.224.
  - Kant, S. (2007). Economics perspectives and analyses of multiple forest values and sustainable forest management. *Forest Policy and Economica*, 7, 733-740. Doi: 10.1016/j.forpol.2005.11.003.
  - Karami, O., Saleh, I., Rafiee, H. & Hosseinpour Naderi, N. (2016). Estimating Recreational Value of Nazhvan Park Using Contingent Valuation Method. *Environmental Researches*, 7(13), 85-92. (In Persian)
  - Karimzadegan, H. (2005). *Fundamentals of environmental economics*. Naghsh Mehr Publications. (In Persian)
  - Kipperberg, G., Onozaka, Y., ThiBui, L., Lohaugen, M., Refsdal, G. & Saland, S. (2019). The impact of wind turbines on local recreation: Evidence from two travel cost method-contingent behavior studies. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 25, 66-75.
  - Latinopoulos, D., Mallios, Z. & Latinopoulos, P. (2016). Valuing the benefits of an urban park project: A contingent valuation study in Thessaloniki, Greece. *Land Use Policy*, 55, 130-141. Doi: 10.1016/j.landusepol.2016.03.020.
  - Lee, M. K. & Yoo, S. H. (2016). Public's willingness to pay for a marina port in Korea:

- A contingent valuation study. *Ocean & Coastal Management*, 119, 119-127. Doi: 10.1016/j.ocecoaman.2015.10.006.
- Mace, G. M. (2014). Whose conservation?. *Science*, 345, 1558-1560. Doi: 10.1126/science.1254704.
  - Mashayekhi, Z., Ali Sharzeh, G., Danehkar, A. & Majed, V. (2018). A comparison of stated preferences methods for economic valuation of ecosystem services (case study: Qeshm mangrove ecosystems). *Environmental Sciences*, 6(1), 69-88. (In Persian)
  - Mansori, M., Badeyan, Z., Aadeli, K. & Abrari Vajari, K. (2016). Economic valuation of Hassan Gavyar Forest Park using contingent valuation method and individual travel cost. *Iranian Journal of Forest*, 7(4), 507-521. (In Persian)
  - Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Island Press, Washington DC.
  - Mehvar, S., Filatova, T., Dastgheib, A., de Ruyter van Steveninck, E. & Ranasinghe, R. (2018). Quantifying economic value of coastal ecosystem services: a review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 6(1), 5. Doi: 10.3390/jmse6010005.
  - Mogas, J., Riera, P. & Bennett, J. (2006). A comparison of contingent valuation and choice modelling with second-order interactions. *Journal of Forest Economics*, 12(1), 5-30. Doi: 10.1016/j.jfe.2005.11.001.
  - Mohammadyari, F. (2021). *Evaluating and modeling selected ecosystem services with the approach of urban expansion impacts on landscape patterns in Karaj metropolis*. PhD Thesis, Faculty of Environment and Natural Resources, Malayer University. (In Persian)
  - Mohammadyari, F., Shayesteh, K. & Modaberi, A. (2018). Estimating the value of quality of drinking water using conditional verification method (case study: Kermanshah city). *Journal of Environment Studies*, 44(3), 489-501. Doi: 10.22059/JES.2019.254384.1007625. (In Persian)
  - Mohammadyari, F., Mirsangari, M. M. & Zarandian, A. (2019a). *An overview of the concepts of ecosystem services along with the introduction of the InVEST model as a tool for its modeling*. Fourth International Conference on Modern Horizons in Agricultural Science, Environment and Natural Resources, Tehran. (In Persian)
  - Mohammadyari, F., Shayesteh, K., Modaberi, A. & Bigmohammadi, F. (2019b). Willingness to pay for waste disposal fluorescent lamps residents in Ilam. *Journal of Environmental Research*, 11(21), 169-180. (In Persian)
  - Montazer Hojat, A. M. & Mansouri, B. (2016). Economic valuation of environmental benefits (a case of bamdezh wetland). *Journal of Applied Economics Studied in Iran*, 5(8), 243-269. Doi: 10.22084/AES.2016.1502. (In Persian)
  - Moradi, M., Sadrolashrafi, S., Moghadasi, R. & Yazdani, S. (2011). Estimation of recreational value of Yasuj Forest Park using conditional valuation method. *Agricultural Economics Research*, 4(4), 173-191. (In Persian)
  - Morsali, H. (2019). *Economic valuation recreational of the pirsalman wetland of Hamedan province*. Master Thesis in Faculty of Environment and Natural Resources, Malayer University. (In Persian)
  - Morsali, H., Mirsangari, M. M. & Mohammadyari, F. (2020). Economic valuation recreational of the pirsalman wetland of Hamedan province using the travel cost method. *Journal of Wetland Ecobiology*, 12(3), 87-100. (In Persian)
  - Mousazadeh, R., Zarandian, A., Mirzaei, F. & Gharehbaghsh, H. (2016). Assessing the recreational value of Dareh Si Castle Park in Arasbaran forests using contingent valuation method (Cvm). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(2), 284-296. Doi: 10.22092/IJFPR.2016.106991. (In Persian)
  - Pajooyan, J. & Falihi, N. (2008). The economic valuation of recreation services of environment resources, case: anzali wetland. *Economic Research*, 1(8), 147-181. (In Persian)
  - Pearce, D. & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University, Baltimore.
  - Perez-Verdin, G., Sanjurjo-Rivera, E., Galicia, L., Hernandez-Diaz, G., Hernandez-Trejo, V. & Marquez-Linares, M. (2016). Economic valuation of ecosystem services in Mexico: Current status and trends. *Ecosystem Services*, 21, 6-19. Doi: 10.1016/j.ecoser.2016.07.003.
  - Peng, M. & Oleson, K. L. (2017). Beach recreationalists' willingness to pay and economic implications of coastal water quality problems in Hawaii. *Ecological Economics*, 136, 41-52. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.02.003.

- Pourbalighy, M. & Hejazi, R. (2018). Economic valuation of Qeshm geopark natural resort using cost method of travel. *Journal of Tourism Space*, 7(27), 17-34. (In Persian)
- Rajabi, M. & Mosavi, S. (2013). Estimation of tourism and conservation values of Naghsh Jahan Square in Isfahan (Application of conditional valuation method). *Journal of Economic Sciences*, 8(27), 127-146. (In Persian)
- Rolfe, J. & Prayaga, P. (2007). Estimating values for recreational fishing at freshwater dams in Queensland. *The Australian Journal of Agricultural and Tourism Management Perspectives*, 18, 26-33. Doi: 10.1111/j.1467-8489.2007.00369.x.
- Sharzehi, G. & Jalili Kamjoo, S. P. (2013). Choice modeling: a new approach to valuation of environmental commodity; case study: Ganjnameh, Hamadan. *The Economic Research*, 13(3), 1-18. (In Persian)
- Shaw, D. R. & Allen, T. (2018). Studying innovation ecosystems using ecology theory. *Echnological Forecasting and Social Change*, 136, 88-102. Doi: 10.1016/j.techfore.2016.11.030.
- Sinaei, M., Hosseini, A. & Dalir boostansaraei, S. (2020). Economic valuation of non-use functions (preservation value, heritage and existence) of environmental resource international govater bay and hur-e-bahu wetland. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(3), 3-13. Doi: 10.22034/JEST.2020.23924.3303. (In Persian)
- Song, X., Lv, X. & Li, C. (2015). Willingness and motivation of residents to pay for conservation of urban green spaces in Jinan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 35, 89-94. Doi: 10.1016/j.chnaes.2015.06.003.
- Swait, J. (2001). A non-compensatory choice model incorporating attribute cut-offs. *Transportation Research Part B*, 35(10), 903-928. Doi: 10.1016/S0191-2615(00)00030-8.
- Tinch, R., Beaumont, N., Sunderland, T., Ozdemiroglu, E., Barton, D., Bowe, C., Borger, T., Burgess, P., Nigel Cooper, C., Faccioli, M., Failler, P., Gkolemi, I., Kumar, R., Longo, A., McVittie, A., Morris, J., Park, J., Ravenscroft, N., Schaafsma, M., Vause, J. & Ziv, G. (2019). Economic valuation of ecosystem goods and services: a review for decision makers. *Journal of Environmental Economics and Policy*. Doi: 10.1080/21606544.2019.1623083.
- Vakili Ghaserian, N., Molaei, M. & Khodaverdizadeh, M. (2017). Application of choice experiment in determining the value of natural functions of Zarivar Lake. *Journal of Agricultural Economic Research*, 9(35), 183-206. (In Persian)
- Venkatachalam, L. (2003). The contingent valuation method: a review. *Environmental Impact Assessment Review*, 24, 89-124. Doi: 10.1016/S0195-9255(03)00138-0.
- Wielgus, J., Gerber, L. R., Sala, E. & Bennett, J. (2009). Including risk in stated-preference economic valuations: experiments on choices for marine recreation. *Journal Environment Managment*, 90(11), 3401-3409. Doi: 10.1016/j.jenvman.2009.05.010.
- Whitehead, J. C., Pattanayak, S. K., van Houtven, G. L. & Gelso, B. R. (2008). Combining revealed and stated preference data to estimate the nonmarket value of ecological services: An assessment of the state of the science. *Journal of Economic Surveys*, 22, 872-908. Doi: 10.1111/j.1467-6419.2008.00552.x.
- Xie, Z., Li, X., Chi, Y., Jiang, D., Zhang, Y., Ma, Y. & Chen, Sh. (2021). Ecosystem service value decreases more rapidly under the dual pressures of land use change and ecological vulnerability: A case study in Zhujiajian Island. *Ocean and Coastal Management*. 201, 105493. Doi: 10.1016/j.ocecoaman.2020.105493.
- Yavari, Gh. & Asadi Bazardeh, L. (2016). Comparison of contingent valuation and travel cost methods for estimating the recreational value of Yazd Mountain Park. *Journal of Economic Development Policy*, 4(13), 91-126. Doi: 10.22051/EDP.2018.16868.1105. (In Persian)
- Zarandian, A. (2018). Introducing a framework for application of the ecosystem services approach in the water resources management. *Environment Interdisciplinary & Devolpment*, 60, 17-28. (In Persian)
- Zarandian, A. & Modiriasar, A. (2010). *Environmental economics, environmental protection*. Agency Publications. 88p. (In Persian)
- Zamaniyan, G. & Hamraz, S. (2015). Comparison of economic methods for estimating the recreational value of rural country side: a case study of Akhلامad village in Khorasan Razavi province of Iran. *Village and Development*, 18(1), 71-92. (In Persian)



## Determining the Capability of Agricultural Lands and the Degree of Compliance with the Principles of Environmental Management (Case Study: the Chehelgazi Sub-basin, Kurdistan Province)

Seyed Pedram Nainiva<sup>1\*</sup> and Shadi Jalilian<sup>2</sup>

1- Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource (GUASNR), Gorgan, Iran

2- Ph.D. Student, Department of Forest Management, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource (GUASNR), Gorgan, Iran

\*Corresponding author: pedram.nainava@gmail.com

(Received: 29 January 2022

Revise: 7 March 2022

Accepted: 12 March 2022)

### Extended Abstract

**Introduction:** Land suitability is the coordination of land characteristics with existing land use that aims at development without degradation, so that the natural talent of the land along with economic potential determine the type of land use (Babapour & Khorasani Alamdari, 2013). The importance of assessing land status and its potential becomes apparent when, if land potentially lacks potential for a particular use, its implementation would lead to environmental degradation, even in spite of the socio-economic need for that use (Brazier & Greenwood, 1998). Also, the challenge in the field of sustainable agricultural development is the issue of food security, whose importance, due to the growing trend of population in the country and increasing food needs, doubles (Halabian & Ismaili, 2018); Therefore, in this regard, it is necessary to evaluate the ecological potential for agricultural use based on the correct principles, patterns and instructions, compare it with current uses, and determine their compliance and non-compliance in order to use it properly based on the natural capability of the region and prevent further degradation and erosion. It seems (Kamyabi va Khosh Agha, 2017). The purpose of this study was to investigate the spatial status of rainfed arable lands in the Chehelgazi Sub-basin according to the proposed models and instructions and to use the GIS in order to assess land suitability, provide planning models and make management decisions in the field of development, in line with natural resources and sustainable agriculture, and in accordance with the reality of agricultural system in Iran.

**Materials and Methods:** In this study, first, a map of rainfed arable lands under the Chehelgazi Sub-basin was prepared and adapted according to the proposed patterns and instructions in the spatial adaptation of arable lands. Finally, using GIS software, the status of alignment or non-alignment of agricultural lands in the region with the proposed patterns and instructions, as well as the dominant cultivation of the region was determined. The map and percentage of agricultural lands were also determined.

**Results and Discussion:** After examining the spatial status of arable lands in Chehelgazi sub-basin according to the proposed patterns and instructions in the field of adaptation, the results show that, in terms of slope status, 64.15% of the total land is in line with the proposed instructions, on a slope of less than 16%. In terms of altitude, 37.78% of the lands with a suitable slope are located at the proposed height. In terms of river condition, 29.43% of lands with suitable height and slope are located at a suitable distance from the river. In terms of radiation status, 8.29% of the lands in line with the proposed slope and height are located in the flat, north and west directions. In terms of rainfall status, the total area of the basin is in line with the proposed instructions in rainfall of more than 350 mm.

In terms of communication status, most of the lands are located at a direct distance of less than 10 km. Finally, out of the total area of 31117.94 hectares of rainfed arable lands of Chehelgazi Sub-basin, assuming low impact on the slope or sunshine, 29.43% of the total lands have the necessary conditions in terms of slope, height and distance from the river and road.

**Conclusions:** The results show that the Chehelgazi Sub-basin is generally in poor condition in terms of the development of rainfed agricultural land use; therefore, considering the importance of adapting the user to the relevant goal in order to increase proper performance and increase production, it is suggested that the patterns and guidelines introduced in this research for principled planning and correct decision making as well as training, promotion and implementation of useful projects related to land management and prevention of the destruction of natural resources and the environment should be considered and developed based on the reality of the agricultural system of Iran.

**Keywords:** Agricultural development, Food security, IWM, Land suitability, Sustainable cultivation.

**Citation:** Nainiva, S. P. & Jalilian, S. (2022). Determining the capability of agricultural lands and the degree of compliance with the principles of environmental management (Case study: the Chehelgazi Sub-basin, Kurdistan province). *Integrated Watershed Management*, 1(2), 83-94. doi: 10.22034/iwm.2022.251074

### 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>).



## تعیین تناسب و قابلیت اراضی زراعی دیم با اصول آمایش محیطی (مطالعه موردی: زیر حوضه چهل‌گزی، استان کردستان)

سیدپدرام نی‌نیوا\*<sup>۱</sup> و شادی جلیلیان<sup>۲</sup>

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

۲- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

\*نویسنده مسئول: pedram.nainava@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۹

### چکیده

منابع طبیعی تجدید شونده در هر کشور نقش مهمی در اقتصاد ملی و همچنین زیر بنای سایر فعالیت‌ها در عرصه‌های طبیعی می‌باشد، به طوری که مدیریت ناصحیح این منابع و الگوی نامناسب استفاده از سرزمین منجر به پیدایش بحران‌های محیط‌زیستی می‌شود. تلاش برای یک برنامه‌ریزی کلی در راستای بهره‌وری اصولی و متناسب با ویژگی‌های محیطی، به‌عنوان یک راهکار راهبردی در توسعه پایدار منابع طبیعی به‌شمار می‌رود. از آنجایی که در کشور ما شیوه بهره‌برداری از زمین، به‌خصوص در ارتباط با اراضی کشاورزی، بر اساس استعداد و توانمندی منطقه صورت نمی‌گیرد؛ بنابراین این مطالعه به ارزیابی وضعیت اراضی زراعی دیم زیرحوضه چهل‌گزی در استان کردستان با توانمندی سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت بررسی تطابق آنان با الگوها و دستورالعمل‌های پیشنهادی در تناسب‌سازی پرداخته است. در این راستا، معیارهایی همچون شیب، بارش، ارتفاع، راه‌های ارتباطی، فاصله از رودخانه و وضعیت آفتاب‌گیر بودن یا جهت شیب منطقه تهیه شد و میزان همسویی اراضی زراعی دیم با این الگوها و دستورالعمل‌های پیشنهادی (معیارها)، تعیین شد. نتایج پژوهش بیانگر آن می‌باشد که از مساحت تقریبی ۳۱۱۷/۹ هکتاری کل اراضی زراعی دیم زیر حوضه چهل‌گزی، تنها ۲۹/۴۳ درصد از کل این اراضی دارای شرایط پیشنهادی لازم از لحاظ شیب، ارتفاع و فاصله از رودخانه و جاده به‌عنوان پارامترهای اصلی می‌باشد که خود بیانگر وضعیت نامناسب توسعه کشاورزی در این حوضه می‌باشد که بر مبنای این مطالعه، می‌توان به ارائه و توسعه الگوهای ارزیابی تناسب سرزمین و اتخاذ تصمیمات مدیریتی در زمینه توسعه کشاورزی پایدار، همسو با منابع طبیعی پایدار، بر اساس واقعیت حاکم بر سیستم کشاورزی کشور ایران پرداخت.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، پتانسیل اراضی، توسعه کشاورزی، کشت پایدار، مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز.

استناد: نی‌نیوا، س. پ. و جلیلیان، ش. (۱۴۰۰). تعیین تناسب و قابلیت اراضی زراعی دیم با اصول آمایش محیطی (مطالعه موردی: زیرحوضه چهل‌گزی، استان کردستان). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۲)، ۸۳-۹۴.

### حق چاپ:



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

## مقدمه

تناسب سرزمین عبارت است از هماهنگ بودن ویژگی‌های سرزمین با کاربری موجود که هدف آن توسعه بدون تخریب است؛ به طوری که استعداد طبیعی سرزمین به همراه توان اقتصادی، نوع استفاده از زمین را مشخص می‌سازند ( Babapour & Khorasani, 2013). اهمیت بررسی وضعیت اراضی و ارزیابی توانمندی آن، زمانی نمود پیدا می‌کند که چنانچه زمین بالقوه فاقد توانمندی برای کاربری خاص باشد، حتی به‌رغم نیاز اقتصادی اجتماعی به وجود آن کاربری، اجرای آن سبب تخریب زیست‌محیطی خواهد شد (Brazier & Greenwood, 1998). از آنجایی که چالش پیش‌رو در امر توسعه پایدار کشاورزی، مسئله امنیت غذایی است، که با توجه به روند رو به رشد جمعیت در کشور و افزایش نیازهای غذایی، اهمیت آن دوچندان می‌شود (Halabian & Esmaeli, 2018). بنابراین در این راستا ارزیابی پتانسیل اکولوژیکی جهت کاربری کشاورزی بر اساس اصول، الگوها و دستورالعمل‌های صحیح و مقایسه آن با کاربری‌های فعلی و تعیین میزان تطابق و عدم تطابق آن‌ها در راستای بهره‌گیری درست و اصولی براساس توانمندی طبیعی منطقه و ممانعت از تخریب و فرسایش بیشتر ضروری به نظر می‌رسد ( Kamyabi & Khosh agha, 2017). در صورتی که این عرصه‌ها با توجه به توان اکولوژی و همچنین با مدیریت صحیح و منطقی مورد حفظ و بهره‌برداری قرار گیرند، سبب فراهم شدن بستر حیات توسعه پایدار کشور خواهند شد ( Sobhani & Tajbakhsh, 2015) و بدون درک درست از نوع استفاده بهینه از سرزمین نمی‌توان به برنامه‌ریزی و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز دست پیدا کرد ( Jayasinghe et al., 2021). در دهه‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای بر مبنای تمرکز بر ارزیابی استعداد و توانمندی سرزمین جهت کاربری زراعی مورد توجه پژوهشگران داخلی و

خارجی قرار گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: Nouri و Jozi Khomsloui (۲۰۱۹) طی پژوهشی به ارزیابی توانمندی‌ها و چالش‌های طبیعی زمین برای فعالیت کشاورزی در شهرستان فریدون‌شهر پرداختند. در این تحقیق ارزیابی توان زمین و همچنین نقشه‌های تعیین توانمندی به‌وسیله سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> و همچنین فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی<sup>۲</sup> جهت وزن‌دهی معیارها را استفاده کردند؛ نتایج این مطالعه نشان داد که ۶/۲۵ درصد از اراضی منطقه در طبقه مناسب قرار دارد. Akinci و همکاران (۲۰۱۳) طی مطالعه‌ای به تحلیل تناسب کاربری کشاورزی در منطقه یوسفعلی شهرستان آرتوین در ترکیه به‌وسیله نقشه‌های تناسب زمین پرداختند. در نهایت با در نظر گرفتن پارامترهای ارتفاع، شیب، فرسایش و ویژگی‌های خاک، نقشه تناسب اراضی کشاورزی را تهیه و در طبقات مناسب تا نامناسب تقسیم‌بندی نمودند. Zolekar و Bhagat (۲۰۱۵) طی پژوهشی با عنوان تحلیل چند معیاره تناسب اراضی برای کشاورزی در منطقه تپه‌ای در حوضه پراوارا و ملا هند، با استفاده از رویکرد MCDM به بررسی تناسب اراضی کشاورزی در منطقه مذکور پرداختند. El Baroudy (۲۰۱۶) نیز طی پژوهشی اقدام به ارزیابی تناسب اراضی جهت کشت مکانیزه گندم با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS، در مصر نمودند.

بنابراین با توجه به اهمیت توجه به استعداد و پتانسیل مناطق در توسعه کشاورزی، هدف از این پژوهش، بررسی وضعیت مکانی اراضی زراعی دیم زیرحوضه چهل‌گزی با توجه به الگوها و دستورالعمل‌های پیشنهادی و بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی در راستای ارزیابی تناسب سرزمین، ارائه الگوهای برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی در زمینه توسعه کشاورزی پایدار، همسو با منابع طبیعی و محیط‌زیست پایدار، بر اساس واقعیت حاکم بر سیستم کشاورزی کشور ایران می‌باشد.



## جدول ۱- الگوها و دستورالعمل‌های پیشنهادی در تناسب سازی مکانی اراضی زراعی

Table 1- Proposed patterns and instructions in spatial adaptation of agricultural lands

منبع Reference	اهمیت الگو Importance of pattern	الگو و دستورالعمل Pattern and instructions	ردیف Row
(Nazari viand <i>et al.</i> , 2020)	به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت خاک و اثرات فرسایش بادی	بارش بیشتر از ۳۵۰ میلی‌متر	1
(Zolekar & Bhagat, 2015)	جلوگیری از فرسایش خاک‌ورزی و افزایش بهره‌وری خاک، چراکه شیب زیاد موجب تسریع جریان آب، افزایش هدررفت آب و اشکال فرسایش آبی می‌شود	شیب زمین کمتر از ۱۶ درصد	2
(Yavari & Zarafshani, 2017; Rokanuddin Eftekhari <i>et al.</i> , 2019; Arethun & Bhatta, 2012; Manduul & Koita, 2007)	حمل و نقل آسان و کاهش هزینه از تولید به مصرف	راه‌های ارتباطی مناسب کشت غالب	3
(Nazari viand <i>et al.</i> , 2020; Salajegheh <i>et al.</i> , 2011) (Chessman & Townsend, 2009)	کنترل کیفیت منابع آب سطحی و جلوگیری از خطرات ناشی از سیل مدیریت زه آب‌های کشاورزی	دوری و نزدیکی به رودخانه‌ها	4
(Rasolly <i>et al.</i> , 2005; Farajzadeh & Takalo bigash, 2002; Faizizadeh, 2008)	دارای رابطه مستقیم با دما، بارش، فشار هوا و جلوگیری از سرمازدگی و اثرات وزش باد	ارتفاع منطقه کمتر از ۱۹۰۰ متری*	5
(Gerewal <i>et al.</i> , 1989; Ahansaz, 2011; Bani Aqeel <i>et al.</i> , 2016; Kazemi <i>et al.</i> , 2014)	دریافت تشعشع و گرما، جلوگیری از سرما و افزایش کیفیت دیم، تأمین رطوبت و بهره‌وری بالای تولید	وضعیت آفتاب‌گیر بودن منطقه	6

\* Rasolly و همکاران (۲۰۰۵)، سطح ارتفاعی ۰ تا ۱۰۰۰ متر را برای کشت دیم پیشنهاد کردند، همچنین بررسی انجام شده توسط Farajzadeh و Takalo bigash (۲۰۰۲)، ارتفاعات کمتر از ۱۷۰۰ متر مناسب کشت دیم شناخته شد و نهایتاً مطالعه Faizizadeh (۲۰۰۸)، مناسب‌ترین محدوده ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ متر برای کشت دیم عنوان شد.

## روش کلی انجام پژوهش

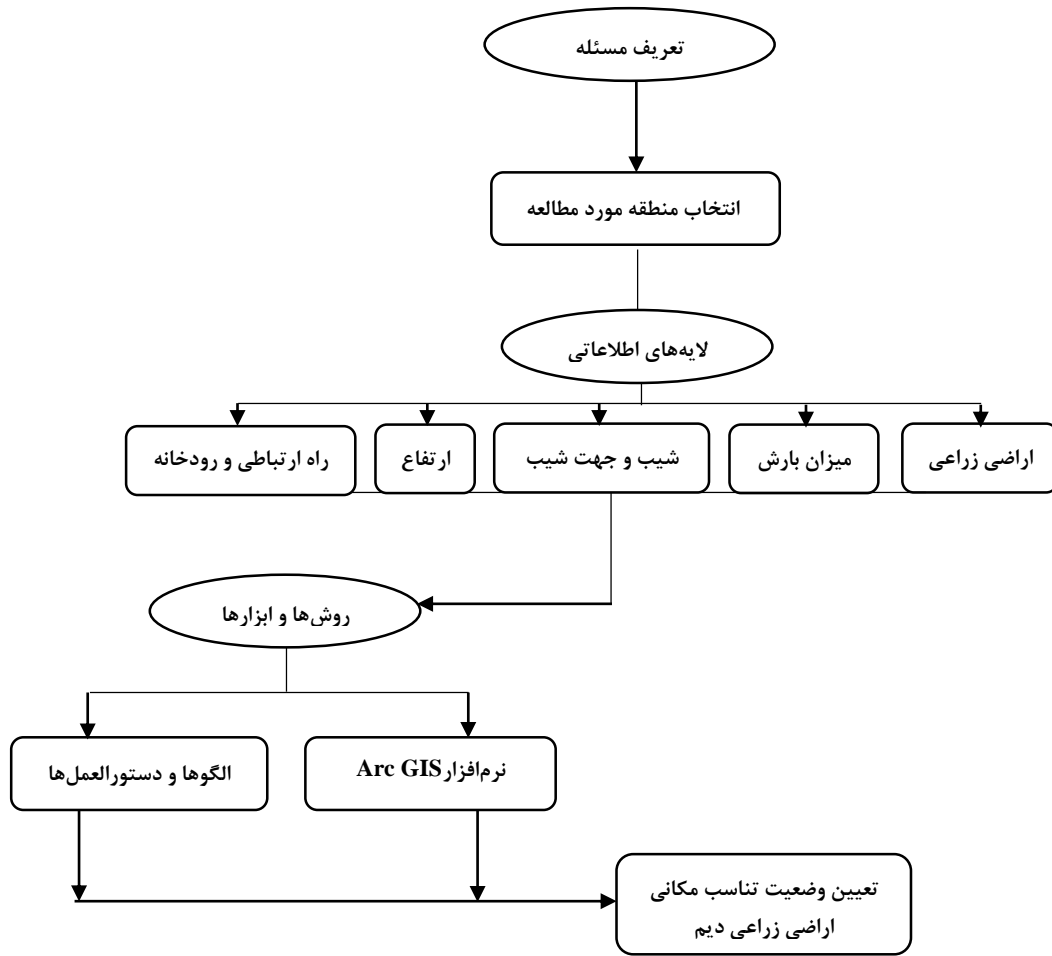
طی این پژوهش ابتدا نقشه اراضی زراعی دیم زیرحوضه چهل‌گزی تهیه و باتوجه به الگوها و دستورالعمل‌های پیشنهادی در تناسب‌سازی مکانی اراضی زراعی در جدول ۱ تطبیق داده شد و در نهایت به کمک نرم‌افزار Arc GIS وضعیت همسو یا غیرهمسو بودن اراضی زراعی منطقه با الگوها و دستورالعمل‌های پیشنهادی مشخص و نقشه و درصد تناسب اراضی زراعی تعیین گردید؛ که شکل ۲ روند کلی انجام پژوهش را به زبانی ساده‌تر نمایش می‌دهد.

## نتایج

## وضعیت اراضی نسبت به نقشه بارش

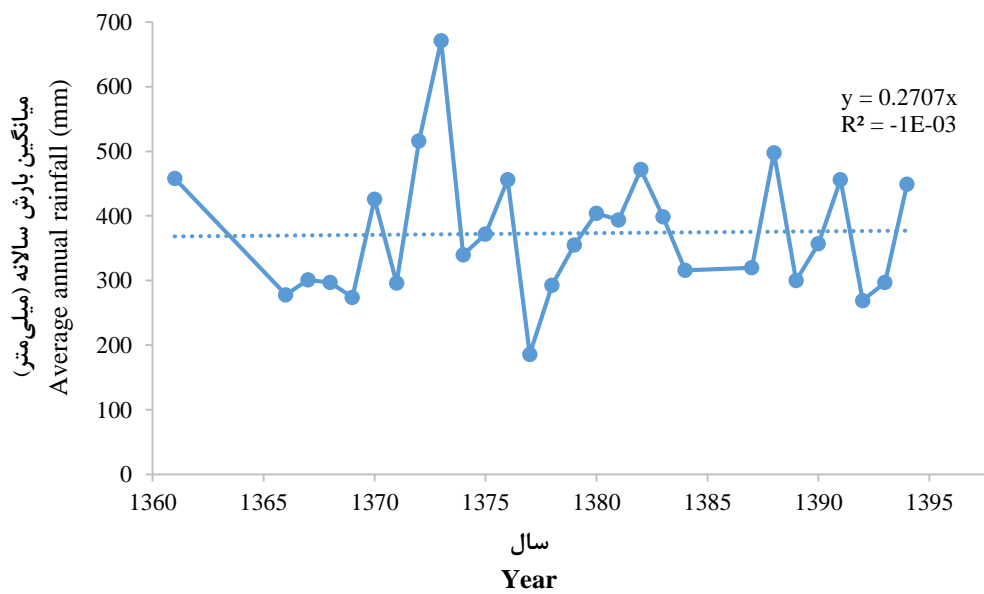
با وجود چند ایستگاه باران‌سنجی در اطراف و داخل

حوزه آبخیز سد قشلاق، تنها یک ایستگاه باران‌سنجی در زیرحوضه چهل‌گزی موجود می‌باشد؛ این ایستگاه با نام ایستگاه باران‌سنجی تودارصمدی مربوط به سازمان هواشناسی بوده که دارای آمار روزانه بارندگی از حوضه چهل‌گزی می‌باشد (Nainiva, 2018). علاوه بر این ایستگاه، یک ایستگاه با نام سراب قامیش مربوط به شرکت آب منطقه‌ای در نزدیکی حوضه نیز موجود می‌باشد که با توجه به آمار این ایستگاه (۲۹ سال از ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۴)، میانگین بارش سالانه حوضه ۳۷۳ میلی‌متر تخمین زده شد که باتوجه به مقدار موجود، اراضی زراعی دیم حوضه همسو با دستورالعمل پیشنهادی ۳۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. شکل ۳ تغییرات بارش سالانه حوضه چهل‌گزی باتوجه به ایستگاه سراب قامیش را نشان می‌دهد.



شکل ۲- روند کلی انجام پژوه

Figure 2- The general process of conducting research



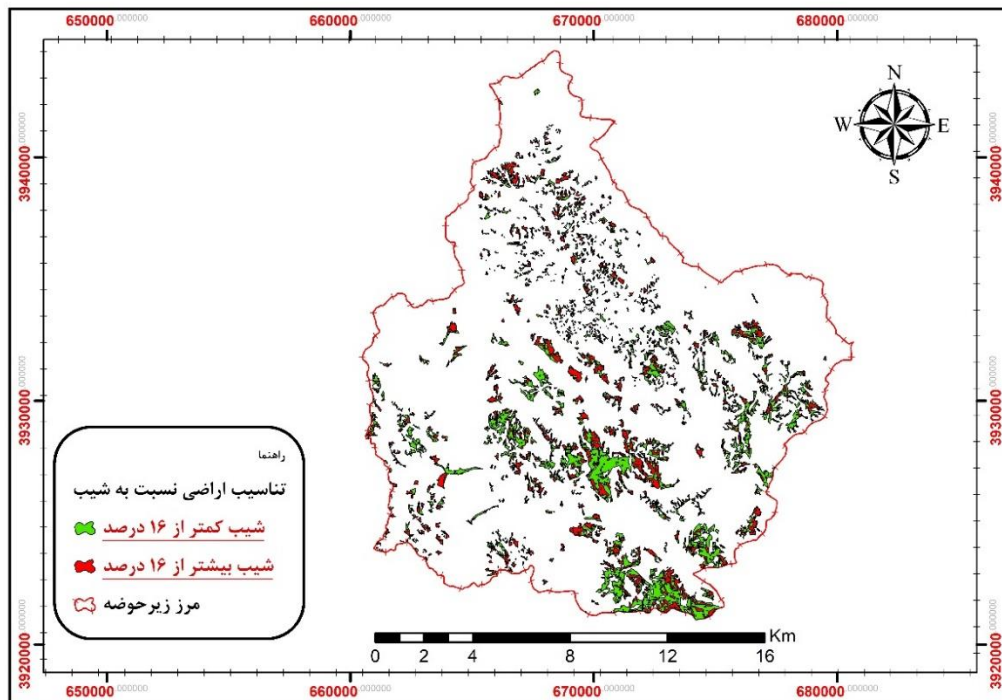
شکل ۳- تغییرات بارش سالانه حوضه چهل‌گزی (ایستگاه سراب قامیش)

Figure 3- Annual rainfall changes in Chehelgazi basin (Sarab Qamish station)

## نقشه تناسب اراضی نسبت به شیب

زیرحوضه چهل‌گزی شامل کاربری‌های زراعت دیم و آبی، باغات توأم با زراعت، مراتع، مسکونی و صنعتی می‌باشد (Department of natural resources and watershed management of Kurdistan Province, 2014)؛ اما در این مطالعه تنها اراضی زراعی دیم به دلیل غالبیت در منطقه مد نظر قرار گرفته و متناسب با موقعیت مکانی هر کدام از اراضی و همپوشانی آنان با لایه

شیب حوضه، نقشه کاربری اراضی زراعی توأم با دستورالعمل شیب مناسب جهت زراعت تهیه شد. شکل شماره ۴ نقشه کاربری اراضی زراعی دیم در شیب‌های مناسب جهت زراعت، مطابق دستورالعمل جدول ۱ را نشان می‌دهد که با توجه به مساحت تقریبی ۳۱۱۷/۹۴ هکتاری اراضی زراعی دیم حوضه، ۲۰۰۰/۳۶ هکتار از این اراضی در شیب کم‌تر از ۱۶ درصد و همسو با دستورالعمل پیشنهادی شیب می‌باشد.



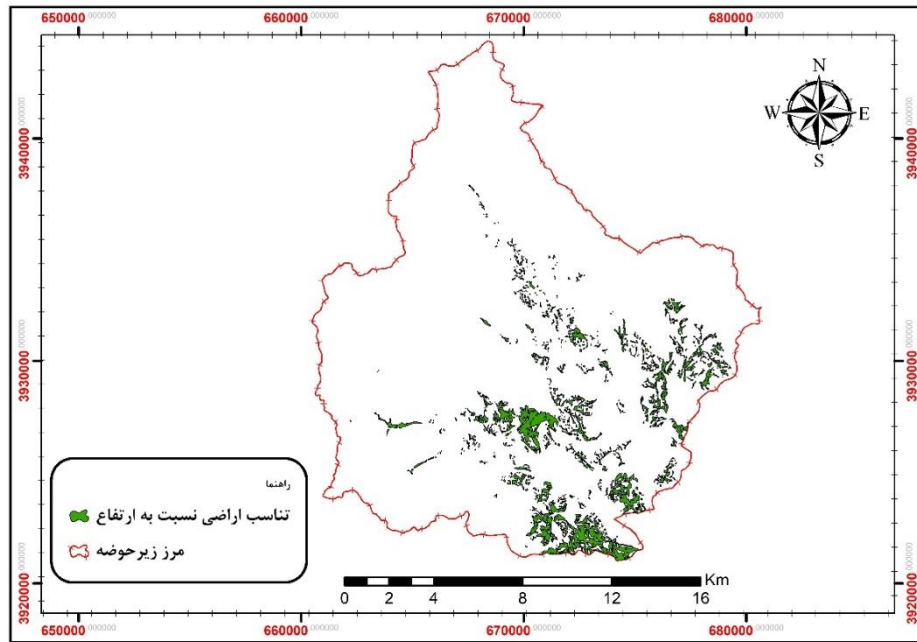
شکل ۴- کاربری اراضی زراعی در شیب مناسب زراعت دیم

Figure 4- Land use in a suitable slope of rainfed agriculture

## نقشه وضعیت اراضی نسبت به ارتفاع

شاخص ارتفاع از سطح دریا به دلیل تأثیر بر تنوع اقلیم، کشت محصول، نسبت بارش و همچنین تأثیر مستقیم بر دما دارای نقش کلیدی در توسعه یا محدودیت کشت می‌باشد (Feizizadeh et al., 2012). به منظور بررسی تناسب زراعی نسبت به ارتفاع، با توجه به جمع‌بندی از مرور منابع، محدوده ۰ تا ۱۹۰۰ متری، به عنوان مناسب‌ترین محدوده کشت زراعی پیشنهاد می‌شود. در این راستا نقشه کاربری اراضی زراعی دیم توأم با

دستورالعمل سطوح ارتفاعی مناسب جهت زراعت تهیه شد. در بررسی وضعیت اراضی نسبت به ارتفاع، اراضی همسو با شیب پیشنهادی کمتر از ۱۶ درصد مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۵ نقشه کاربری اراضی زراعی در ارتفاعات مناسب زراعت را مطابق دستورالعمل جدول ۱ نشان می‌دهد که با توجه به مساحت تقریبی ۲۰۰۰/۴ هکتار از اراضی دیم با شیب کم‌تر از ۱۶ درصد، ۱۱۷۸/۳ هکتار از این اراضی در ارتفاع کمتر از ۱۹۰۰ متر واقع و همسو با دستورالعمل پیشنهادی ارتفاع می‌باشد.



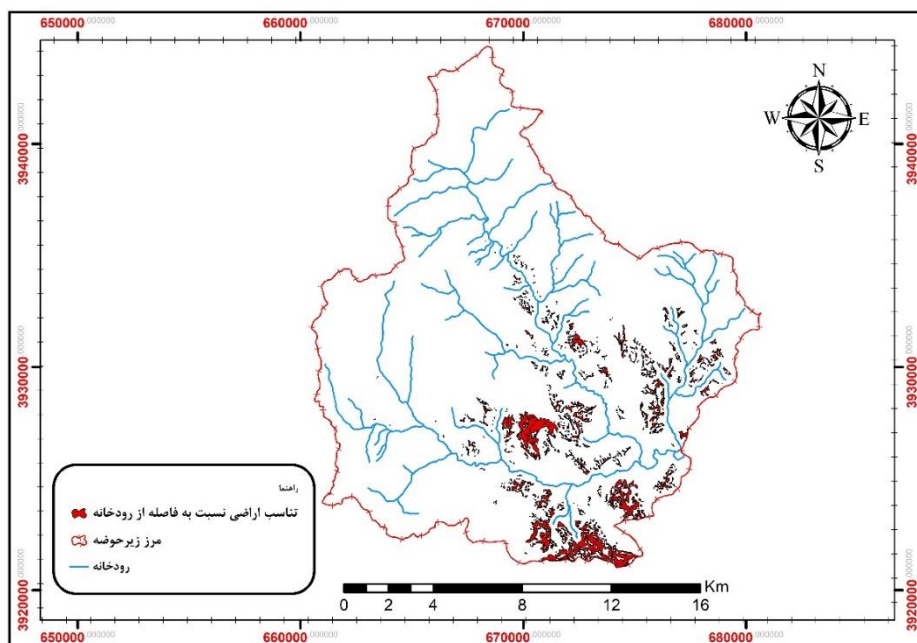
شکل ۵- کاربری اراضی زراعی در ارتفاع مناسب زراعت دیم

Figure 5- Use of arable land at the appropriate height of rainfed agriculture

در اراضی متناسب با الگو شیب و ارتفاع بررسی شد که نتایج نشان داد مساحت ۹۱۷/۸ هکتار در فاصله مناسب از رودخانه واقع شده است. شکل ۶ وضعیت اراضی نسبت به رودخانه‌های زیرحوضه چهل‌گزی و همسو بودن با دستورالعمل پیشنهادی رودخانه را نشان می‌دهد.

#### نقشه وضعیت اراضی نسبت به رودخانه‌ها

از آنجا که معیار فاصله‌ای خاصی در منابع به‌منظور مدیریت زه‌آب‌های کشاورزی و آلاینده‌های ناشی از آبشویی و زهکشی اراضی کشاورزی پیدا نشد؛ بنابراین حریم ۲۰۰ متری مد نظر قرار گرفت. حریم ذکر شده رودخانه

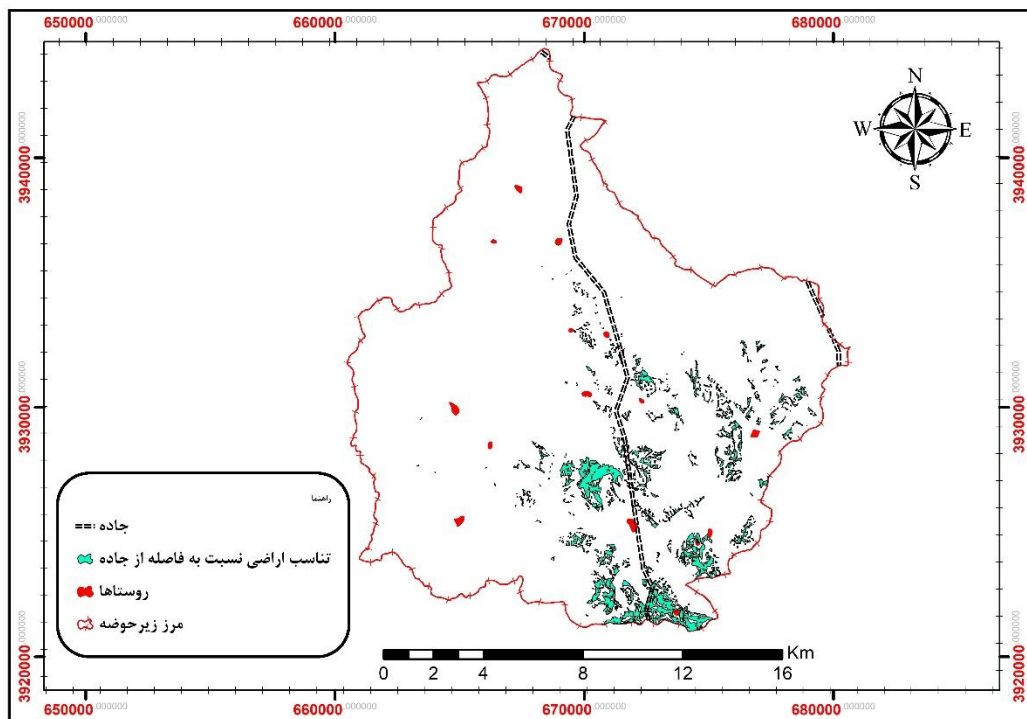


شکل ۶- وضعیت اراضی زراعی نسبت به رودخانه‌ها

Figure 6- Status of arable lands in relation to rivers

زراعی دیم شده است؛ همچنین راه ارتباطی اصلی موجود در حوضه به‌گونه‌ای است که حوضه را به دو قسمت شرقی و غربی تقسیم می‌نماید، بنابراین اراضی زراعی مناسب حوضه با توجه به این راه اصلی در دو طرف در فاصله مستقیم کمتر از ۱۰ کیلومتر واقع شده‌اند. شکل ۷ وضعیت اراضی مناسب نسبت به راه‌های ارتباطی اصلی و روستاهای حوضه چهل‌گزی را نشان می‌دهد.

**نقشه وضعیت اراضی نسبت به راه ارتباطی اصلی**  
یکی از شاخص‌ها مهم به‌منظور ارزیابی تناسب زراعی، وضعیت اراضی نسبت به راه ارتباطی اصلی است، چرا که این مسئله در عواملی مانند سهولت دسترسی به روستاهای دیگر، بازار، سردخانه و مراکز جمع‌آوری محصول، هزینه‌های عملکردی وسیله نقلیه نمود پیدا می‌کند (Rokanuddin Eftekhari et al., 2019). پراکنش ۱۵ روستا در حوضه سبب دسترسی بهتر اراضی



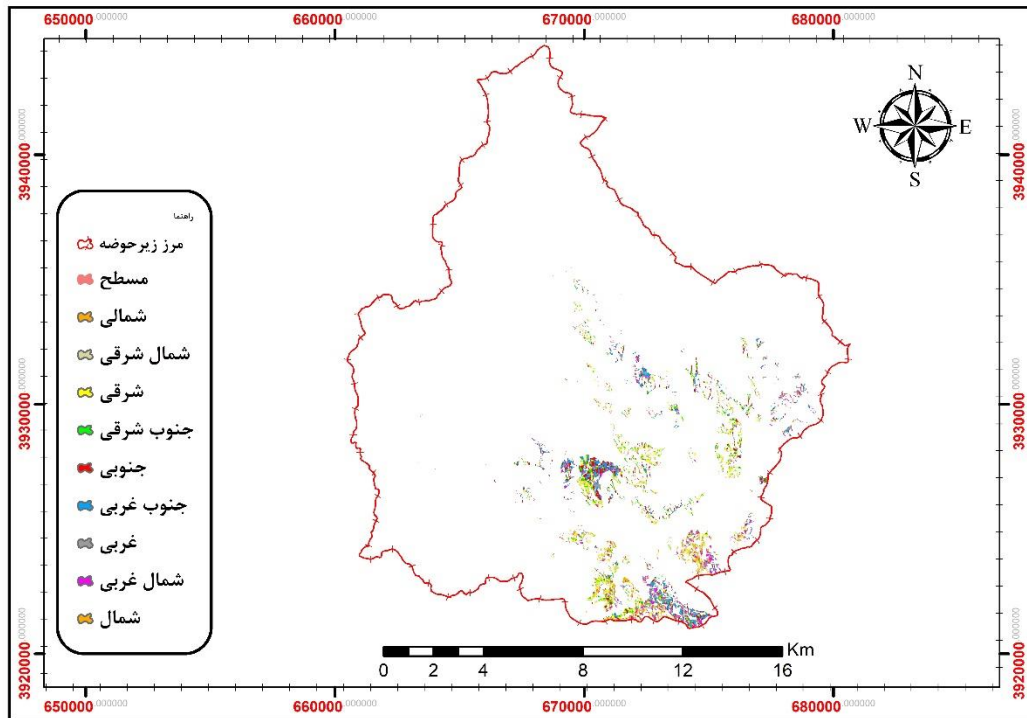
شکل ۷- وضعیت اراضی زراعی نسبت به راه ارتباطی اصلی

Figure 7- Status of arable lands in relation to the main communication route

با جهت شمالی، ۱۳۲/۴۸ هکتار با جهت جنوبی، ۱۳۹/۷ هکتار با جهت شرقی و ۱۱۴/۷ هکتار با جهت غربی می‌باشد. جهت‌های مسطح به‌علت دریافت تشعشع و گرما موجب افزایش رشد، جلوگیری از سرما و افزایش کیفیت دیم و جهت‌های شمالی و غربی به‌منظور دارا بودن رطوبت و توسعه خاک بیشتر مدنظر قرار گرفت. شکل ۸ وضعیت اراضی زراعی دیم در جهت‌های جغرافیایی به منظور تأمین رطوبت و بهره‌وری بیشتر را نشان می‌دهد.

**نقشه وضعیت اراضی نسبت به تابش آفتاب یا جهت شیب**

به‌منظور بررسی وضعیت اراضی نسبت به تابش آفتاب، مسئله جهت جغرافیایی از اهمیت زیادی برخوردار است. در بررسی وضعیت اراضی نسبت به تابش آفتاب، اراضی استخراج شده همسو با شیب، ارتفاع و فاصله مناسب از رودخانه و جاده، مورد بررسی قرار گرفت. از این اراضی مساحت ۳۲/۹۸ هکتار به‌صورت مسطح، ۱۱۰/۹۵ هکتار



شکل ۸- وضعیت اراضی زراعی نسبت به تابش آفتاب یا جهت شیب  
Figure 8- Condition of arable lands in relation to sunlight or slope direction

میلی متر می باشد. از لحاظ وضعیت راه ارتباطی، اکثریت اراضی در فاصله مستقیم کمتر از ۱۰ کیلومتر واقع شده اند. نهایتاً از کل مساحت تقریبی ۳۱۱۷/۹۴ هکتاری اراضی زراعی دیم حوضه چهل گزی با فرض تأثیر کم جهت شیب یا آفتاب گیر بودن، ۲۹/۴۳ درصد از کل اراضی دارای شرایط پیشنهادی لازم از لحاظ شیب، ارتفاع و فاصله از رودخانه و جاده می باشد.

### نتیجه گیری کلی

این مطالعه به بررسی وضعیت اراضی زراعی دیم بر اساس الگوها و دستورالعمل های پیشنهادی در تناسب سازی مکانی اراضی زراعی زیرحوضه چهل گزی در استان کردستان با بهره گیری از توانمندی سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته است. نتایج نشان می دهد که زیرحوضه چهل گزی به طور کلی از نظر وضعیت توسعه کاربری زراعی دیم در شرایط نامناسبی قرار دارد؛ بنابراین با توجه به اهمیت تطابق کاربری با اهداف مربوطه به جهت افزایش عملکرد مناسب در تولید، پیشنهاد می شود الگوها و دستورالعمل های معرفی شده

### بحث

پس از بررسی وضعیت مکانی اراضی زراعی زیرحوضه چهل گزی با توجه به الگوها و دستورالعمل های پیشنهادی در زمینه تناسب سازی نتایج گویای این می باشد که از لحاظ وضعیت شیب ۶۴/۱۵ درصد از کل اراضی همسو با دستورالعمل پیشنهادی با توجه به تحقیقات صورت گرفته توسط Bhagat و Zolekar (۲۰۱۵)، در شیب کمتر از ۱۶ درصد است و از لحاظ وضعیت ارتفاع ۳۷/۷۸ درصد اراضی با شیب مناسب، با تحقیقات انجام شده توسط Feizizadeh و همکاران (۲۰۱۲)، Farajzadeh و Takalo bigash (۲۰۰۲) و Rasolly و همکاران (۲۰۰۵)، در ارتفاع پیشنهادی مناسب واقع است. از لحاظ وضعیت رودخانه ۲۹/۴۳ درصد از اراضی با ارتفاع و شیب مناسب، در فاصله مناسبی از رودخانه واقع می باشند. از لحاظ وضعیت تابش، ۸/۲۹ درصد از اراضی همسو با شیب و ارتفاع پیشنهادی، در جهت های مسطح، شمالی و غربی واقع می باشند. از لحاظ وضعیت بارش کل اراضی حوضه همسو با دستورالعمل پیشنهادی در بارش بیشتر از ۳۵۰

الف- تدوین و تعریف دستورالعمل‌های جامع با توجه به انواع کشت و مناطق تحت کشت.

ب- ارائه مطالعه بنیادی در سطح کشور با الگوها و دستورالعمل‌های بیشتر، به منظور ارزیابی پتانسیل‌های زراعی.

ج- ترغیب، ترویج و آموزش کشاورزان به رعایت شیوه‌ها و دستورالعمل‌ها زراعی به‌جای آموخته‌های نسل به نسل.

ه- مکلف کردن دستگاه‌های اجرایی در اجرایی نمودن دستورالعمل‌های تناسب‌سازی اراضی زراعی.

در این پژوهش برای برنامه‌ریزی اصولی و تصمیم‌گیری درست و همچنین آموزش، ترویج و اجرای پروژه‌های سودمند در ارتباط با آمایش سرزمین و جلوگیری از تخریب منابع طبیعی و محیط‌زیست، براساس واقعیت حاکم بر سیستم کشاورزی کشور ایران مورد توجه و توسعه قرار گیرد. بنابراین با توجه به اهمیت نقش کشاورزی توصیه‌های کلی زیر به‌عنوان دستاورد مطالعه حاضر در راستای واقعیت‌های حاکم بر سیستم کشاورزی استان کردستان و کشور ایران پیشنهاد می‌گردد:

## References

- Ahansaz, S. (2011). *Land suitability analysis of wheat cultivar in gorganroud basin by using geographical information system*. M.Sc., Thesis, Faculty of Agriculture, Gonbad-e-Kavous University. (In Persian)
- Akinci, H., Ozalp, A. & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71-82. Doi: 10.1016/j.compag.2013.07.006
- Arethun, T. & Bhatta, B. (2012). Contribution of rural roads to access to- and participation in markets: theory and results from Northern Ethiopia. *Journal of Transportation Technologies*, 2, 165-174. Doi: 10.4236/jtts.2012.22018.
- Babapour, M. & Khorasani Alamdari, M. (2013). *Ecological capability evaluation Valley to invest in Aq tea tourism in the province of Gilan*. Place of publication. International Conference on landscape ecology Iran.
- Bani Aqeel, A., Rahemi Karizki, A. & Faramarzi, H. (2016). Physiographic zoning of wheat cultivation potential using weighted linear composition (WLC) method in Golestan province. *Journal of Plant Ecophysiological Applied Research*, 3(1), 17-30. (In Persian)
- Brazier, A. M. & Greenwood, R. L. (1998). Geographic information system: a consistent approach to land use planning decisions around hazardous installations. *Journal of Hazardous Materials*, 61, 355-361. Doi: 10.1016/S0304-3894(98)00143-5.
- Chessman, B. & Townsend, S. (2009). Differing effects of catchment land use on water chemistry explain contrast behavior of a diatom index in tropical northern and temperate southern Australia. *Ecological Indicators*, 10(3), 620-626. Doi: 10.1016/j.ecolind.2009.10.006.
- Department of natural resources and watershed management of Kurdistan Province. (2014). report of studies and evaluation of the implementation and effectiveness of watershed projects. parcel A of Gheshlagh dam of Sanandaj (6 sections). Sazeh Ab Shafagh consulting engineer Co, 469 pages (In Persian)
- El Baroudy, A. A. (2016). Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. *Catena*, 140, 96-104. Doi: 10.1016/j.catena.2015.12.010.
- Faizizadeh, B. (2008). *Establishment of a database for agricultural lands in the cities of East Azerbaijan province using remote sensing technology and geographic information system*. Research Project, Crop Production Management of the Agricultural Jihad Organization of East Azerbaijan Province.
- Farajzadeh, M. & Takalo bigash, A. (2002). Agroclimatic zoning in hamedan province using GIS technique based on dry wheat. *Geographical Research Quarterly*, 33(41), 93-105. (In Persian)
- Feizizadeh, B., Abdali, H., Rezaei banfshah, M. & Mohammadi, G. (2012). Zoning of susceptible area to rainfed wheat in the eastern Azerbaijan province by geospatial

- analysis of GIS. *Applied Field Crops Research*, 25(3), 75-91. (In Persian)
- Grewal, D. S., Dhillon, M. S., Sharma, K. & Dhingra, K. K. (1989). Crop geometry in pearl millet (*Pennisetum typhoides*) genotypes at different nitrogen levels. *Environment and Ecolog*, 7, 941-944.
  - Halabian, A. & Esmaeli, N. (2018). Land suitability evaluation based on the climatic elements for canola cultivation using fuzzy and ahp model in kordestan. *Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4), 133-150. Doi: 10.22034/jest.2017.11628. (In Persian)
  - Jayasinghe, A., Madusanka, N. B. S., Abenayake, C. & Mahanama, P. K. S. (2021). A modeling framework: to analyze the relationship between accessibility, land use and densities in urban areas. *Sustainability*, 13(467), 2-18. Doi: 10.3390/su13020467.
  - Kamyabi, S. & Khosh Agha, A. (2017). Evaluation of ecological potential of agriculture and rangeland management of Mahneshan basin of Zanjan Province with the aim of land management. *Natural Ecosystems of Iran*, 8(3), 47-67. (In Persian)
  - Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S. & Sadeghi, S. (2014). Agro-ecological zoning of golestan province lands for soybean cultivation using geographical in formation system (GIS). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(4), 21-40. (In Persian)
  - Manduul, B. & Kotia, Y. (2007). Preliminary discussion paper on guidance for the developing countries to build a sustainable freight transport system.
  - Nainiva, S. P. (2018). *Estimation of runoff in a snow cover by using SRM model (Case Study: Farmland in Chehelgazi sub-basin, Kurdistan Province*. Master thesis, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
  - Nainiva, S. P., Shahedi, K., Zahedi, P. & Entezami, H. (2020). Estimation of snowmelt runoff in water requirement of farmland in Chehelgazi Sub-basin, Kurdistan Province. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 12(4), 976-962. Doi: 10.22092/ijwmse.2020.125702.1631. (In Persian)
  - Nazari Viand, F., Koohestani, H., Zarifian, S. & Kazemieh, F. (2020). Land suitability assessment for agriculture using analytical hierarchy process in northern parts of khalkhal county (Case Study: Mikaeel abad catchment). *Journal of Agricultural Science*, 30(1), 225-239. (In Persian)
  - Nouri, S. H. & Jozi Khomsloui, A. (2019). Assessing the capabilities and natural challenges of land for agricultural activities in the city of Fereydunshahr. *Scientific Research Journal of Geography and Planning*, 23(68), 305-285. (In Persian)
  - Rasolly, A., Ghassamy, K. & Subhhany, B. (2005). The role of precipitation and elevation to determine suitable areas for the cultivation of wheat using GIS (Case study: Ardabil). *Journal of Geography and Development*, 183-200. (In Persian)
  - Rokanuddin Eftekhari, A., Farrokhi Sis, S., Portaheri, M. & Karami, J. (2019). Analysis of the role of road network in the transfer of agricultural products in rural areas of Maragheh, Quarterly. *Journal of Space Economics and Rural Development*, 8(3), 226-203. (In Persian)
  - Sadeghi, H. R., Gholami, L. & Khaledi Darvishan, A. (2007). Comparison of methods for estimating the ratio of storm sediment delivery in the Chehelgazi watershed of Gheshlagh Dam in Kurdistan Province. *Journal of Agricultural Sciences and Industries, Special Water and Soil*, 22(1), 150-141. (In Persian)
  - Salajegheh, A., Razavizadeh, S., Khorasani, N., Hamidifar, M. & Salajegheh, S. (2011). Land use changes and its effects on water quality (case study: Karkheh watershed). *Journal of Environmental Studies*, 37(58), 81-86. (In Persian)
  - Sobhani, M. & Tajbakhsh, M. (2015). *The relationship between comprehensive management and planing*. The First Land of the New National Conference on Life Science and Agriculture, Tehran. (In Persian)
  - Yavari, N. & Zarafshani, K. (2017). Factors influencing the adoption of saffron in songhor and sahne counties inKermanshah province. *Journal of Saffron Research*, 5(1), 111-123. (In Persian)
  - Zolekar. R. B. & Bhagat, V. S. (2015), Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 300-320. Doi: 10.1016/j.compag.2015.09.016.



## Content

**Evaluation of the Efficiency of Artificial Neural Network and Random Forest Models in Predicting Groundwater Quality Parameters of Yazd-Ardakan Plain**

Hassan Fathizad and Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani

---

1-19

**Analysis of the Constituent Elements of the Desire of Watershed Residents to Participate in Watershed Management Projects (Case Study: Great Naein River Basin, Isfahan Province)**

Hadiseh Jeyhoni Naeini, Ali Najafinejad, Amir Sadoddin and Ebrahim Omidvar

---

21-33

**Application of Spatial Statistics in Evaluating the Spatial Correlation Patterns of Noise Pollution in the Central Part of Zayandeh-Rood Watershed**

Alireza Ildoromi and Sedighe Abdollahi

---

35-46

**Evaluating the Rate of Natural Land Degradation Based on Land Use Change in Zagros Forests**

Nahid Jafareiyani and Omid Karami

---

47-61

**Economic Valuation of Ecosystem Services: A Review of Concepts and Methods**

Fateme Mohammadyari and Ardavan Zarandian

---

63-81

**Determining the Capability of Agricultural Lands and the Degree of Compliance with the Principles of Environmental Management (Case Study: the Chehelgazi Sub-basin, Kurdistan Province)**

Seyed Pedram Nainiva and Shadi Jalilian

---

83-94





# Journal of Integrated Watershed Management

Vol: 1, No: 2. Winter 2022

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. Ali Salajegheh** (Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran)

**Dr. Abolfazl Mosaedi** (Professor, Department of Water Science and Engineering Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran)

**Dr. 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. Jahangir Porhemmat** (Professor, Research Group of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran)

**Dr. Hamid Reza Pourghasemi** (Professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, 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)

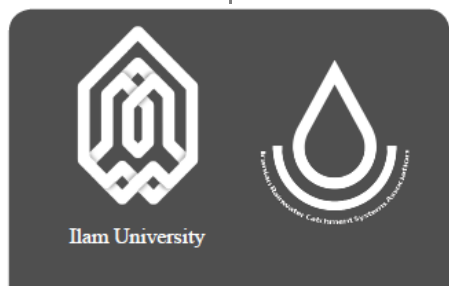
**Dr. Pedro J.M. Costa** (Assistant Professor, Departamento de Ciencias da Terra, Universidade de Coimbra, Portugal)

Manager: Dr. Mehdi Heydari

Editor (English Version): Mohammad Najafi Shoa

Editor (Persian Version): Dr. Mehdi Heydari; Dr. Noredin Rostami; Dr. Somayeh Hajinia

Cover & Page Designer: Farshad Rahmani



Address: Deputy of Research and Technology, Ilam University,  
Pajoohesh Bolvd, Ilam- Iran

P. O. Box: 69317-516

Telfax: 0843222703

Email: [iwm@ilam.ac.ir](mailto:iwm@ilam.ac.ir)

Web Site: [www.iwm.ilam.ac.ir](http://www.iwm.ilam.ac.ir)

Journal of

# Integrated Watershed Management



Ilam University

Vol: 1, No: 2. Winter 2022

Online ISSN: 2783-4581

## **Evaluation of the Efficiency of Artificial Neural Network and Random Forest Models in Predicting Groundwater Quality Parameters of Yazd-Ardakan Plain**

Hassan Fathizad and Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani

1-19

## **Analysis of the Constituent Elements of the Desire of Watershed Residents to Participate in Watershed Management Projects (Case Study: Great Naein River Basin, Isfahan Province)**

Hadiseh Jeyhoni Naeini, Ali Najafnejad, Amir Sadoddin and Ebrahim Omidvar

21-33

## **Application of Spatial Statistics in Evaluating the Spatial Correlation Patterns of Noise Pollution in the Central Part of Zayandeh-Rood Watershed**

Alireza Ildoromi and Sedighe Abdollahi

35-46

## **Evaluating the Rate of Natural Land Degradation Based on Land Use Change in Zagros Forests**

Nahid Jafareiyani and Omid Karami

47-61

## **Economic Valuation of Ecosystem Services: A Review of Concepts and Methods**

Fatemeh Mohammadyari and Ardavan Zarandian

63-81

## **Determining the Capability of Agricultural Lands and the Degree of Compliance with the Principles of Environmental Management (Case Study: the Chehelgazi Sub-basin, Kurdistan Province)**

Seyed Pedram Nainiva and Shadi Jalilian

83-94