

بیت‌افزاینده

فصلنامه

# حفرافیا و یاداری محیط

(نشریه علمی)

سال دهم

شماره ۳۵

تابستان ۱۳۹۹

شاپای چاپی: ۲۳۲۲-۳۱۹۷

شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۵۶۸۳

## جغرافیا و پایداری محیط

نشریه جغرافیا و پایداری محیط براساس مجوز شماره ۱۶۸۳۲۳/۳/۱۸/۱۶ به تاریخ ۱۳۹۴/۸/۱۶ کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور (وزارت علوم تحقیقات و فناوری) از شماره پاییز ۱۳۹۴ حائز رتبه علمی شده است. مجوز انتشار فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط طی ابلاغیه شماره ۹۱/۱۹۴۰۲ مورخ ۹۱/۷/۸ معاونت امور مطبوعاتی و اطلاع رسانی وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی صادر شده است.

«این نشریه با همکاری انجمن ایرانی ژئومورفولوژی منتشر می شود.»

زبان نشریه: فارسی

تناوب انتشار: فصلنامه

قالب انتشار: چاپی - الکترونیکی

نوع داوری: دوسو ناشناس

سال: دهم

شماره: ۳۵

فصل: تابستان

صاحب امتیاز: دانشگاه رازی

تیراژ: ۳۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

نشانی: کرمانشاه، باغ ابریشم، دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دفتر فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط.

صندوق پستی: ۹۴۱-۶۷۱۴۴۱۴

دورنگار: ۰۸۳۳۴۲۸۳۹۰۳

تلفن: ۰۹۱۸۵۸۱۷۹۸۹

نشانی وبگاه: <http://ges.razi.ac.ir>

نشانی الکترونیکی نشریه: [gse@razi.ac.ir](mailto:gse@razi.ac.ir)

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

- پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)
- پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)
- پایگاه بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran)
- پایگاه مجلات تخصصی نور (Noormags)

سال دهم  
شماره ۳۵  
تابستان ۱۳۹۹  
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲  
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

صاحب امتیاز: دانشگاه رازی  
مدیرمسئول: حسن ذوالفقاری (دانشیار دانشگاه رازی)  
سردبیر: ایرج جباری (دانشیار دانشگاه رازی)

### اعضای هیئت تحریریه

- |                        |                                                           |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ۱- ساموئل تی. میلر     | استاد هواشناسی دانشگاه پلیموس ستیت، نیو هامپشایر، آمریکا  |
| ۲- سعید جهانبخش اصل    | استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز دانشگاه تبریز             |
| ۳- علی محمد خورشیددوست | استاد اقتصاد و مدیریت محیط‌زیست                           |
| ۴- محمدرضا رضوانی      | استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تهران         |
| ۵- میر ستار صدرموسوی   | استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای دانشگاه تبریز |
| ۶- قاسم عزیزی          | استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران                           |
| ۷- منوچهر فرج‌زاده     | استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس                      |
| ۸- مجتبی قدیری معصوم   | استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تهران         |
| ۹- فرانسیسکو گوتیرز    | استاد ژئومورفولوژی دانشگاه زاراگوزا                       |
| ۱۰- مجتبی یمانی        | استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران                          |
| ۱۱- سید علی بدری       | دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تهران       |
| ۱۲- مهدی پورطاهری      | دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تربیت مدرس  |
| ۱۳- ایرج جباری         | دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه رازی                         |
| ۱۴- فیروز مجرد         | دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه رازی                          |
| ۱۵- امجد ملکی          | دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه رازی                         |

### همکاران علمی این شماره:

مرتضی اسمعیل‌نژاد، روح‌اله اوجی، مهدی ثقفی، مسعود جلالی، علی محمد خورشیددوست، زهرا رحیم‌زاده، غلامرضا سبزقبائی، سارا عطارچی، محمدرضا علمی، امان‌اله فتح‌نیا، چوقی بایرام کمکی، وحید محمدنژاد، حسین مددی.

مدیر داخلی و اجرایی: مجید احمدی ملوردی

کارشناس اجرایی: نسرين عزیزی  
ویراستار انگلیسی: رؤیا تابعی  
ویراستار ادبی و صفحه‌آرا: هدی رضایی





## راهنمای تدوین مقالات

## ۱. نکات قابل توجه نویسندگان پیش از نگارش مقاله

۱-۱. اصول اخلاقی، مندرج در اطلاعات نشریه ۱، به دقت مطالعه فرمایید.

۱-۲. تمامی مقالات ارسالی به نشریهٔ جغرافیا و پایداری محیط، پیش از ورود به فرایند داوری با نرم‌افزار مشابهت‌یابی بررسی خواهند شد.

۱-۳. لازم است نویسندگان محترم **فرم تعارض منافع و تعهد نامه** مجله را تنظیم و به همراه فایل اصلی مقاله در قسمت فایل‌های پیوست بارگذاری فرمایند. برای شروع فرایندهای ارزیابی مقاله این فرم الزامی است.

۱-۴. با توجه به قلمرو و چشم‌اندازهای بخش اطلاعات نشریه (در وبگاه) و به‌دلیل تخصصی‌بودن، تنها موضوعات مربوط به بایرداری فضای جغرافیایی، برای فصلنامه پذیرفته می‌شود.

۱-۵. نام و مشخصات نگارندگان به‌طور دقیق نوشته شود و نویسندۀ مسئول، هدایت اصلی نگارش مقاله را برعهده بگیرد.

۱-۶. اگر نویسنده یا نویسندگان در تهیه مقاله از منابع مالی، فکری و اداری سازمان‌ها یا نهادهای خاصی استفاده کرده‌اند، در بخش سیاست‌گذاری (پس از نتیجه‌گیری) به میزان کمک آن‌ها اشاره کنند.

۷-۱. سیاست مالی نشریه به صورت ذیل است، خواهشمند است به آن توجه فرمایید: با توجه به ضرورت مشارکت نویسندگان/ نویسندگان محترم در تأمین هزینه‌های آماده‌سازی، چاپ و انتشار نشریه، پس از تأیید هر مقاله برای چاپ، مبلغ

دویست هزار تومان (تا سقف ۱۵ صفحه) دریافت خواهد شد و به ازای هر صفحه اضافه بر آن نیز، مبلغ بیست هزار

**تومان** دریافت می‌شود. چنانچه مقاله‌ای پس از فرایند داوری، بازپس گرفته شود، معادل ۵۰٪ هزینه داوری دریافت خواهد شد. هزینه یادشده به حساب شماره ۴۷۳۳۰۳۰۲۰۵۴۷ با شناسه واریز IR ۸۲۰۱۰۰۰۴۰۰۱۰۷۳۳۰۳۰۲۰۵۴۷ نزد بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران به نام درآمدهای اختصاصی دانشگاه رازی - مجله جغرافیا و پایداری محیط واریز شود. بدیهی است در صورت واریز نکردن وجه، مقاله از فرایند چاپ کنار گذاشته خواهد شد.

۸-۱. نشریه جغرافیا و پایداری محیط آمادگی خود را برای چاپ سه نوع مقاله اعلام می‌کند؛ لذا خواهشمند است پیش‌تر نوع مقاله خود را تعیین کنید تا بتوانید عنوان‌بندی مقاله را براساس آن تنظیم کنید.

۹-۱. بذیرش مقاله تنها از طریق سایت فصلنامه (<http://ges.razi.ac.ir>) امکان پذیر است.

۱-۱۰. چنانچه نویسنده/ نویسندگان، مقاله‌ای را در مرحله داورِ این نشریه داشته باشند، تا زمان روشن شدن نتیجه داورِ مرحله از پذیرش هم‌زمان مقالات دیگر معذور خواهد بود.

۱-۱۱. 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 انتظار می‌رود نویسندگان محترم تا هنگامی که جواب پذیرش یا رد از نشریه دریافت نکرده‌اند، مقاله خود را به نشریه دیگری برای چاپ یا بررسی ارسال نکنند.

۱-۱۲. زبان رسمی نشریه فارسی است؛ باوجود این، پیوست چکیده مبسوط انگلیسی برای همه مقالات ضروری است؛ ازسوی دیگر، چاپ مقالات به زبان انگلیسی نیز قابل بررسی است؛ ولی ازآنجاکه ممکن است فرایند داوری و چاپ این نوع مقالات خیل، طولانی باشد، پیشنهاد می شود پیش از ارسال، با سردبیر نشریه مشورت فرمایید.

۱-۱۳. مقاله باید سلیس، روان و از نظر دستور زبان صحیح باشد و واژه‌ها با دقت کافی انتخاب شده باشد؛ همچنین، با اگر آفندی متن مقاله و تمامی قواعد ادبی (آیین نگارش فارسی) و ویراستاری ادبی و علمی باید رعایت گردد.

۱-۱۴. حجم مقاله شامل متن، شکل‌ها، جدول‌ها، نقشه‌ها، منابع و چکیده لاتین، با رعایت استانداردهای مجله باید حداکثر از ۱۵ صفحه بشت نباشد.

۱-۱۵. مقالات برگرفته از: پایان نامه و رساله دانشجویان با نام استاد راهنما، مشاور، مشاوران و دانشجو و با مسئولیت استاد

راهنما منتشر می‌شود.

۱-۱۶. مسئولیت صحت و سقم مقاله، به لحاظ علمی و حقوقی برعهده نویسنده یا نویسندگان است.  
۱-۱۷. مجله جغرافیا و پایداری محیط، 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.

## ۲. نکات قابل توجه نویسندگان برای نگارش مقاله

### ۲-۱. ساختار مقاله

ساختار مقاله را نوع آن تعیین می‌کند. سه نوع عمده مقالات عبارت‌اند از: مقالات پژوهشی، مقالات مروری و مقالات کوتاه. در این نشریه حداکثر تعداد کلمات مقاله‌های پژوهشی ۵۰۰۰، مقاله‌های مروری ۲۵۰۰۰ و مقاله‌های کوتاه ۲۵۰۰ کلمه در نظر گرفته شده است. تعداد منابعی که برای هر مقاله لازم است به ترتیب حداقل ۳۰، ۵۰ و ۵ مورد است. از نظر تعداد جدول‌ها و شکل‌ها تنها مقالات کوتاه محدودیت دارند و آن نیز در مجموع ۳ جدول یا شکل را شامل می‌شود. ساختار همه مقاله‌ها از چکیده، کلیدواژه‌ها، متن اصلی و منابع تشکیل می‌شوند، ولی متن آن‌ها براساس نوع مقاله فرق می‌کند. متن مقاله‌های پژوهشی 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 روایی مشخص 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.

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 هریک از عنوان‌های مقالات

به طور کلی متن هر یک عناوین از مفاهیم ویژه‌ای و به منظور 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 پرکردن 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.

### ۲-۲-۲. کلیدواژه‌ها

کلیدواژه‌ها حاوی سه تا پنج واژه مهم مرتبط با متغیرهای پژوهش یا موضوع است که نگارنده می‌خواهد با جستجوی پژوهشگران دیگر در اینترنت، به کمک این واژگان مقاله‌اش نمایش داده شود.

### ۲-۲-۳. مقدمه

در مقدمه، مبانی نظری همراه با پیشینه به‌گونه‌ای منسجم، یکپارچه و پیوسته بیان می‌شود تا درنهایت بتواند موضوع و

مسئله مورد نظر پژوهش و آنچه در بوته ابهام است را مشخص کند. هدف نویسنده در نگارش این بخش از مقاله چینه‌پشت سرهم نقل قول‌ها به‌طور مجزا و نامربوط به هم نیست؛ بلکه هدف روایت یک جریان و بیان خلأ موجود است.

## 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 (یا حلّ 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 مستقلی به نام «**معرفی منطقه مورد بررسی**» باز کند و این عنوان را در محل مناسب که به‌طور معمول پیش از مواد و روش‌ها است، قرار دهد.

## 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 زبان جغرافیا ترجمه کنید.

## 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 و 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؛ به عبارتی، نویسنده باید بکوشد با مقایسه پژوهش‌های متعدد نشان دهد که واگرایی‌ها و همگرایی‌های بین پژوهش‌وی با دیگران در کجاست و به چه دلیل رخ داده است.

## ۲-۷. نتیجه‌گیری

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 به صورت کلی صادر می‌کند؛ به عبارتی، اکنون نتایج پژوهش نویسنده از صافی ارزیابی‌ای به نام بحث گذشته‌اند و برد اثرگذاری و کاربرد آن مشخص شده است و نتیجه‌گیری بهترین مبحثی است که نویسنده فرصت می‌یابد تا نتیجه به دست آمده و میزان اثرگذاری آن را گزارش کند. اگر نویسنده براساس تجربه‌ای که به دست 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 حلّ مسئله‌ای را بهبود بخشد، می‌تواند پیشنهادی خود را در نتیجه‌گیری ارائه دهد.

## 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.

## ۲-۹. منابع پایانی

نشریه جغرافیا و پایداری محیط برای استناددهی یا شیوه ارجاع، سبک انجمن روان‌شناسی آمریکا که به اختصار APA (American Psychological Association) گفته می‌شود را به منزله معیار انتخاب کرده است فایل شیوه‌نامه را می‌توانید از اینجا دریافت کنید. در این شیوه، در متن ابتدا نام مؤلف یا مؤلفان و سپس سال انتشار آورده می‌شود و اگر نقل قول مستقیم باشد، شماره صفحه نیز پس از آن قید می‌شود. ارجاع، بسته به لحن بیان نویسنده ممکن است در شروع یا پایان

جمله یا متن آورده شود.

برای اهداف این نشریه، منابع مورد استفاده در متن مقاله در دو مجموعه فارسی و انگلیسی در آخر مقاله آدرس داده می‌شوند: در مجموعه اول منابع فارسی به همان زبان فارسی آورده می‌شود و در مجموعه دوم منابع فارسی برای استفاده انگلیسی زبان ها ترجمه می‌شود و در آخر آنها نیز عبارت (In Persian) آورده می‌شود.

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

## ۲-۱۰. 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"

## ۲-۳. شکل ظاهری مقاله

۲-۳-۱. حروف چینی مقاله باید در برنامه Word (۲۰۰۳ یا ۲۰۰۷)، در کاغذ A4 و با رعایت حاشیه سه سانتی‌متر از چپ و راست، چهار سانتی‌متر از بالا و دو سانتی‌متر از پایین باشد و فاصله میان سطرها یک سانتی‌متر (single) باشد.

۲-۳-۲. لازم است متن فارسی مقاله با قلم B Nazanin 13 و متن لاتین با قلم Times New Roman 11 نوشته شود. متن چکیده با قلم B Nazanin 10 Bold و دو سانتی‌متر تورفتگی از هر طرف نوشته شود. عنوان اصلی مقاله با قلم B Titr 14 و سایر عنوان‌ها با قلم B Nazanin 14 Bold تنظیم شوند. عنوان جدول‌ها، شکل‌ها و نمودارها با قلم B Nazanin 10 Bold باشد؛ متن جدول‌ها و زیرنویس‌های فارسی با قلم B Nazanin 10 و زیرنویس‌های لاتین با قلم Times New Roman 10 نوشته شوند. منابع پایانی فارسی با قلم B Nazanin 12 و منابع لاتین با قلم Times New Roman 11 نوشته شوند؛ همچنین لازم است اعداد داخل جدول‌ها فارسی باشند.

۲-۳-۳. اعداد در متن فارسی باید به فارسی و در متن لاتین به انگلیسی نوشته شوند.

۲-۳-۴. معادل فارسی اصطلاحات انگلیسی در متن نوشته و انگلیسی آن را در اولین ارجاع به‌صورت زیرنویس ارائه شود.

۲-۳-۵. استفاده از اختصارات انگلیسی و فارسی در متن مقاله بی‌مانع است؛ اما باید معادل فارسی و انگلیسی کامل آن در اولین باری که در متن آمده است، به‌صورت زیرنویس نوشته شود.

## ۲-۴. شکل‌ها و جدول‌ها

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

۲-۴-۱. در ترسیم نقشه‌ها سعی شود همه اصول کارتوگرافی رعایت شود. مختصات، مقیاس، راهنما، جهت نقشه و به‌ویژه عناوین عوارض مهم متن نقشه باید به‌صورت خوانا در آن درج شوند، به‌گونه‌ای که حتی پس از کوچک‌شدن نقشه، از وضوح آن‌ها کاسته نشود.

۲-۴-۲. متن شکل‌ها باید به‌صورت رنگی یا سیاه و سفید و با کیفیت مناسب و مطلوب تهیه شده (رزولوشن ۳۰۰ dpi) و شماره و عنوان آن‌ها در پایین آورده شود.

۲-۴-۳. عکس‌ها باید واضح، مطالب آن‌ها خوانا و دارای مقیاس باشند. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند الزامی است.

۲-۴-۴. قلم و اندازه آن به‌ویژه در مورد راهنما و متن نقشه‌ها و نمودارها به‌گونه‌ای انتخاب شوند که پس از کوچک‌شدن مقیاس شکل، برای چاپ نیز خوانا باشند.

۲-۴-۵. نمودارها به‌طور ساده ترسیم شوند، راهنمای عددی نمودارها باید فارسی باشد و از ترسیم نمودارهای چندبعدی خودداری شود.

۲-۴-۶. همه عنوان‌ها، اعداد، واحدها و مقیاس‌ها در جدول‌ها، شکل‌ها و سایر قسمت‌های مقاله باید به فارسی باشند.

واحدهای استفاده شده نیز براساس سیستم متریک ذکر شوند.

۲-۴-۷. ارائه تصویری جدول‌ها، معادلات، مرجع‌ها یا نوشته‌های مستقیم روی شکل‌ها امکان ویرایش را از ویراستار سلب می‌کند؛ از این رو لازم است این موارد به صورت تایپ شده در متن آورده شوند.

## ۲-۵. شیوه ارجاع به منابع

۲-۵-۱. منابع مورد استفاده نباید از سی منبع کمتر باشد. ترجیحاً به منابعی که در ده سال اخیر چاپ شده‌اند (نه منابع قدیمی تر) ارجاع داده شود.

۲-۵-۲. تنها منابعی باید در پایان مقاله ذکر شوند که در متن نیز استفاده شده باشند و از ذکر منابع مشابه و کم‌اهمیت خودداری شود.

۲-۵-۳. در ارجاعات درون‌متنی، نام نویسندگان انگلیسی به فارسی نوشته شوند و در اولین ارجاع، معادل انگلیسی آن‌ها زیرنویس شود.

۲-۵-۴. در پایان مقاله، نخست منابع فارسی و به دنبال آن منابع خارجی، به صورت مقاله، کتاب، مرجع اینترنتی و... (براساس نمونه‌های زیر)، به ترتیب حروف الفبای فارسی یا انگلیسی تنظیم شوند. منابعی با سال متفاوت انتشار، نگارنده (گان) به ترتیب صعودی سال انتشار و مربوط به یک سال با افزودن حروف «الف»، «ب»، «پ» و ... یا «a»، «b» و «c» و غیره پس از سال انتشار آورده شوند.

۲-۵-۵. آدرس هر منبعی که در متن آورده شده است باید در آخر مقاله نیز بیاید.

۲-۵-۶. نحوه ارجاع به منابع در داخل متن باید به این ترتیب باشد:

– کتاب و نقل قول‌های مستقیم: نام خانوادگی نویسنده، سال انتشار: شماره صفحه؛ مانند (علیجانی، ۱۳۸۷: ۲۲)

– مقاله: نام خانوادگی نویسنده (گان)، سال انتشار؛ الف: تعداد نویسندگان یک نفر باشد (علیجانی، ۱۳۸۴)؛ ب: تعداد نویسندگان دو نفر باشد: (علیجانی و کاویانی، ۱۳۸۴)؛ ج: تعداد نویسندگان بیش از دو نفر باشد: (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۵-۷. شیوه نگارش مشخصات منابع، در انتهای مقاله باید بر اساس شیوه‌نامه APA و مانند مثال‌های زیر باشد:

| نوع منبع:<br>کتاب           | الگوی کلی  | 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.                                                                                                                  |
|-----------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | مثال فارسی | روستایی، شهرام و جباری، ایرج (۱۳۸۶). ژئومورفولوژی مناطق شهری. تهران: سمت.                                                                                                                                                                                                                                          |
| نوع منبع:<br>کتاب ترجمه شده | الگوی کلی  | نام خانوادگی، نام (تاریخ انتشار ترجمه). نام کتاب (به صورت کج‌نویسی). مترجم: نام و نام خانوادگی مترجم. محل انتشار ترجمه: ناشر.                                                                                                                                                                                      |
|                             | مثال فارسی | شلتن، مارلین (۱۳۹۰). هیدروکلیما تئولوژی. مترجم: حسن ذوالفقاری. کرمانشاه: دانشگاه رازی.                                                                                                                                                                                                                             |
| نوع منبع:<br>مقالات مجلات   | الگوی کلی  | 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 (به صورت کج‌نویسی) (شماره)، صفحه آغاز مقاله-صفحه پایان مقاله. شناسه راقومی مقاله یا DOI (در صورت دارا بودن) |
|                             | مثال فارسی | ذوالفقاری، حسن؛ رحیمی، حمید؛ اوجی، روح... (۱۳۹۶). ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر درجه‌روزی‌های گرمایشی و سرمایشی ایران. جغرافیا و پایداری محیط، ۷ (۲۲)، ۲۰-۲۱.                                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 |                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------|
| Lee, J. A., Gill, T. E., Mulligan, K. R., Dominguez Acosta, M., & Perez, A. E. (2009). Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. <i>Geomorphology</i> , 105 (1–2), 18–27. <a href="https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.12.016">https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.12.016</a> | مثال<br>انگلیسی |                                          |
| نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (تاریخ انتشار). عنوان پایان نامه / رساله (به صورت کج نویسی). پایان نامه مقطع رشته، نام دانشگاه.                                                                                                                                                                                                                   | الگوی<br>کلی    | نوع منبع:                                |
| احمدی ملاوردی، مجید (۱۳۹۲). اصلاح و واسنجی شاخص LFH جهت پهنه بندی سیل رودخانه قره سو. پایان نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی.                                                                                                                                                                                                          | مثال<br>فارسی   | پایان نامه و رساله                       |
| نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (تاریخ انتشار). نام مقاله. در: نام ویراستار، نام مجموعه (به صورت کج نویسی)، (صص شماره صفحات). محل انتشار: ناشر.                                                                                                                                                                                                   | الگوی<br>کلی    | نوع منبع:                                |
| شریف زاده، رضا (۱۳۷۷). اصول مدیریت بحران در حوادث غیر مترقبه و بلایای طبیعی. در: محمود حسینی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مهندسی زلزله شریان های حیاتی، (صص. ۳۴۳-۳۴۹). تهران: مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.                                                                                                                        | مثال<br>فارسی   | مجموعه مقالات                            |
| نام سازمان یا نهاد (سال انتشار). عنوان کتاب (به صورت کج نویسی). محل انتشار: ناشر.                                                                                                                                                                                                                                                                   | الگوی<br>کلی    | نوع منبع:                                |
| شهرداری شیراز (۱۳۹۵). آخرین تقسیمات کشوری شهرستان شیراز. شیراز: استانداری فارس.                                                                                                                                                                                                                                                                     | مثال<br>فارسی   | کتاب منتشر شده<br>در سازمان ها یا نهادها |
| نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (در صورت وجود تاریخ انتشار). عنوان مطلب مورد استفاده (به صورت کج نویسی). برگرفته از: آدرس اینترنتی.                                                                                                                                                                                                               | الگوی<br>کلی    | نوع منبع:                                |
| مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران (۱۳۹۶). گزارش وضعیت خشکسالی هواشناسی کشور سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵. برگرفته از: <a href="http://ndc.irimo.ir/far/index.php">http://ndc.irimo.ir/far/index.php</a>                                                                                                                                                          | مثال<br>فارسی   | وبگاه اینترنتی                           |
| در صورت استفاده از سایر منابع اطلاعاتی از شیوه نامه APA استفاده کنید.                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |                                          |

## گفتار سردبیر

با شیوع بیماری «کووید ۱۹» در اواخر سال ۲۰۱۹ میلادی (اواخر پاییز سال ۱۳۹۸) هماهنگ و همگام با دیگر متخصصین از حوزه‌های مختلف علمی، اظهار نظرها و تحلیل‌های علمی از سوی جامعه جغرافی‌دانان نیز آغاز شد. با جدی‌شدن بحران، وزارت علوم از پژوهشگران کمک عملی درخواست نمود و نشریه جغرافیا و پایداری محیط نیز به احترام این دعوت، از جغرافی‌دانان برای مدیریت این بحران یاری طلبید و به دولت خاطرنشان کرد که این مجموعه چگونه می‌تواند در مدیریت علمی بحران با آن‌ها همگام شود؛ ولی این همکاری به پشتوانه اراده جدی دولت نیاز داشت که محقق‌نشدن آن، فرصت‌ها را از جامعه گرفت. نشریه جغرافیا و پایداری محیط با اعتقاد به توانمندی‌های جغرافیا در هر مقطعی از بحران، این‌بار از جامعه جغرافیایی کشور به گونه دیگری دعوت به عمل می‌آورد تا شعارهای خود را به واقعیت تبدیل کنند.

اکنون که در متن انتشار ویروس کرونا قرار گرفته‌ایم و ناپایداری فضای جغرافیایی کشور به وسیله انتشار این ویروس تشدید می‌شود، با توجه به شرایط خاص طبیعی (اقلیمی، ژئومورفولوژی و اکولوژیک) و به‌ویژه انسانی (سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی) کشورمان ممکن است شرایط بحرانی‌تر در راه باشد که با پیش‌بینی آن بتوانیم با کمترین آسیب از آن عبور کنیم و دست‌کم خود را بی‌قید و شرط در برابر حوادث آینده تسلیم نکنیم. باید دانست چه چیزی اتفاق افتاده و چه چیزی در شرف وقوع است که در خیلی از کشورهای کم‌رشد، باوجود اقدامات نه‌چندان محکم، تعداد مبتلایان رو به کاهش می‌گذارد؟ علل جغرافیایی نوسانات تعداد مبتلایان در جهان، منطقه و شهرهای کشور خودمان چیست؟ تصمیمات سیاسی و اقتصادی چه نقشی در این رویدادها ایفا می‌کند؟

این‌ها ساده‌ترین پرسش‌هایی هستند که پاسخ آن‌ها در دستان توانمند جغرافی‌دانان ماهر کشورمان که سال‌ها را برای اثبات خود کوشیده‌اند، قرار دارد و شگفتا بررسی شماره اخیر نشریات داخلی کشور مانند نشریه بین‌المللی علوم و مدیریت محیطی نشان می‌دهد که بیشتر مقالات آن به «کوید ۱۹» اختصاص یافته و حتی پراکندگی فضایی و مکانی این بیماری و الگوهایی که به‌دست آمده نیز، به شیوه کاملاً جغرافیایی بررسی شده است. در هر حال، امید می‌رود جغرافی‌دانان این فرصت را غنیمت شمرده و با نشان‌دادن عملی توانمندی‌های خود در مشارکت در مدیریت مخاطرات محیطی از زیر بار مسئولیت سنگینی که سال‌ها با شعار کاربردی بودن جغرافیا در برابر نسل جوان جغرافیا ایجاد کرده‌اند، سربلند و بافتخار بیرون بیایند. در این راستا نشریه جغرافیا و پایداری محیط با افتخار آمادگی خود را برای پذیرش و چاپ این‌نوع مقالات اعلام می‌دارد.

## فهرست مطالب

- تحلیل آماری – همدیدی تاریخ اولین بارش مؤثر در غرب و شمال غرب ایران.....۱  
مصطفی کریمی، ایوب جعفری، امیر بنی‌عامریان، سیفاله کاکي
- مدل‌سازی تخصیص کاربری اراضی پایدار در اصفهان بزرگ با استفاده از ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS...۲۱  
زینب کریم‌زاده مطلق، علی لطفی، سعید پورمنافی
- آشکارسازی ارتباط زمانی – مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی.....۳۷  
محدثه قنبری مطلق، بهزاد امرایی
- مدل‌سازی تغییرات مکانی و زمانی کاربری و پوشش اراضی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از ترکیب سلول خودکار و زنجیره مارکوف.....۵۷  
هادی اسکندری دامنه، حمید غلامی، حسن خسروی، رسول مهدوی، اسداله خورانی، جوران لی
- ارزیابی روند تغییرات پوشش زمین در نوار ساحلی عسلویه – شیرینو با استفاده از مدل LCM.....۷۳  
سیاوش شایان، مایسا ولی
- تحلیل اثرات محسوس و نامحسوس زمین‌لرزه منطقه ازگله کرمانشاه بر لندفرم‌ها.....۸۹  
حمید گنجائیان، مجتبی یمانی، ابوالقاسم گورابی، مهران مقصودی
- ارزیابی توزیع عوامل مؤثر بر تنوع زیست‌گاهی در مناطق حفاظت‌شده استان کرمانشاه.....۱۰۷  
پیمان کرمی، کامران شایسته، نصراله رستگار پویانی





## Statistical – Synoptic Analysis of the First Effective Precipitation in the Western and Northwestern of Iran

Mostafa Karimi<sup>1\*</sup>, Ayob Jafari<sup>1</sup>, Amir Bani Amerian<sup>1</sup>, Seyfolah Kaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

### ARTICLE INFO

Article Type: Research article

#### Article history:

Received 23 November 2019

Accepted 6 May 2020

Available online 13 June 2020

#### Keywords:

Effective Precipitation,  
Synoptic Patterns, Rainfed  
Farming, Date of Cultivation,  
Northwest of Iran.

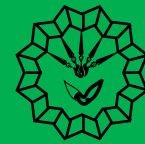
**Citation:** Karimi, M., Jafari, A., Bani Amerian, A. Kaki, S. (2020). Statistical – Synoptic Analysis of the First Effective Precipitation in the Western and Northwestern of Iran. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (2), 1-19.  
doi: [10.22126/GES.2020.4514.2117](https://doi.org/10.22126/GES.2020.4514.2117)

### ABSTRACT

One of the most important issues related to rainfed wheat cultivation is the date of the First Effective Precipitation (FEP) which can provide soil moisture for cultivation. The current study aims to evaluate the variability and probable trend in the date of the first effective precipitation and the synoptic conditions that lead to its occurrence in northwestern and western Iran. Therefore, precipitation data were extracted from Iran's Meteorological Organization. First precipitation with a value of at least 5 mm and duration of one to two consecutive days, associated with another precipitation occurring less than 10 days apart, was selected as the first effective precipitation. Then, the trend of first effective precipitation was investigated using Man-Kendall test and linear regression method. Finally, geopotential height, wind speed and humidity data (ERA-Interim) at 850 and 500 hPa levels were obtained from ECMWF website to identify synoptic patterns of the first effective precipitation by cluster analysis method. The findings reveal that more than 90% of the first effective precipitation has occurred during October. Accordingly, Ardebil, Sanandaj, Khorramabad, Kermanshah, Zanjan, Orumieh, Tabriz and Hamadan stations had earliest climatic average of the first effective precipitation date during the period of 1987 to 2016, respectively. Despite the high annual variations regarding the occurrence date of first effective precipitation, evaluating the trend of the first effective precipitation by Mann-Kendall test at the significant level of 5% show that there is no significant trend in all studied stations. Furthermore, synoptic patterns including the short trough, omega block, cutoff low and the Mediterranean long trough are identified as responsible patterns on the occurrence date of the first effective precipitation. Among the patterns, omega block has been associated with widespread rainfall at the studied stations due to greater access to moisture and unstable conditions caused by the cold weather.

\*. Corresponding author E-mail address:

Mostafakarimi.a@ut.ac.ir



## تحلیل آماری - همدیدی تاریخ اولین بارش مؤثر در غرب و شمال غرب ایران

مصطفی کریمی<sup>۱\*</sup>، ایوب جعفری<sup>۱</sup>، امیر بنی‌عامریان<sup>۱</sup>، سیفاله کاکي<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

### چکیده

### مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲ آذر ۱۳۹۸

پذیرش ۱۷ اردیبهشت ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۲۴ خرداد ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

بارش مؤثر، الگوهای همدید، کشت دیم، تاریخ کشت، شمال غرب ایران.

/استناد: کریمی، مصطفی، جعفری، ایوب؛ بنی‌عامریان، امیر؛ کاکي، سیفاله (۱۳۹۹). تحلیل آماری - همدیدی تاریخ اولین بارش مؤثر در غرب و شمال غرب ایران. *جغرافیا و پایداری محیط*. ۱۰ (۲)، ۱-۱۹.

doi: [10.22126/GES.2020.45142117](https://doi.org/10.22126/GES.2020.45142117)

یکی از مهم‌ترین مباحث درباره بارش و کشت گندم دیم، تاریخ رخداد اولین بارش مؤثر یا به عبارتی بارشی است که بتواند رطوبت خاک را به‌منظور کاشت فراهم سازد. پژوهش حاضر باهدف مطالعه تغییرپذیری و روند احتمالی در تاریخ اولین بارش مؤثر و شرایط همدید منجر به رخداد آن در شمال غرب و غرب ایران انجام شده است. به این منظور، داده‌های بارش ایستگاه‌های منطقه از سازمان هواشناسی کشور گرفته شد. ابتدا اولین بارش یک یا دو روز متوالی حداقل ۵ میلی‌متر همراه با رخداد بارشی دیگر با فاصله زمانی کمتر از ده روز، به‌عنوان اولین بارش مؤثر انتخاب شد. در گام بعد، با استفاده از آزمون من-کندال و شیب‌خط روند در تاریخ رخداد اولین بارش مؤثر در منطقه بررسی شد. در ادامه، با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوتانسیل، باد و رطوبت تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نسخه ERA-Interim اخذشده از وبگاه ECMWF، الگوهای همدید بارش‌های مؤثر با روش تحلیل خوشه‌ای شناسایی شد. نتایج نشان داد که بیش از ۹۰٪ اولین بارش‌های مؤثر در ماه اکتبر رخ داده است. ایستگاه‌های اردبیل، سنندج، خرم‌آباد، کرمانشاه، زنجان، ارومیه، تبریز و همدان به‌ترتیب زودترین میانگین اقلیمی شروع اولین بارش مؤثر در دوره (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶) داشته‌اند. بیشترین و کمترین اختلاف بین سالیانه در تاریخ رخدادها به‌ترتیب در ایستگاه ارومیه و اردبیل مشاهده شد. گرچه نوسانات بین سالیانه بالایی در تاریخ رخداد وجود دارد؛ اما بررسی روند آن‌ها با آزمون من-کندال نشان داد که روند تغییرات همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو دوره بررسی، در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست. الگوهای همدید ایجادکننده اولین بارش‌های مؤثر منطقه شامل ناوه کوتاه، بندال امگا و کم‌ارتفاع بریده و ناوه بلند مدیترانه بوده‌اند. در این میان، بندال امگا به‌دلیل دسترسی بیشتر به رطوبت و شرایط ناپایداری حاصل از ریزش هوای سرد، با بارش فراگیرتری در منطقه همراه بوده است.

## مقدمه

بارش یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی هر منطقه به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک است. از ویژگی‌های بارز این عنصر، تفاوت آن در قلمرو زمان و مکان به‌ویژه زمان شروع و خاتمه آن در دوره‌های بارشی فصلی و سالانه است (نادی و خلیلی، ۱۳۹۲). این تغییرپذیری‌ها تأثیر بسزایی در مسائلی از جمله فعالیت‌های کشاورزی، مراتع، مدیریت منابع آب، تأمین آب قابل شرب و مخاطراتی همانند خشکسالی، سیلاب و گردوغبار دارد (هایگ<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴؛ مرسی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵؛ روشنی و پرک، ۱۳۹۷).

همان‌طور که گفته شد، یکی از ویژگی‌های مهم بارش به‌خصوص در بخش کشاورزی، زمان شروع آن در یک سال آبی است که از آن به‌مثابه اولین بارش مؤثر یاد می‌شود (توکلی و اوئیس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴). براساس این ویژگی، تاکنون در پژوهش‌های مختلف به‌منظور شناخت بارش مؤثر تعاریفی ارائه شده است. متخصصین کشاورزی قسمتی از کل باران را که به‌صورت مستقیم پاسخ‌گوی نیاز آبی گیاه است و نیز رواناب سطحی را که برای تولید محصول از برکه یا چاه به مزرعه پمپاژ می‌شود، به‌عنوان باران مؤثر در نظر می‌گیرند (عدنان و حیات خان<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸). در تعریف بارش مؤثر توجه به این موضوع بسیار مهم است که در هر نوبت از بارندگی، تنها بخشی از بارش که در خاک نفوذ کرده و در ناحیه توسعه ریشه قرار گرفته است، می‌تواند استفاده شود؛ اما آبی که بر اثر رواناب، تبخیر و چالاب در محدوده ریشه گیاه از مزرعه خارج می‌شود، غیر مؤثر است (ابراهیمی، ۱۳۹۶: ۲؛ سالاروند، ۱۳۹۶: ۱۲). مقدار این بارش با توجه به ویژگی‌های خاک، شیب و زمان کاشت متفاوت بوده و از مقدار ۵ میلی‌متر (کمالی، ۱۳۷۶) و گاهی تا ۲۰ میلی‌متر متغیر است (رسولی و همکاران، ۱۳۸۴).

براساس تجربیات گذشته، کشاورزان پس از آماده‌سازی زمین برای کشت در شروع سال آبی در بیشتر مناطق دیم‌خیز کشور منتظر رخداد اولین بارش مؤثر هستند (حق‌پرست، ۱۳۹۲: ۵۰). وقوع اولین بارش مؤثر در مناطق مختلف ایران، نوسانات زمانی دارد. این نوسانات می‌تواند باعث تغییر در شروع و خاتمه مراحل رشد و درنهایت کاهش و افزایش میزان عملکرد محصولات زراعی دیم شود (خیچر و نیواس<sup>۵</sup>، ۲۰۰۶؛ موسوی و همکاران، ۱۳۹۵). از حدود یازده میلیون هکتار سطح کشت محصولات زراعی در کشور، حدود ۵۴٪ زمین‌ها کشت آبی و ۴۶٪ (۵۰۴۹۰۰۷ هکتار) اراضی کشت دیم است؛ که از این مقدار زمین‌های کشت دیم، ۳۵۱۸۹۶۸ هکتار آن در غرب و شمال غرب کشور است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۷). با توجه به مطالعات انجام‌شده و افزایش آمار سطح زیر کشت دیم می‌توان گفت که عملکرد محصولات زراعی دیم رابطه مستقیمی با نوسانات زمانی و مکانی بارش دارد (احمدوند و نجف‌پور، ۱۳۸۹). در این میان، یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های این تفاوت وقوع اولین بارشی است که رطوبت خاک را به آستانه مناسب برای کشت رسانده و شرایط را برای کاشت به‌موقع فراهم می‌سازد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹).

پژوهش‌های متعددی درمورد بارش و از جنبه‌های متفاوتی همانند تغییرات زمانی (موحدی و همکاران، ۱۳۹۱)، ناحیه‌بندی (نظری‌پور، ۱۳۹۳)، الگوهای هم‌دید (رفع‌تی و همکاران، ۱۳۹۳)، سیلاب (شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷)، خشکسالی و ترسالی (کیانیان و همکاران، ۱۳۹۵) در کشور انجام گرفته است؛ اما بیشتر پژوهش‌های یادشده فارغ از اهمیت زمان رخداد بارش به‌ویژه برای فعالیت کشاورزی بوده است. با توجه به اینکه نوسان

1- Haigh

2- Mercy

3- Tavakkoli &amp; Oweis

4- Adnan &amp; Hayat Khan

5- Khichar &amp; Niwas

زمانی بارش در مقیاس‌های زمانی متفاوت، یکی از ویژگی‌های بارشی است (ترامل<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶؛ کومار و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳) و این موضوع در بخش کشاورزی بسیار تأثیرگذار است (مارتا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵؛ دوبر<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). در ایران پژوهش‌هایی با تأکید بر اهمیت زمان و مقدار بارش به‌خصوص اولین بارش رخداد در سال آبی به‌منظور تعیین تاریخ کاشت و پیش‌بینی تقویم زراعی انجام شده است. بیشتر پژوهش‌های داخلی با این رویکرد، بیشتر در مناطق دیم‌خیز ایران مانند مناطق غرب ایران (کمالی، ۱۳۷۶)، آذربایجان (کاظمی‌راد، ۱۳۷۷: ۱)، دشت سیلاخور استان خرم‌آباد (یاراحمدی، ۱۳۸۰: ۱)، استان کرمانشاه (مظفری و قائمی، ۱۳۸۱)، استان ایلام (محمدی، ۱۳۸۴)، شهرستان کرج (نوحی، ۱۳۸۴)، استان اردبیل (رسولی و سبحانی، ۱۳۸۶)، استان آذربایجان شرقی (کمالی و همکارانی، ۱۳۸۷) استان خراسان رضوی (موسوی بایگی، ۱۳۹۲) و مناطق عمده کشت گندم دیم ایران (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷) انجام پذیرفته است. در این پژوهش‌ها به‌منظور مطالعه اهمیت اولین بارش‌های مؤثر در بخش کشاورزی، زمان بارش‌ها و مجموع آن به‌ویژه در ماه‌های اکتبر و نوامبر و به‌صورت فصلی و سالانه بررسی شده و فقط بر مقدار و زمان بارش تأکید شده و روند تغییرات سالانه تاریخ رخداد به‌همراه الگوهای گردش جو منجر به رخداد بارش‌ها، مورد تأکید نبوده است.

تغییرات سالانه بارش افزون بر شرایط جغرافیایی، ریشه در تغییرپذیری الگوهای جو به‌ویژه شرایط دینامیکی و انتقال رطوبت آن دارد. از آنجاکه دوره مرطوب در بیشتر مناطق ایران از پاییز آغاز می‌شود (کیانی و همکاران، ۱۳۹۸)؛ بنابراین تغییرپذیری سالانه رخداد اولین بارش‌های مؤثر و نتایج حاصل از آن به‌خصوص تقویم زراعی، تابع نوسانات زمانی الگوهای جوی است (خوشحال دستجردی و همکاران، ۱۳۹۴؛ بازگیر و همکاران، ۱۳۹۸). باتوجه به این ویژگی‌ها، برآورد دقیق بارش مؤثر در هر منطقه براساس الگوهای همدید و ویژگی‌های محیطی همچون بافت خاک و ویژگی‌های رطوبتی آن (بارکر<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵؛ هاوو<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ عباسی، ۱۳۹۸: ۶) و ثبت تاریخ مراحل رشد و نمو محصولات وابسته به اولین بارش (سون<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۷؛ لیو<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ جعفری، ۱۳۹۶: ۶۱) اهمیت می‌یابد. براساس این دیدگاه‌ها در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده، به نقش پارامترهای اقلیمی به‌خصوص توزیع زمانی و مقدار بارش در زمان مساعد برای رطوبت خاک اشاره شده است (ویلیامز و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۰۹؛ فالون<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۵؛ یوشیکا<sup>۱۱</sup>، ۲۰۱۵؛ فلاوور و همکاران<sup>۱۲</sup>، ۲۰۱۷)؛ بنابراین به‌منظور استفاده بهینه از این تغییرات و توزیع ناهمگن زمانی بارش در طول سال، نیازمند توجه به برنامه‌ریزی و مدیریت در زمینه‌های مختلف ازجمله کشت سایر محصولات دیگر در زمان‌های مناسب با توجه به نوسانات بارش است (ویملاسوریا<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۸؛ سدراس<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۳).

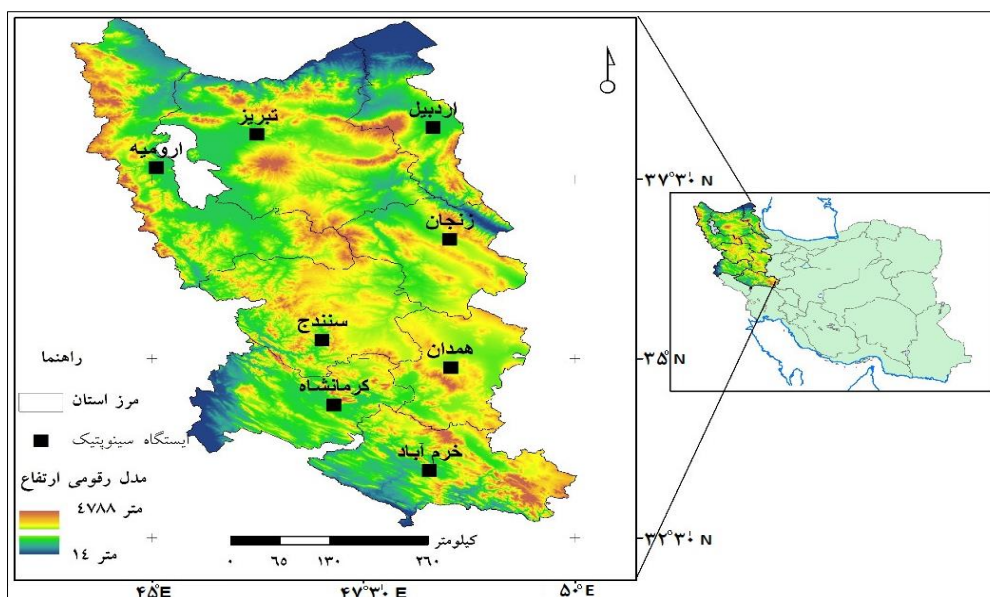
درپایان، نتایج حاصل از بررسی پژوهش‌های انجام‌شده نشان داد که در بیشتر مطالعات داخلی و خارجی، فقط

- 1- Trammell
- 2- Kumar
- 3- Marta
- 4- Dobor
- 5- Bakker
- 6- Hao
- 7- Sun
- 8- Liu
- 9- Williams
- 10- Falloon
- 11- Yoshioka
- 12- Flower
- 13- Wimalasuriya
- 14- Sadras

به اهمیت و ارتباط نوسانات زمانی وقوع اولین بارش با تاریخ کاشت محصولات زراعی به‌ویژه محصولات دیم پرداخته شده و الگوهای گردش جوی مؤثر در وقوع اولین بارش کمتر شناسایی شده است؛ همچنین در بیشتر مطالعات داخلی، دوره آماری مورد استفاده در بررسی بارش مؤثر محدود به پانزده تا بیست سال بوده است. درمجموع با توجه به افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی دیم به‌خصوص گندم در غرب و شمال غرب ایران، نوشتار پیش رو به بررسی آماری و شناخت سازوکارهای گردش جوی منجر به اولین بارش مؤثر و تغییرات سالانه آن پرداخته است؛ بنابراین با توجه به هدف پژوهش، اگر به شناخت مناسب از توزیع زمانی و سازوکارهای رخداد آن در قالب الگوهای همدیدی رسید، درعمل می‌توان براساس پیش‌بینی و نوسانات الگوهای سینوپتیکی، توزیع زمانی و مکانی اولین بارش مؤثر را پیش‌بینی کرد. درنهایت شناخت ویژگی‌های بارش، امکان اتخاذ برنامه‌ریزی بهتر کشت دیم را در کشور فراهم می‌سازد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، شمال غرب و غرب ایران است که در عرض‌های جغرافیایی ۳۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۵۱ درجه طول‌های جغرافیایی شرقی قرار گرفته است. از نظر تقسیمات سیاسی، منطقه مورد بررسی شامل هشت استان (اردبیل، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، زنجان، کردستان، کرمانشاه، همدان و لرستان) است (شکل ۱). دو رویکرد عمده مطالعات آب‌وهواشناسی همدید، رویکردهای گردشی به محیطی و محیطی به گردشی است. در این مطالعه، از طبقه‌بندی و رویکرد محیطی به گردشی استفاده شد (یارنال<sup>۱</sup>، ۱۹۹۳: ۱۰). با توجه به این رویکرد، ابتدا داده‌های ایستگاهی شامل بارش روزانه ایستگاه‌های مورد مطالعه، از زمان تأسیس ایستگاه‌های منتخب تا ۲۰۱۶ از سازمان هواشناسی کشور گرفته شد. در ادامه، برای شناسایی الگوهای همدید رخداد اولین بارش مؤثر و ترسیم نقشه‌های همدید مورد نظر، داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل<sup>۲</sup>، رطوبت ویژه، مؤلفه‌مداری و نصف‌النهاری باد در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده ۰ تا ۸۰ درجه شرقی و ۱۰ تا ۷۰ درجه شمالی با دقت مکانی ۲/۵ درجه قوسی از مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت شرایط جوی (ECMWF) اخذ شد.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی منتخب

1- Yarnal

۲- در ادامه، واژه ژئوپتانسیل و هکتوپاسکال به‌منظور کوتاه‌نویسی، به‌صورت «ژ.پ.م.» و «ه.پ.» نوشته شده است.

در کشت گندم دیم، مقدار اولین بارش باید به اندازه‌ای باشد که بتواند رطوبت خاک را برای جوانه‌زنی و شروع مراحل بعد تأمین کند (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹). در نوشتار پیش رو با توجه به اهمیت تاریخ اولین بارش برای کشت دیم پاییزه به‌خصوص گندم (کشت در عمق پنج سانتی‌متر)، بارش مؤثر براساس اولین بارش‌های رخ داده در یک یا دو روز متوالی که حداقل پنج میلی‌متر بوده و پس از آن در فاصله زمانی کمتر از ده روز نیز روز بارشی‌ای رخ داده باشد، منظور شده است<sup>۱</sup> (کمالی، ۱۳۷۶؛ مظفری، ۱۳۸۰: ۱۷؛ بازگیر و همکاران، ۱۳۹۸)؛ اما با توجه به تغییرپذیری تاریخ رخداد اولین بارشی که چنین شرایطی را داشته باشد (اولین بارش مؤثر)، هدف پژوهش در گام نخست، استخراج این تاریخ در سال‌های مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه و درگام بعد بررسی تغییرپذیری آن است. در مرحله اول، تاریخ‌های اولین بارش مؤثر مشخص و سپس تاریخ‌های استخراج‌شده به شماره روز ژولیزی<sup>۲</sup> تبدیل شده است؛ سپس به‌منظور بررسی تغییرات و روند احتمالی در سری‌های زمانی روزهای ژولیزی از آزمون تحلیل روند شامل آزمون ناپارامتری من-کندال (برای اطلاع بیشتر از مراحل محاسبه آن، به مطالعه کارپوز و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰ مراجعه شود) و شیب خط رگرسیونی در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. درنهایت، براساس میانگین اقلیمی و توزیع ویبول در سطح احتمال ۷۵٪ (علیزاده، ۱۳۹۷: ۷۹۷) محدوده رخداد تاریخ‌های اولین بارش مؤثر هر ایستگاه از رابطه ۱ به‌دست آمد.

$$P = \frac{m}{n+1} * 100$$

رابطه ۱

که در آن: P: احتمال وقوع؛ m: شماره ردیف؛ n: تعداد داده‌ها.

پس از مشخص شدن اولین بارش‌های مؤثر پنج میلی‌متر و بیش از پنج میلی‌متر، الگوهای همدید رخداد این بارش در تراز ۵۰۰ ه.پ. با استفاده از تحلیل خوشه‌ای - سلسله‌مراتبی بررسی شد. به‌منظور تعیین الگوها، ابتدا ماتریسی از داده‌های اولین بارش‌های مؤثر در ابعاد ۸۲۵×۹۵ تشکیل و در ادامه برای استخراج الگوهای نقشه‌ای از فاصله مبتنی بر همبستگی با ضریب آستانه همبستگی ۰/۶۵ استفاده شد. ضریب همبستگی آستانه که معرف درجه همانندی بین هر زوج نقشه است (یارنال<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳: ۶۶) با اعمال ضرایب متعدد و بررسی نتایج خوشه‌بندی به‌دست آمده است. در گام نهایی الگوهای استخراجی با روش چشمی پس‌پردازش‌شده و سپس با محاسبه ماتریس همبستگی درون گروهی، روزهای نماینده هر الگو برای نمایش شرایط همدید و سازوکار رخداد بارش استخراج و نقشه‌های همدیدی ترسیم شدند.

## نتایج

### فراوانی وقوع اولین روزهای بارش مؤثر در سال

درمجموع، ۲۳۹ مورد (روز) در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌عنوان اولین بارش مؤثر در دوره آماری ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۶ شناسایی شد. از کل روزهای اولین بارش مؤثر، ۴۲ روز در یک ایستگاه و ۵۳ مورد به‌صورت مشترک در دو تا ۸ ایستگاه بوده است و درنهایت ۹۵ مورد به‌عنوان اولین بارش مؤثر برای تحلیل‌های آماری همدید انتخاب شدند. براساس نتایج، بیشترین وقوع اولین بارش مؤثر به‌صورت تک‌ایستگاهی بوده است؛ و پس از آن، بیشترین روزهای مشترک، به‌صورت دوايستگاهی و سه‌ایستگاهی به‌ترتیب فراوانی ۱۶ و ۱۵ مورد بوده است (شکل ۲).

۱- روز بارشی، روزی با حداقل ۰/۱ میلی‌متر بارش است.

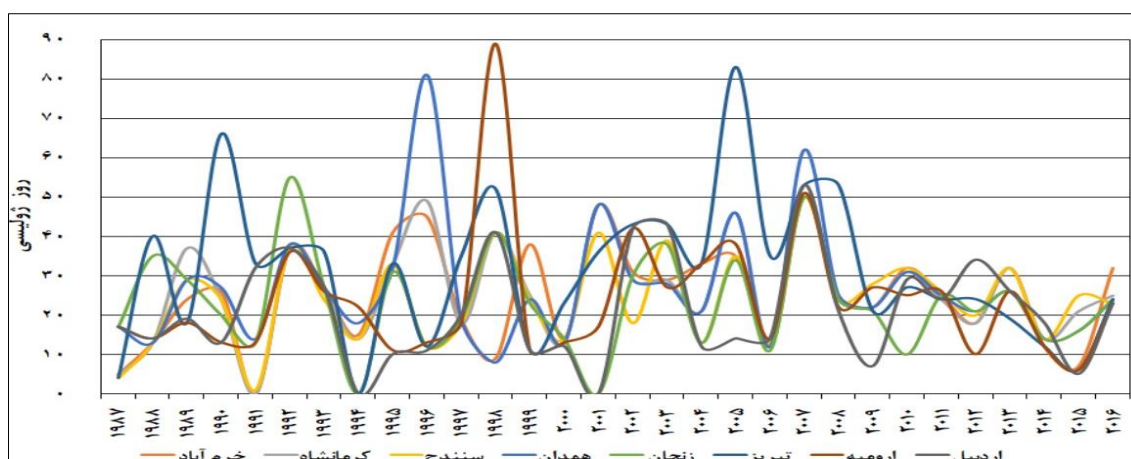
۲- عددی صحیح است؛ نشانگر تعداد روزهای گذرانده‌شده از مبدأ زمانی مشخصی است؛ در نوشتار پیش رو به‌علت اینکه شروع دروه بارشی ایران ماه اکتبر است، اول اکتبر مبدأ محاسبه شد.



شکل ۲. نمودار ایستگاه‌های فراگیر دارای فراوانی روزهای مشترک ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶

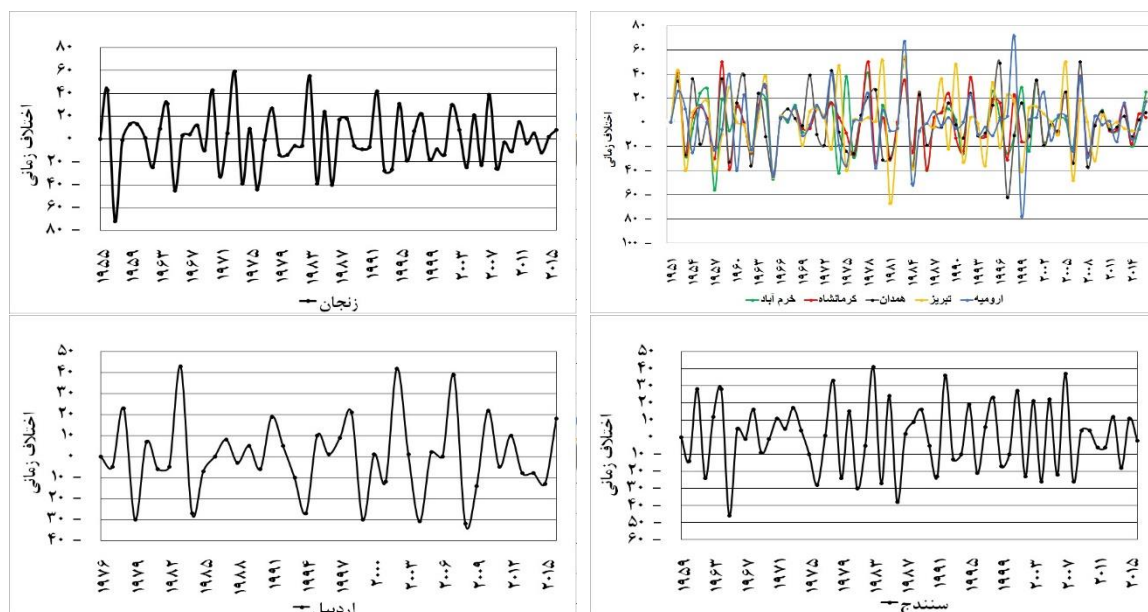
فراوانی ماهانه رخداد اولین بارش‌های مؤثر در کل منطقه، ۶۳ مورد در ماه اکتبر، ۲۳ مورد در ماه نوامبر و ۱۱ مورد در ماه دسامبر بوده است.

سری زمانی سالانه (سی ساله دوره مشترک) روزهای ژولایستی (تاریخ) اولین بارش مؤثر ایستگاه‌ها، چند الگو را نشان می‌دهد. تغییرپذیری سالانه در دهه ۸۰، ۹۰ و دهه اول ۲۰۰۰ بالا بوده؛ اما در دهه اخیر قرن ۲۱ این تغییرپذیری به شکل محسوسی کاهش یافته است (شکل ۳)؛ همچنین نوسانات وقوع اولین بارش مؤثر (اختلاف زمانی وقوع اولین بارش مؤثر هر سال نسبت به سال قبل) نیز بررسی شد (شکل ۳). نتایج به دست آمده نشان داده که کمترین نوسانات سالیانه به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های اردبیل، سنندج، کرمانشاه، خرم‌آباد، همدان، تبریز و ارومیه است؛ همچنین این بررسی‌ها نشان داده که زمان رخداد اولین بارش مؤثر در بیشتر ایستگاه‌ها، با نوسانات بالا حاکم بوده و این نوسانات در طی این چند سال از میزان اختلافات هرسال نسبت به سال قبل کاسته است. برای نمونه در ایستگاه سنندج در سال‌های ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۶ یا ایستگاه ارومیه در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۶ از میزان نوسانات سالانه وقوع اولین بارش مؤثر کاسته شده است. از دیگر نتایج قابل توجه، بررسی سری‌های زمانی و نوسانات آن، مشابه بودن روند تغییرات نوسانات زمانی شروع بارش‌های مؤثر هرسال نسبت به سال‌های قبل در همه ایستگاه‌ها در ده سال اخیر، یعنی از سال ۲۰۰۸ به بعد بوده است و از این سال به بعد، از شدت نوسانات نسبت به دو دهه قبل خود به شکل محسوسی کاسته شده است؛ همچنین از سال ۲۰۰۸ به بعد در همه ایستگاه‌ها، وقوع تاریخ‌های اولین بارش مؤثر به ماه اکتبر محدود شده است (شکل ۴).



شکل ۳. سری زمانی اولین روز وقوع بارش مؤثر سی ساله (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶)





شکل ۴. اختلاف بارش سالانه (یک سال نسبت به سال قبل) اولین روز وقوع بارش مؤثر در آمار بلندمدت (از بدو تأسیس تا ۲۰۱۶)

براساس نتایج آمار بلندمدت (از بدو تأسیس تا ۲۰۱۶)، روند تغییرات در ایستگاه‌های تبریز، سنندج و اردبیل مثبت بوده است. روند مثبت، بیانگر تغییرات افزایشی در زمان رخداد اولین روز بارشی است. بر این اساس، اولین بارش‌های مؤثر، با تأخیر زمانی همراه بوده و در زمانی دیرتر رخ داده‌اند؛ همچنین روند تغییرات در ایستگاه‌های همدان، زنجان، ارومیه، کرمانشاه و خرم‌آباد منفی است. روند منفی، تغییرات کاهش‌ی در زمان رخداد اولین روز بارشی را نشان می‌دهد و اولین بارش‌های مؤثر در این ایستگاه‌ها، با وقوع زود هنگام همراه بوده‌اند. بررسی وجود معنی‌داری روند روزهای ژولیزی با آزمون من-کندال در سطح ۵٪ نشان داد که روند تغییرات زمانی همه ایستگاه‌های مورد مطالعه، معنی‌دار نیست (جدول ۱). در ادامه، بررسی مطالعه نتایج سری زمانی و روند آماری سی‌ساله (دوره آماری مشترک) نشان داد که ایستگاه‌های سنندج، خرم‌آباد، اردبیل، کرمانشاه و ارومیه روند مثبت دارند؛ همچنین ایستگاه‌های تبریز، زنجان و همدان به ترتیب دارای روند منفی هستند (جدول ۱ و شکل ۳). بررسی معنی‌داری روند روزهای ژولیزی با آزمون من-کندال در سطح ۵٪ نشان داد که روند تغییرات در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه، معنی‌دار نیست (جدول ۱).

جدول ۱. روند زمانی روزهای ژولیزی از زمان بدو تأسیس ایستگاه‌ها تا سال ۲۰۱۶ و دوره آماری ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۶

| ایستگاه  | دوره آماری از بدو تأسیس |          | دوره آماری مشترک (سی‌ساله) |          |
|----------|-------------------------|----------|----------------------------|----------|
|          | طول دوره آماری          | شیب روند | معنی‌داری (٪۵)             | شیب روند |
| ارومیه   | ۶۶                      | -۰/۰۳۲۸  | فاقد روند                  | ۰/۰۶۹    |
| تبریز    | ۶۶                      | ۰/۱۲۴۹   | فاقد روند                  | -۰/۱۶۴۲  |
| زنجان    | ۶۱                      | -۰/۱۷۲   | فاقد روند                  | -۰/۱۴۷۹  |
| همدان    | ۶۶                      | -۰/۱۹۹۹  | فاقد روند                  | -۰/۰۲۰۲  |
| سنندج    | ۵۸                      | ۰/۱۰۸۹   | فاقد روند                  | ۰/۳۱۸۴   |
| کرمانشاه | ۶۶                      | -۰/۰۰۸۳  | فاقد روند                  | ۰/۱۳۹    |
| خرم‌آباد | ۶۶                      | -۰/۰۰۳۱  | فاقد روند                  | ۰/۱۴۳۸   |
| اردبیل   | ۴۱                      | ۰/۲۴۰۴   | فاقد روند                  | ۰/۱۴۲۶   |



نتایج بررسی سی ساله تاریخ‌های میانگین رخداد اولین بارش مؤثر هر ایستگاه مشخص کرد که زودترین زمان شروع بارش نسبت به میانگین، به ترتیب در ایستگاه‌های اردبیل، زنجان، ارومیه، سنندج، خرم‌آباد و کرمانشاه اتفاق افتاده؛ دیرترین زمان بارش نیز به ترتیب مربوط به ایستگاه تبریز و همدان است (جدول ۲). در ادامه، زودترین و دیرترین رخداد اولین بارش مؤثر و فاصله بین زودترین بارش و دیرترین بارش هر ایستگاه از زمان تأسیس تا ۲۰۱۶ (بلندمدت) و سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ (سی سال) مشخص شد. براساس نتایج به دست آمده از آمارهای سی ساله، بیشترین فاصله زمانی بین زودترین و دیرترین بارش‌ها به ترتیب در ایستگاه‌های ارومیه، تبریز و همدان و کمترین فاصله در ایستگاه‌های سنندج، اردبیل، خرم‌آباد، کرمانشاه و زنجان بوده است (جدول ۳).

### الگوهای همید اولین بارش مؤثر

همان‌طور که در بخش روش گفته شد، شناسایی الگوهای همید اولین بارش مؤثر، براساس اولین روز بارشی یا دو روز متوالی با مقدار بارش پنج میلی‌متر و بیشتر به شرط رخداد حداقل یک روز بارشی در فاصله ده روز پس از آن انجام گرفته است. در مجموع ۹۵ روز مشترک و غیر مشترک در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه، به منظور شناسایی الگوهای همید اولین بارش مؤثر مشخص شد (شکل ۵). مشخصه‌های هر خوشه به عنوان یک الگوی گردش جو شامل درصد رخداد، تعداد عضو، فراوانی رخداد در هر ماه، روز نماینده هر خوشه و میانگین بارش آورده شده است (جدول ۴). در نهایت، الگوهای همید اولین بارش مؤثر فراگیر رخ داده در بیش از چهار ایستگاه مشخص شد (جدول ۵).

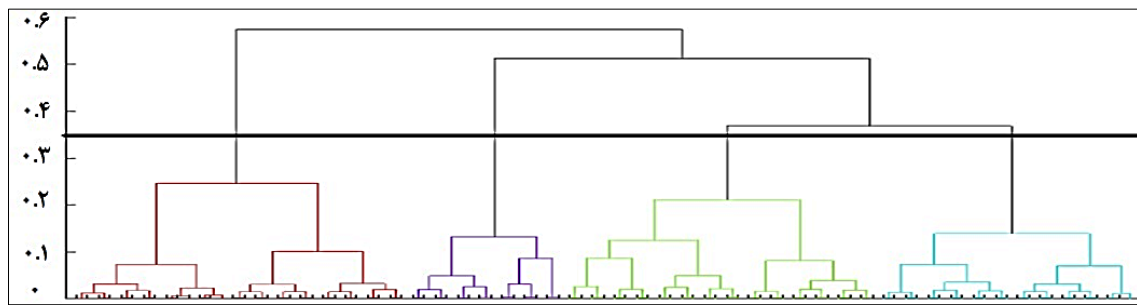
جدول ۲. تاریخ میانگین اقلیمی از زمان بدو تأسیس ایستگاه‌ها تا سال ۲۰۱۶ و دوره آماری ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۶

| ایستگاه  | دوره آماری از بدو تأسیس |                | دوره آماری مشترک (سی ساله) |                |
|----------|-------------------------|----------------|----------------------------|----------------|
|          | دوره آماری              | میانگین اقلیمی | توزیع ویبول                | میانگین اقلیمی |
| اردبیل   | ۴۱                      | ۲۱ اکتبر       | ۱ نوامبر                   | ۲۲ اکتبر       |
| سنندج    | ۶۳                      | ۲۲ اکتبر       | ۲ نوامبر                   | ۲۵ اکتبر       |
| خرم‌آباد | ۶۶                      | ۲۵ اکتبر       | ۷ نوامبر                   | ۲۶ اکتبر       |
| کرمانشاه | ۶۶                      | ۲۶ اکتبر       | ۸ نوامبر                   | ۲۷ اکتبر       |
| زنجان    | ۶۴                      | ۲۶ اکتبر       | ۹ نوامبر                   | ۲۴ اکتبر       |
| ارومیه   | ۶۶                      | ۲۷ اکتبر       | ۹ نوامبر                   | ۲۵ اکتبر       |
| تبریز    | ۶۶                      | ۲۸ اکتبر       | ۱۱ نوامبر                  | ۱ نوامبر       |
| همدان    | ۶۶                      | ۱ نوامبر       | ۱۷ نوامبر                  | ۲۸ اکتبر       |

جدول ۳. زودترین و دیرترین (روز ژولیس) رخداد اولین بارش مؤثر و فاصله بین (روز ژولیس) زودترین بارش و دیرترین بارش هر

ایستگاه از بدو تأسیس ایستگاه‌ها تا سال ۲۰۱۶ و دوره آماری ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۶

| ایستگاه  | دوره آماری از بدو تأسیس تا ۲۰۱۶ (بلندمدت) |              | دوره آماری مشترک (سی ساله) |              |
|----------|-------------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
|          | زودترین شروع                              | دیرترین شروع | زودترین شروع               | دیرترین شروع |
| اردبیل   | ۲۰                                        | ۳۳           | ۲۲                         | ۳۱           |
| ارومیه   | ۲۶                                        | ۶۳           | ۱۹                         | ۶۴           |
| تبریز    | ۲۷                                        | ۵۶           | ۳۲                         | ۴۹           |
| زنجان    | ۲۵                                        | ۶۳           | ۲۴                         | ۳۱           |
| همدان    | ۲۹                                        | ۵۰           | ۲۰                         | ۵۳           |
| کرمانشاه | ۲۵                                        | ۴۱           | ۲۷                         | ۲۸           |
| خرم‌آباد | ۲۴                                        | ۱۶           | ۲۶                         | ۲۹           |
| سنندج    | ۲۰                                        | ۲۹           | ۲۴                         | ۲۵           |



شکل ۵. نمودار درختی خوشه‌ها و محل برش براساس ضریب همبستگی آستانه ۰/۶۵ (فاصله ۰/۳۵)

جدول ۴. مشخصه‌های خوشه‌های (الگوهای همدیدی) اولین بارش مؤثر

| الگو                         | درصد رخداد | تعداد عضو | روز نماینده    | فراوانی رخداد |        |        | میانگین بارش |
|------------------------------|------------|-----------|----------------|---------------|--------|--------|--------------|
|                              |            |           |                | اکتبر         | نوامبر | دسامبر |              |
| الگوی ۱ (ناوه کوتاه)         | ۳۶         | ۳۴        | ۱۱ نوامبر ۲۰۰۱ | ۲۰            | ۱۰     | ۴      | ۱۲/۴۹        |
| الگوی ۲ (بندال امگا)         | ۲۶         | ۲۵        | ۲ نوامبر ۲۰۱۰  | ۱۶            | ۹      | ۰      | ۹/۸۸         |
| الگوی ۳ (کم فشار بریده)      | ۲۱         | ۲۰        | ۲۷ اکتبر ۲۰۱۳  | ۱۵            | ۵      | ۰      | ۹/۲          |
| الگوی ۴ (ناوه بلند مدیترانه) | ۱۷         | ۱۶        | ۷ نوامبر ۱۹۹۲  | ۱۱            | ۵      | ۰      | ۱۶/۶۱        |

جدول ۵. الگوهای همدیدی اولین بارش مؤثر به صورت فراگیر در ایستگاه‌های مورد مطالعه از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶

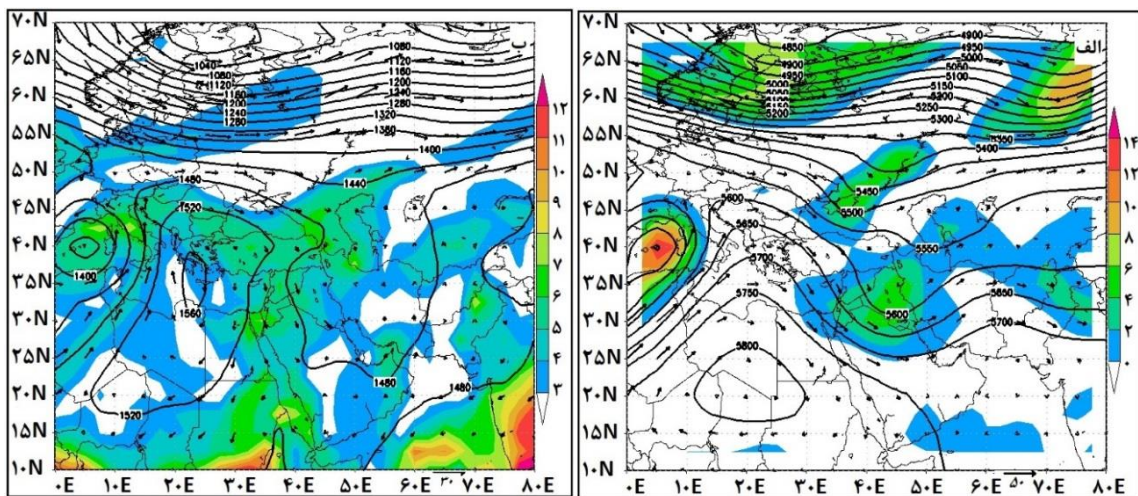
| تعداد ایستگاه‌ها | سال  | الگو   | سال  | الگو   | سال  | الگو   | سال  | الگو   | سال  | تعداد ایستگاه‌ها |
|------------------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|------------------|
| ۸                | ۲۰۱۱ | الگو ۲ | ۱۹۹۳ | الگو ۴ |      |        |      |        |      |                  |
| ۷                | ۲۰۱۴ | الگو ۳ | ۲۰۰۶ | الگو ۱ | ۲۰۰۰ | الگو ۲ | ۱۹۹۷ | الگو ۳ | ۱۹۹۲ | الگو ۴           |
| ۶                | ۲۰۱۶ | الگو ۲ | ۱۹۸۸ | الگو ۲ |      |        |      |        |      |                  |
| ۵                | ۲۰۰۹ | الگو ۱ | ۲۰۰۸ | الگو ۲ | ۲۰۰۷ | الگو ۱ | ۲۰۰۲ | الگو ۴ | ۱۹۹۶ | الگو ۳           |

### الگوی همدیدی ناه کوتاه

این الگو ۳۴ عضو دارد و با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، ۱۱ نوامبر ۲۰۰۱ به عنوان نماینده این الگو انتخاب شد. در تراز ۵۰۰ ه.پ، منطقه مورد مطالعه بین منحنی‌های پربندی ۵۵۵۰ و ۵۶۰۰ ژ.پ.م. شرق مدیترانه واقع شده است. منطقه مورد مطالعه، تحت تأثیر حرکت شرق سوی آن در روی عراق قرار گرفته است؛ همچنین وجود پرتافت بر روی جنوب اروپا ناشی از زبانه گسترش یافته پرتافت شمال آفریقا، شرایط را برای فرارفت هوای سرد و تقویت ناه پیش گفته مهیا کرده است. در این نقشه، منطقه مورد مطالعه و شرق مدیترانه نسبت به مناطق اطراف خود در بیشینه تلاویی قرار گرفته‌اند و شرایط لازم به لحاظ دینامیکی، برای صعود هوا و ایجاد ناپایداری فراهم شده است (شکل ۶ الف). در تراز ۸۵۰ ه.پ. یک ناه با راستای شمالی - جنوبی، تقریباً بیشتر مناطق شمال غرب ایران و عراق را دربر گرفته است. استقرار و اچرخند کشیده از شمال آفریقا و اروپای جنوبی باعث فرارفت هوای سرد داخل ناه بر روی عراق و ایران شده است. در این الگو، ناه کشیده تا عرض‌های جنوبی، از راه قسمت شرقی آن شرایط را برای تزریق هوای گرم و مرطوب دریای عمان و دریای سرخ فراهم کرده است. (شکل ۶ ب).

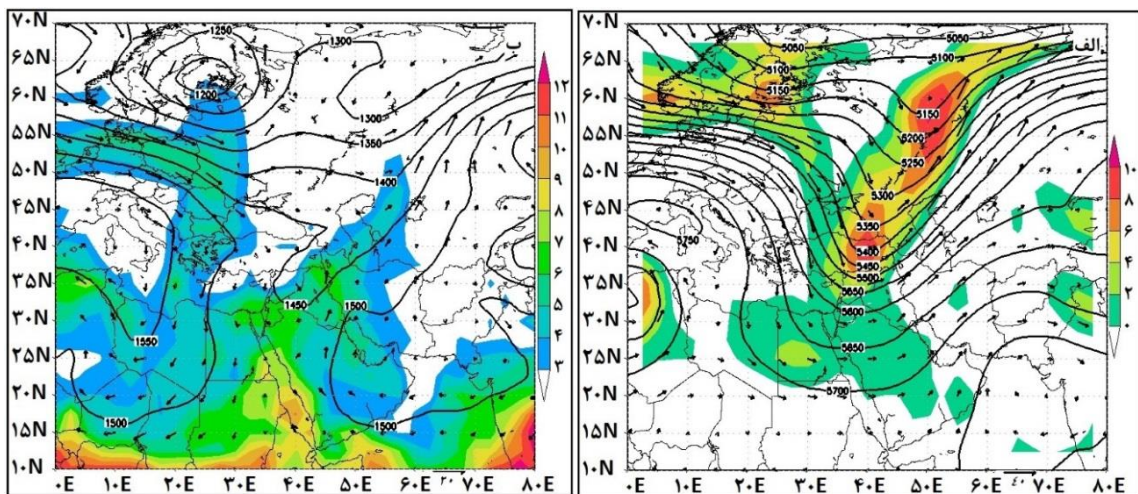
### الگوی همدید بندال امگا

این الگو ۲۵ عضو دارد. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۱ به عنوان نماینده آن انتخاب شد که دارای همبستگی بالایی با روزهای دیگر است. نقشه ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه.پ، مشخص کننده الگوی بندال امگایی است و بارش منطقه بیشتر تحت تأثیر ناه سمت راست آن قرار گرفته است. این ناه با محور شمال شرقی - جنوب غربی از روی دریای آرال تا شرق مدیترانه کشیده شده است.



شکل ۶. الف: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ. (ژ.پ.م.) تراز ۵۰۰ ه.پ. (کنتور)، مقدار تاوایی (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (متر بر ثانیه)، ب: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ. (ژ.پ.م.) تراز ۸۵۰ ه.پ.، نم ویزه (گرم بر کیلوگرم) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (متر بر ثانیه). تاریخ ۱۱ نوامبر ۲۰۰۱

در این الگو، پشته روی شمال آفریقا و اروپای شرقی به صورت یک سیستم مانع (بندال)، باعث انحراف بادهای غربی از مسیر حرکتشان شده است. فرارفت هوای سرد با این بندال باعث تقویت چرخندزایی بر روی مدیترانه شده است. در این الگو، به دلیل وجود بیشینه تاوایی مثبت در ناوه سمت راست بندال امگا و امتداد آن تا شرق مدیترانه و مناطق مورد مطالعه، شرایط لازم را به لحاظ دینامیکی برای صعود هوا و ایجاد ناپایداری فراهم کرده است (شکل ۷ الف). در نقشه تراز ۸۵۰ ه.پ. جهت جریانهای منطقه، جنوب و جنوب غربی است. در این تراز، قرارگیری یک چرخند روی شرق مدیترانه، باعث فرارفت هوای سرد عرضهای بالا به روی ایران شده است. در این الگو، به دلیل حرکت و اچرخندی روی عربستان از سمت جنوب دریای عرب و دریای عمان تا قسمت‌های مرکزی ایران، باعث انتقال هوای گرم و مرطوب دریاهای جنوبی به سمت غرب و شمال غرب ایران شده است (شکل ۷ ب).



شکل ۷. الف: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ. (ژ.پ.م.) تراز ۵۰۰ ه.پ. (کنتور)، مقدار تاوایی (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (متر بر ثانیه)، ب: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ. (ژ.پ.م.) تراز ۸۵۰ ه.پ.، نم ویزه (گرم بر کیلوگرم) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (متر بر ثانیه). تاریخ ۲۶ اکتبر ۲۰۱۱

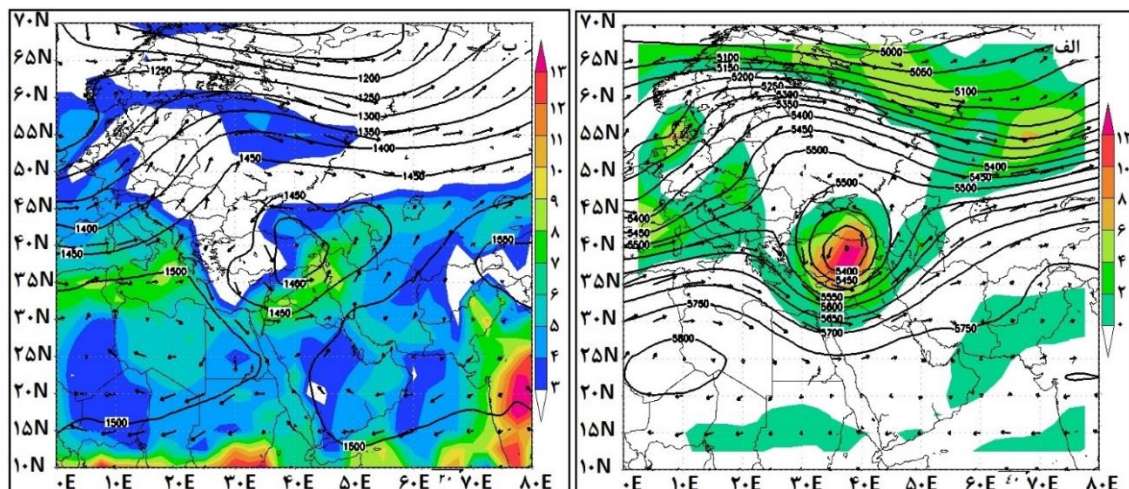


## الگوهای همدیدی کم فشار بریده

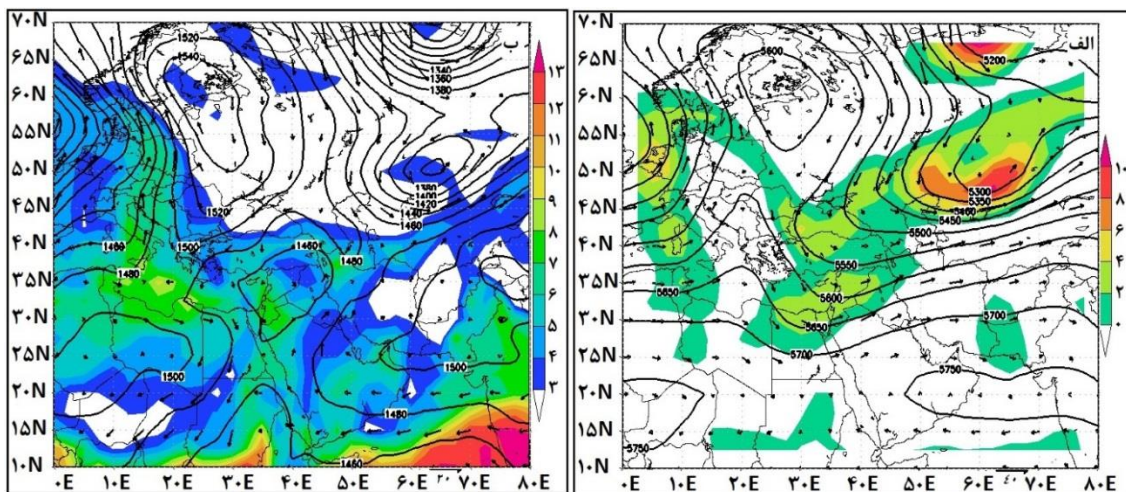
این الگو بیست عضو دارد. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۲۹ اکتبر ۲۰۰۳ به عنوان نماینده آن انتخاب شد که دارای همبستگی بسیار بالایی با روزهای دیگر بود. در نقشه همدیدی تراز ۵۰۰ ه.پ.، کم فشار بریده در مرکز مدیترانه تشکیل شده و شمال غرب و غرب ایران در جلوی محور این ناوه واقع شده است. در این تراز، به دلیل وجود بیشینه تاوایی مثبت در شرق مدیترانه و امتداد آن تا مناطق مورد مطالعه، شرایط لازم به لحاظ دینامیکی برای صعود هوا و ایجاد ناپایداری فراهم شده است (شکل ۸ الف). در نقشه تراز ۸۵۰ ه.پ.، مرکز کم ارتفاعی با منحنی پربندی به ارتفاع ۱۴۰۰ ژ.پ.م. بر روی شرق مدیترانه، ترکیه و سوریه قرار گرفته که با حرکت چرخندی سبب فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا به روی ایران شده است. در این تراز، منحنی پربند ۱۵۰۰ ژ.پ.م. مناطق شرقی، مرکزی و جنوب غرب ایران را دربر گرفته و هوای گرم و مرطوب دریای جنوبی بر روی ایران فرارفت کرده است. در نتیجه شرایط لازم برای همگرایی رطوبت در شرق مدیترانه و شمال غرب و غرب ایران فراهم شده است (شکل ۸ ب).

## الگوهای همدیدی ناوه بلند مدیترانه

این الگو ۱۶ عضو دارد. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۷ نوامبر ۱۹۹۲ به عنوان نماینده آن انتخاب شد که دارای همبستگی بالایی با روزهای دیگر است. در نقشه ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه.پ.، ناوه کمابیش عمیق و بلندی از عرض‌های ۶۰ درجه تا عرض‌های ۲۰ درجه شمالی کشیده شده است و منطقه مورد مطالعه در قسمت جلوی محور ناوه قرار دارد؛ همچنین پشته روی اروپای شرقی با فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا به روی دریای سیاه و مدیترانه باعث تقویت ناوه شکل گرفته مدیترانه شده است. در این تراز، به دلیل وجود بیشینه تاوایی مثبت از عرض‌های شمالی و شرق مدیترانه، شرایط لازم به لحاظ دینامیکی برای صعود هوا و ایجاد ناپایداری فراهم شده است (شکل ۹-الف). در تراز ۸۵۰ ه.پ. فرارفت هوای سرد از شمال اروپا به روی شرق مدیترانه و انتقال هوای گرم و مرطوب و اچرخند کشیده شده از عربستان به روی ایران، باعث تقویت جریانات ناپایداری شده است (شکل ۹ ب).



شکل ۸. الف: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ. (ژ.پ.م.) تراز ۵۰۰ ه.پ. (کنتور)، مقدار تاوایی (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (متر بر ثانیه). ب: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ. (ژ.پ.م.) تراز ۸۵۰ ه.پ.، نم ویژه (گرم بر کیلوگرم) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (متر بر ثانیه). ۲۹ اکتبر ۲۰۰۳



شکل ۹. الف: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ. (ژ.پ.م.) تراز ۵۰۰ ه.پ. (کنتور)، مقدار تاوایی (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (متر بر ثانیه). ب: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ. (ژ.پ.م.) تراز ۸۵۰ ه.پ.، نم ویژه (گرم بر کیلوگرم) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (متر بر ثانیه). ۷ نوامبر ۱۹۹۲

## بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی روند زمانی اولین بارش مؤثر و شناخت الگوهای همیدی در غرب و شمال غرب کشور انجام گرفته است. ارتباط زمان شروع اولین بارش مؤثر با تاریخ کشت محصولات دیم به ویژه گندم دیم یکی از مهم ترین دلایل انتخاب این موضوع است. بررسی توزیع زمانی اولین بارش های مؤثر شمال غرب و غرب نشان داد که از کل روزهای بارشی شناسایی شده به منزله اولین بارش مؤثر، بیش از ۹۰٪ آن در ماه اکتبر (۹ مهر تا ۹ آبان) رخ داده است؛ همچنین براساس نتایج، بازه زمانی بهینه تاریخ های اولین بارش مؤثر در هر ایستگاه بدین صورت است که ایستگاه اردبیل از ۲۱ اکتبر تا ۲ نوامبر، ایستگاه ارومیه از ۲۵ اکتبر تا ۸ نوامبر، ایستگاه تبریز از ۲۹ اکتبر تا ۱۵ نوامبر، ایستگاه زنجان از ۲۵ اکتبر تا ۷ نوامبر، ایستگاه همدان از ۲۹ اکتبر تا ۱۵ نوامبر، ایستگاه کرمانشاه از ۲۵ اکتبر تا ۹ نوامبر، ایستگاه خرم آباد از ۲۵ اکتبر تا ۷ نوامبر و ایستگاه سنندج از ۲۳ اکتبر تا ۵ نوامبر. نتایج تاریخ های مشخص شده در هر ایستگاه با نتایج پژوهش های دین پژوه و موحّدانش (۱۳۷۵) در آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل؛ کاظمی راد (۱۳۷۷) در آذربایجان غربی؛ کمالی (۱۳۷۶) در مناطق دیم خیز غرب کشور؛ یاراحمدی (۱۳۸۰) در دشت سیلاخور لرستان؛ محمدی (۱۳۸۴) در استان ایلام؛ رسولی و همکاران (۱۳۸۴) در استان اردبیل؛ نوحی (۱۳۸۴) در کرج؛ احمدالی و همکاران (۱۳۹۴) در کردستان؛ جعفری (۱۳۹۶) در شهرستان کرمانشاه و عباسی (۱۳۹۸) در تعیین تاریخ کاشت و شروع اولین بارش مؤثر در مناطق غرب و شمال غرب نزدیک است.

چهار الگوی همیدی ایجادکننده اولین بارش مؤثر، براساس اولین روز بارشی یا دو روز متوالی با مقدار پنج میلی متر و بیشتر به شرط رخداد حداقل یک روز بارشی در فاصله ده روز از آن شناسایی شد. الگوهای مشخص شده در دوره مطالعاتی شامل ناوه کوتاه، بندال امگا، کم ارتفاع بریده و ناوه بلند مدیترانه بوده اند. براساس نتایج به دست آمده، در الگوی ۱ منطقه مورد مطالعه در قسمت جلو محور ناوه کوتاه کشیده شده شرق مدیترانه است و این الگو از نظر بارشی با ویژگی هایی همچون بیشترین فراوانی روزهای با بارش مؤثر، وقوع بارندگی های شدید و میانگین بالا روزانه همراه بوده است. الگوهای ۲ و ۳ به ترتیب به صورت تشکیل بلا کینگ امگایی و مرکز کم ارتفاع بریده بوده است. در این دو الگو، فرارفت هوای سرد عرض های شمالی و تزریق هوای گرم و مرطوب جنوبی بر

شدت و پایداری و فراگیر شدن بارش‌ها در ایستگاه‌ها افزوده است. نتایج بارش این دو الگو نشان داده که پس از الگوی ۱، بیشترین فراوانی روزهای بارشی را داشته‌اند؛ اما مقدار میانگین بارشی آن‌ها از الگوی اول و چهارم کمتر بوده است. این الگوها، بیشترین فراوانی روزهای بارش مؤثر را به صورت فراگیری هم‌زمان در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه دارند. الگوی ۴، ناشی از قرارگیری منطقه مورد مطالعه در قسمت جلو محور ناوه نسبتاً عمیق و کشیده شده شرق مدیترانه است. بارش در این الگو، دارای ویژگی‌هایی همچون فراوانی رخداد کم روزهای بارشی بوده و پس از الگو ۱ با بارندگی‌های روزانه شدید و با میانگین بالای روزانه همراه بوده است. مطالعات همدید الگوهای جوئی نشان داده که منبع رطوبت هر چهار الگو، دریا‌های شمالی اقیانوس هند (دریا‌های عرب و سرخ) و دریای مدیترانه بوده است.

در نهایت، الگوهای مشخص شده در نوشتار پیش رو با الگوهای همدید بارش‌زای پژوهش‌های دیگر به‌ویژه در منطقه مورد مطالعه مطابقت داده شد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد که الگوی اول به دست آمده مشابه الگوی اول غیور و همکاران (۱۳۹۱) و الگوی دوم محمدی و مسعودیان (۱۳۸۶) است؛ همچنین الگوی دوم مشابه الگوی چهارم خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۵)؛ الگوی پنجم رفعتی و همکاران (۱۳۹۳) و الگوی همدید مطالعه طاووسی (۱۳۹۵) بوده است. الگوی سوم نیز مشابه الگوی اول پروین (۱۳۹۴) و نتایج مطالعه امیدوار و همکاران (۱۳۸۹) است. در نهایت الگوی چهارم نیز با الگوی دوم مطالعه غیور و همکاران (۱۳۹۱)؛ الگوی سوم خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۵) و الگو چهارم رفعتی و همکاران (۱۳۹۳) مشابه است.

### نتیجه‌گیری

بارش یکی از مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی است و از ویژگی‌های بارز این عنصر متغیر بودن آن در قلمرو زمان و مکان و به عبارتی تغییر در زمان شروع و خاتمه آن در مناطق گوناگون است؛ پس این موضوع تأثیر بسزایی در مسائلی از جمله فعالیت‌های کشاورزی، چراگاه‌ها، تأمین آب حوضه‌ها، تأمین آب قابل شرب، مدیریت منابع آب، بحران‌های خشک‌سالی، سیلاب، شرایط زیست‌محیطی و گردوخاک دارد. براساس مطالعات انجام شده، اولین بارش مؤثر نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای در تعیین تاریخ کشت محصولات دیم به‌خصوص گندم در مناطق مورد مطالعه دارد. درمجموع در پژوهش حاضر با هدف بررسی آماری و شناسایی الگوهای همدید تاریخ اولین روز با بارش مؤثر، متناسب با شرایط تاریخ کشت محصولات کشاورزی در فصل پاییز صورت گرفته است. بر این اساس، اولین بارش‌های با حداقل پنج میلی‌متر در یک یا دو روز متوالی و سپس وقوع بارش بعدی در فاصله زمانی کمتر از ده روز، به عنوان تاریخ اولین روز با بارش مؤثر تعیین شد. از مهم‌ترین نتایج قابل توجه نوشتار پیش رو، وجود کمترین نوسانات سالانه بارش و وقوع زود هنگام اولین روز با بارش مؤثر براساس میانگین اقلیمی در ایستگاه اردبیل و همچنین وجود بیشترین نوسانات سالانه بارش در ایستگاه ارومیه و تبریز و وقوع دیر هنگام اولین روز با بارش مؤثر براساس میانگین اقلیمی در تبریز بوده است. بررسی نوسانات زمانی رخداد اولین بارش مؤثر نشان داد که این نوسانات از الگوی خاصی پیروی نکرده و به صورت دوره‌ای صورت نگرفته است. تنها نکته قابل توجه در بررسی نوسانات اولین بارش مؤثر در همه ایستگاه‌ها، مشابه بودن و کم شدن تغییرات نوسانات در دهه اخیر، یعنی از سال ۲۰۰۸ به بعد بوده است و این بارش‌ها در این دهه اخیر، همه در ماه اکتبر رخ داده است.

در پایان این پژوهش پیشنهاد می‌شود که در بررسی‌های آتی به تعیین دقیق اندازه بارش مؤثر براساس ویژگی‌های دیگر مثل نوع بافت خاک، ارتفاع ایستگاه و سایر ویژگی‌های مؤثر دیگر در هر منطقه با توجه به روابط تجربی موجود در این نوع بارش‌ها، مدل‌سازی و استفاده از داده‌های سنجش از دوری پرداخته شود؛

همچنین با توجه به نتایج مربوط به شکل نوسانات اولین بارش مؤثر در این دهه اخیر (از ۲۰۰۸ به بعد) لازم است که علت همدید و شرایط جغرافیایی این تغییرات بارش نسبت به سال‌های قبل در هر ایستگاه بررسی شود. در مجموع، نتایج به دست آمده نشان داد که می‌توان با شناخت مناسب از توزیع زمانی و سازوکارهای رخداد اولین بارش مؤثر، به شناخت بهتر نوسانات شروع بارشی و برنامه‌ریزی بهتر در تعیین تقویم کشت محصول زراعی به‌ویژه کشت دیم رسید.

## منابع

- ابراهیمی، قنبر (۱۳۹۶). برآورد بارش مؤثر و محاسبه نیاز آبی کشتزار برنج در استان مازندران و پهنه‌بندی آن بر اساس روش‌های TOPSIS AHP و VIKOR. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی.
- احمدالی، خالد؛ حسینی‌پژوه، نازگل؛ لیاقت، عبدالمجید (۱۳۹۴). تعیین زمان بهینه کشت گندم دیم در استان کردستان. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۲۸ (۴)، ۹-۱۸.
- احمدوند، محمدرحیم؛ نجف‌پور ذبیح‌اله (۱۳۸۹). بررسی سطح زیرکشت، تولید و سیاست‌های حمایتی گندم طی برنامه‌های اول تا چهارم توسعه. پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۱۸ (۵۳)، ۷۳-۵۹.
- امیدوار، کمال؛ صفی‌پور، فرشاد؛ محمودآبادی، مهدی؛ الفتی، سعید (۱۳۸۹). تحلیل همدیدی اثرهای سردچال در وقوع بارش‌های شدید در نواحی مرکز و جنوب غرب ایران. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۴ (۴)، ۱۶۱-۱۹۱.
- بازگیر، سعید؛ کریمی، مصطفی؛ جعفری، ایوب (۱۳۹۸). ارتباط الگوهای همدید بارش مؤثر با تاریخ کشت و عملکرد گندم دیم در کرمانشاه. مجله جغرافیای طبیعی، ۵۱ (۱)، ۷۳-۸۶.
- پروین، نادر (۱۳۹۴). بررسی الگوهای بزرگ‌مقیاس گردش جوی مرتبط با وقوع توفان‌های شدید حوضه آبریز زاب. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۵ (۳۹)، ۳۳-۵۵.
- جعفری، ایوب (۱۳۹۶). تحلیل همدیدی تخمین عملکرد کشت گندم دیم در استان کرمانشاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران.
- حق‌پرست، رضا (۱۳۹۲). اصول زراعت گندم دیم (آمیخته دانش جدید و بومی). تهران: آموزش و ترویج کشاورزی.
- خورشیددوست، علی‌محمد؛ مفیدی، عباس؛ رسولی، علی‌اکبر؛ آرم، کامل (۱۳۹۵). تحلیل همدیدی سازوکارهای وقوع بارش‌های سنگین بهار در شمال غرب ایران. مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۵ (۸)، ۵۳-۸۲.
- خوشحال دستجردی، جواد؛ نظری، عبدالقدیر؛ عبدالعظیم، فانقرمه؛ فلاحی، حسین‌علی (۱۳۹۴). پیش‌بینی آماری - سینوپتیکی وقوع ریزش باران در زمان کاشت و برداشت گندم دیم در شهرستان گنبد کاووس. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۵ (۱۶)، ۱۶۵-۱۸۱.
- دین‌پژوه، یعقوب؛ موحّدانش، علی‌اصغر (۱۳۷۵). تعیین مناطق مساعد برای تولید غلات دیم با توجه به بارش‌های ماهانه (در آذربایجان شرقی، غربی، اردبیل). نیوار، ۳ (۳)، ۲۵-۳۸.
- رسولی، علی‌اکبر؛ قاسمی گل‌عزانی، کاظم؛ سبحانی، بهروز (۱۳۸۴). نقش بارش و ارتفاع در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مورد مطالعه: استان اردبیل). مجله جغرافیا و توسعه، ۳ (۵)، ۱۸۳-۱۹۹.
- رسولی، علی‌اکبر؛ سبحانی، بهروز (۱۳۸۶). نقش بارندگی در تعیین مناطق مساعد و تاریخ مناسب کشت گندم دیم در استان اردبیل. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۰ (۳)، ۱۰۲-۱۱۷.
- رفعتی، سمیه؛ حجازی‌زاده، زهرا؛ کریمی، مصطفی (۱۳۹۳). تحلیل همدیدی شرایط رخداد سامانه‌های همرفتی با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر در جنوب غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۶ (۲)، ۱۳۷-۱۵۶.
- روشنی، احمد؛ پرک، فاطمه (۱۳۹۷). تحلیل واگرایی شار رطوبت از منابع رطوبتی اطراف ایران و اثرات آن بر توزیع فضایی نابرابر بارش در نیمه جنوبی ایران. هواشناسی و علوم جو، ۱ (۱)، ۲۵-۳۸.

- سالاروند، مسعود (۱۳۹۶). بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر بارش مؤثر و تولید گندم دیم در استان اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ کاکي، سیف‌اله؛ جعفری، ایوب؛ جاسمی، سید میثم (۱۳۹۷). واکاوی همدید - ترمودینامیکی بارش‌های سنگین غرب و جنوب غرب ایران (مطالعه موردی ۱۲ تا ۱۵ آوریل ۲۰۱۶). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری*، ۲۲ (۶۴)، ۱۴۹-۱۶۷.
- طاووسی، تقی (۱۳۹۵). تحلیل الگوی همدید و نمایه قائم هوا در بارش‌های شدید مورد: بارش‌های شدید مهر ۱۳۹۰ جنوب شرق ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۳۱ (۲)، ۱۲۱-۱۲۹.
- عباسی، فائزه؛ محمدی، حسین؛ بازگیر، سعید؛ آزادی، مجید (۱۳۹۷). برآورد تاریخ بهینه کشت و مراحل حساس رشد به تنش آبی در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران. *مدیریت آب و آبیاری*، ۸ (۲)، ۲۶۷-۲۸۷.
- عباسی، فائزه (۱۳۹۸). *رابطه تغییرات شار رطوبت و بارش مؤثر در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران*. رساله دکتری دانشگاه تهران.
- علیزاده، امین (۱۳۹۷). *اصول هیدرولوژی کاربردی*. مشهد: دانشگاه امام رضا (ع).
- غیور، حسنعلی؛ حلبیان، امیرحسین؛ صابری، بیژن؛ حسنعلی پورجزی، فرشته (۱۳۹۱). بررسی رابطه بارش‌های سنگین با الگوهای گردشی جو بالا مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱ (۲)، ۱۱-۲۷.
- قربانی، محمدحسین؛ هارتونیان، هریک؛ سلطانی، افشین؛ کامکار، بهنام (۱۳۸۹). نقش پنجه‌ها بر عملکرد گندم در شرایط کشت دیم و خاک شور در فواصل ردیف و تراکم‌های مختلف. *تولید گیاهان زراعی*، ۳ (۴)، ۱۲۵-۱۴۲.
- کاظمی‌راد، مظفر (۱۳۷۷). *تعیین زمان و منطقه مساعد کشت گندم دیم در آذربایجان غربی براساس توزیع دما و بارش*. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت معلم.
- کمالی، غلامعلی (۱۳۷۶). تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت گندم در مناطق دیم‌خیز غرب کشور با استفاده از داده‌های اقلیمی و شروع بارندگی. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۴۵ (۴)، ۱۳-۲۴.
- کمالی، غلامعلی؛ صدقیان‌پور، علی؛ صداقت‌کردار، عبدالله؛ عسگری، احمد (۱۳۸۷). بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی. *مجله آب‌و خاک*، ۲۲ (۲)، ۴۶۷-۴۸۳.
- کیانی، مهرداد؛ لشکری، حسن؛ قائمی، هوشنگ (۱۳۹۸). تحلیل آماری - همدیدی رخداد شدیدترین بارش‌های غرب ایران. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۹ (۴)، ۱۷-۳۸.
- کیانیان، محمدکیا؛ صالح پورجم، امین؛ حاجی‌محمدی، حسن؛ رسولی، فهیمه (۱۳۹۵). بررسی و ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیکی جو. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۶ (۲۲)، ۱۷۵-۱۹۲.
- محمدی، حسین (۱۳۸۴). تعیین تقویم مناسب کشت گندم دیم با استفاده از شاخص شروع بارندگی. *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۷ (۵۱)، ۱۵-۳۱.
- محمدی، حسین؛ مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۶). ارتباط تیپ‌های همدید هوای ایستگاه سنندج با الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۹ (۹)، ۳۹-۵۶.
- مظفری، غلامعلی (۱۳۸۰). *ارزیابی قابلیت‌های محیطی کشت گندم دیم در استان کرمانشاه*. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- مظفری، غلامعلی؛ قائمی، هوشنگ (۱۳۸۱). تحلیل شرایط بارش در سطح نواحی دیم‌خیز مورد مطالعه: شرق کرمانشاه. *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۴ (۳۲)، ۱۰۳-۱۱۹.
- موحدی، سعید؛ عساکره، حسین؛ سبزی‌پور، علی‌اکبر؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ مریانجی، زهره (۱۳۹۱). بررسی تغییرات الگوی فصلی بارندگی در استان همدان. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۸ (۱۰۹)، ۳۸-۴۸.
- موسوی، سید سعید؛ کاراندیش، فاطمه؛ طبری، حسین (۱۳۹۵). تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران تحت تأثیر تغییر اقلیم تا سال ۲۱۰۰. *مجله مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۷ (۲۵)، ۱۵۲-۱۶۵.



موسوی بایگی، محمد؛ اشرف، بتول؛ رمضان زاده هژیر، فرشته (۱۳۹۲). شناسایی مناطق مستعد و تعیین تاریخ کشت مناسب گندم در مناطق دیم کاری استان خراسان رضوی. *فصلنامه پژوهش های کاربردی زراعی*، (۹۹)، ۱۳۱-۱۴۰.

نادی، مهدی؛ خلیلی، علی (۱۳۹۲). طبقه بندی اقلیم بارش ایران با روش تحلیل عاملی - خوشه ای. *تحقیقات آب و خاک / ایران*، ۴۴ (۳)، ۲۳۵-۲۴۲.

نظری پور، حمید (۱۳۹۳). نواحی تداوم بارش ایران. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، ۱۲ (۳۶)، ۱۹۵-۲۰۸.

نوحی، کیوان (۱۳۸۴). تحلیل بارندگی کرج به منظور تعیین تاریخ کاشت گندم دیم. *مجله نیوار*، ۳۰ (۵۸-۵۹)، ۹۵-۱۰۳.

وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۷). *گزارش محصولات زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ معاونت برنامه ریزی و اقتصادی*. تهران: مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

یاراحمدی، داریوش (۱۳۸۰). *بررسی تأثیر اقلیم بر کشاورزی دشت سیلاخور با تأکید بر کشت گندم دیم*. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه تهران.

یارنال، برنت (۱۳۸۵). *اقلیم شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی*. مترجم: سید ابوالفضل مسعودیان. اصفهان: دانشگاه اصفهان.

## References

- Abbasi, F., Mohammadi, H., Bazgeer, S. & Azadi, M. (2018). Estimation of the optimum cultivation date and susceptible growth stages to water stress for major areas of rain-fed wheat in Iran. *Water and Irrigation Management*, 8 (2), 267-287. (In Persian)
- Abbasi, F. (2018). *The relationship between moisture flux changes and effective rainfall in major areas of rainfed wheat cultivation in Iran*. Ph.D. thesis, University of Tehran. (In Persian)
- Adnan, Sh. & Hayat Khan, A. (2008) Effective rainfall for irrigated agriculture plains of Pakistan. *Journal of Meteorology*, 6, 61-72.
- Agriculture-Jihad Ministry. (2018). *Crop Production Report 2016-2017 Deputy Minister of Planning and Economy*. Tehran: Information and Communication Technology Center. (In Persian)
- Ahmadali, Kh., Hosseini Pajouh, N. & Liaghat, A. (2015). Determination of optimal planting date of rainfed wheat in Kurdistan Province Iran. *Agronomy*, 4 (109), 9-18. (In Persian)
- Ahmadvand, M. R. & Najafpour, Z. (2010). Investigating the level of cultivation, production and supportive policies of wheat during the first to fourth development plans. *Economic Research and Polices*, 18 (53), 59-73. (In Persian)
- Alizadeh, A. (2018). *The principal of applied hydrology*. Mashhad: Emam Reza University. (In Persian)
- Bakker, M. M., Govers, G., Ewert, F., Rousevell, M. & Jones, R. (2005). Variability in regional wheat yield as a function of climate, soil and economic variable, Assessing the risk of confounding. *Agriculture, ecosystems & environment*, 110 (3-4), 195-209.
- Bazgeer, S., Karimi, M. & Jafari, A. (2019). Relationship of Synoptic Patterns of Effective Precipitation with Planting Date and Yield of Rain-fed Wheat in Kermanshah. *Physical Geography Research Quarterly*, 51 (1) 1, 73-86. (In Persian)
- Dinpajoh, Y. & Movaheddansh, A. (1997). Determination of favorable areas for dryland grains production considering the monthly rainfall of East Azarbaijan, West and Ardebil. *Geographical Research Quarterly*, (3), 25-38. (In Persian)
- Dobor, L., Barcza, Z., Hlásny, T., Árendás, T., Spitkó, T. & Fodor, N. (2016). Crop planting date matters, Estimation methods and effect on future yields. *Agricultural and Forest Meteorology*, 223, 103-115.
- Ebrahimi, Gh. (2017). *The Estemation of amount of Raining and the Computation of the need for water in the state Mazandaran and its devision based on AHP TOPSIS and Vikor methids*. M.Sc. Thesis, University of Mohaghegh Ardabili. (In Persian)
- Falloon, P., Bebbber, D., Bryant, J., Bushell, M., Challinor, A. J., Dessai, S., Gurr, S. & Koehler, A. K. (2015). Using climate information to support crop breeding decisions and adaptation in agriculture. *World Agriculture*, 5 (1), 25-43.

- Flower, K. C., Ward, P. R., Cordingley, N., Micin, S. F. & Craig, N. (2017). Rainfall, rotations and residue level affect no-tillage wheat yield and gross margin in a Mediterranean-type environment. *Field Crops Research*, 208, 1-10.
- Gayoor, H. A., Halabian, A. H., Saberi B., Hossain, F. & Poorjazi, A. (2013). Investigating the Relation Between Heavy Precipitation and Circulation Patterns of the Upper Atmosphere case study, Southern Khorasan Province. *Natural Environment Hazards*, 1 (2), 11-27. (In Persian)
- Ghorbani, M. H., Harutyunyan, H., Soltani, A. & Kamkar, B. (2011). Tillers contribution on wheat yield in rainfed and saline soil in different row spacing and plant density. *Electronic Journal of Crop Production*, 3 (4), 125-142. (In Persian)
- Haghparsat, R. (2013). *Principles of rain-fed wheat cultivation (mixed with new and indigenous knowledge)*. Tehran: Agricultural Education and Promotion Publications. (In Persian)
- Haigh, M. J. (2014). Sustainable management of head water resources: The Nairobi headwater declaration (2002) and beyond. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 1 (1, 2), 17-28.
- Hao, Z., Zhao, H., Zhang, C., Wang, H. & Jiang, Y. (2019). Detecting Winter Wheat Irrigation Signals Using SMAP Gridded Soil Moisture Data. *Remote Sensing*, 11 (20), 2390.
- Jafari, A. (2017). *Synoptic Analysis of Yield Estimation for Rain-fed wheat in Kermanshah province*. M.Sc. Thesis, University of Tehran. (In Persian)
- Kamali, Gh. (1997). Determination of the most suitable data of plantation for wheat in dry land of the western regions of Iran with application of climatic potentials and start of rain, *Geographical Researches*, 12 (2), 13-24. (In Persian)
- Kamali, Gh., Sadaghianpour, A., Sedaghat, A. A. A. & Sghari, A. (2008). The climatic zoning of dryland wheat in Eastern Azerbaijan. *Water and Soil Science*, 22 (2), 467- 483. (In Persian)
- Karpouzou, D. K., Kavalieratou, S. & Babajimopoulos, C. (2010). Non parametric trend analysis of rainfall data in Pieria Region basin. Ethiopia. *Physics and Chemistry of the Earth*, 61-62, 32-42.
- Kazemirad, M. (1999). *Determining the time and favorable region for rainfed wheat cultivation in West Azerbaijan based on temperature distribution and precipitation*. M.Sc. Thesis, University of Tehran. (In Persian)
- Khichar, M. L. & Niwas, I. (2006). Microclimatic profiles under different sowing environment in wheat. *Agrometeo*, 8, 201-209.
- Khorshiddoust, A. M., Mofidi, A., Rasouli, A. A. & Azarm, K. (2016). A Synoptic analysis for the occurrence of springtime heavy rainfall in the Northwest of Iran. *Natural environment hazards*, 5 (8), 53-82. (In Persian)
- Khoshal Dastjerdi, J., Nazari, A. & Ghangharmeh, A. (2015). Predicting isometropia- rainfall in dry wheat implantation and cultivation in Gonbad Kavoos province. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 5 (16), 165-181. (In Persian)
- Kiani, M., Lashkari, H. & Ghaemi, H. (2020). Statistical - Synoptic Analysis of the Extreme Precipitation in Western Iran. *Geography and Sustainability of Environment*, 9 (4), 17-38. (In Persian)
- Kiyaniyan, M. K., Salehpour, A., Hajimohammadi, H. & Rasouli, F. (2017). Review and relationship between Western Iranian Wet years and drought and atmospheric synoptic patterns. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 6 (22), 175-192. (In Persian)
- Kumar, P. V., Bindi, M., Crisci, A. & Maracchi, G. (2013). Detection of variations in precipitation at different time scales of twentieth century at three locations of Italy. *Weather and Climate Extremes*, 2, 7-15.
- Liu, Z., Hubbard, K. G., Lin, X. & Yang, X. (2013). Negative effects of climate warming on maize yield are reversed by the changing of sowing date and cultivar selection in Northeast China. *Global Change Biology*, 19 (11), 3481-3492.
- Marta, A. D., Orlando, F., Mancini, M., Guasconi, F., Motha, R., Qu, J. & Orlandini, S. (2015). A simplified index for an early estimation of durum wheat yield in Tuscany (Central Italy). *Field Crops Research*, 170, 1-6.
- Mercy, I. C. (2015). Trend analysis of rainfall pattern in Enugu state, Nigeria. *European Journal of*

*Statistics and Probability*, 3, 12-18.

- Mohammadi, B. & Masoudian, S. A. (2007). The study on relationship of the synoptic weather types of Sanandaj station with circulation patterns of 500 hPa. *Geography and Development Iranian Journal*, (9), 39-56. (In Persian)
- Mohammadi, H. (2005). Determining the appropriate calendar for rain-fed wheat cultivation in Ilam province using rainfall start index. *Geographical Studies*, 37 (51), 15- 31. (In Persian).
- Mosavi Baygi, M., Ashraf, B. & Ramazanzadeh, H. F. (2013). The recognition of suitable region and determination of planting date of wheat in rain-fed region in Khorasan Razavi Province. *Field Crops Research*, (99), 131-141 (In Persian)
- Mousavi, S. S., Karandish, F. & Tabari, H. (2016). Temporal and spatial variation of rainfall in Iran under climate change until 2100, *Irrigation & Water Engineering*, 7 (25), 152. (In Persian)
- Movahedi, S., Asakereh, H. & Maryanji, Z. (2014). Investigating the Changes of Seasonal rainfall pattern in Hamedan province. *Geographical Research*, 28 (2), 33-48. (In Persian)
- Mozafari, Gh. & Ghaemi, H. (2002). Analysis of precipitation conditions in the rainfed areas studied, East Kermanshah. *Geographical Research Quarterly*, 34 (42), 103-119. (In Persian).
- Mozafari, Gh. A. (2001). *The assessment of environmental suitability of rain-fed wheat cultivation in Kermanshah province*. PhD Thesis, Tarbiat Modares University. (In Persian)
- Nadi, M. & Khalili, A. (2013). Classification of Iran's precipitation climate using factor-cluster analysis method. *Irrigation Science and Engineering*, 44 (3), 235-242. (In Persian)
- Nazaripor, H. R. (2014). Iran is continuing areas. *Geography and Development*, 36, 208-195. (In Persian)
- Noohi, K. (2006). Analysis of Rainfall in order to Determine of Sowing Date of Wheat in Karaj Region. *Nivar*, 30 (58-59), 95-103. (In Persian)
- Omidvar, K., safarpour, F., mahmodabadi, M. & olfati, S. (2011). a synoptic analysis of cut-off low effects in the event of severe precipitations of central and southwestern regions of iran. *Spatial Planning (Modares Human Sciences)*, 4 (68), 161-189. (In Persian)
- Parvin, N. (2015) Large-scale atmospheric circulation patterns associated with the occurrence of severe storms Zab basin. *Researches in Geographical Sciences*, 15 (39), 33-55. (In Persian)
- Rafati Alashti, S., Hejazizadeh, Z. & Karimi, M. (2014). Synoptic Analysis of the Conditions for Occurrence of Mesoscale Convective Systems. *Physical Geography Research Quarterly*, 46 (88), 137-156. (In Persian)
- Rasouli, A. A., & sobhani, B. (2005). the role of precipitation in the determination of suitable areas and appropriate date for dryland wheat cultivation in ardebil province. *Geographical Research*, 3 (78), 102-117. (In Persian)
- Rasouli, A. A., Ghasemi, K. & Sobhani, B. (2006). The Role of Precipitation and Elevation in Determine of the Favorable Area for Dry-Farming Wheat with Usage of GIS Study Case, Ardebil Province. *Geography and Development Iranian Journal*, 3 (5), 183-200. (In Persian).
- Roshani, A., Parak, F. (2018). Divergence analysis of moisture flux originating from moisture sources around Iran and its effects on the unequal spatial distribution of precipitation in the southern part of Iran. *Meteorology and Atmospheric Sciences (JMAS)*, 1, 25-38. (In Persian).
- Sadras V., Rogeta D. & Krause K. (2003). Dynamic cropping strategies for risk management in dry-land farming systems. *Agricultural Systems*, 76 (3), 929-948.
- Salarvand, M. (2017). *Evaluation of the Influence of Climat Chang on effective rainfall and rain-fed Whea yIeld (Case study, Isfahan Province)*. M.Sc. Thesis, Sari. Agricultural Scienes and Natural Resources University. (In Persian)
- Shamsipoor, A., Kaki, S., Jafari, A. & Jasemi, S. M. (2018). Synoptic and Thermodynamic Analysis of Heavy rainfall in the west and southwest of Iran (Case Study, 12-15 April 2016). *Geography and Planning*, 22 (64), 149-167. (In Persian)
- Sun, H., Zhang, X., Chen, S., Pei, D. & Liu, C. (2007). Effects of harvest and sowing time on the performance of the rotation of winter wheat–summer maize in the North China Plain. *Industrial Crops and Products*, 25, 239-247.
- Tavakkoli, A. R. & T. Oweis (2004). The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. *Agricultural Water Management*, 65, 225-236.

- Tavousi, T. (2016). Analysis of Synoptic Patterns and Vertical Profiles of Air in Heavy Rainfall in Transitional Periods: A Case Study of Heavy Rainfall Occure in South East of Iran, Oct. 2011. *Geographical Researches Quarterly Journal*, 31(2), 115-127. (In Persian)
- Trammell, J. H., Jiang, X., Li, L., Kao, A., Zhang, G. J., Chang, E. K. & Yung, Y. (2016). Temporal and spatial variability of precipitation from observations and models. *Climate*, 29 (7), 2543-2555.
- Williams, C. J., McNamara, J. P. & Chandler, D. G. (2009). Controls on the temporal and spatial variability of soil moisture in a mountainous landscape: the signature of snow and complex terrain. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13 (7), 13-25.
- Wimalasuriya, R., Ha A., Tsafack E. & Larson K. (2008). Rainfall Variability and its Impact on Dryland Cropping in Victoria. In *Proceeding of the 52 Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society*, 5-8. Canberra: Australia.
- Yarahmadi, D. (2001). *The investigation of climatic impact on agricultural activity in Silakhor plain with emphasis on rain-fed wheat planting*. M.Sc. Thesis, University of Tehran. (In Persian).
- Yarnal, B. (1993). *Synoptic Climatology in Environmental Analysis*. Translatore: S. A. Masoudian, Isfahan: University of Isfahan. (In Persian)
- Yoshioka, M., Takakura, S., Ishizawa, T. & Sakai, N. (2015). Temporal changes of soil temperature with soil water content in an embankment slope during controlled artificial rainfall experiments. *Applied Geophysics*, 114, 134-145.





## Modeling the Sustainable Land-Use Allocation in the Great Isfahan Using Multi-Criteria Evaluation in GIS Environment

Zeynab Karimzadeh Motlagh<sup>1</sup>, Ali Lotfi<sup>1\*</sup>, Saeid Pourmanafi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

### ARTICLE INFO

Article Type: Research article

#### Article history:

Received 17 April 2020

Accepted 10 June 2020

Available online 27 June 2020

#### Keywords:

Greater Isfahan, Multi-Criteria Evaluation, GIS, Land-Use Allocation, Sustainable Development.

#### Citation:

Karimzadeh Motlagh, Z., Lotfi, A., Pourmanafi, S. (2020). Modeling the Sustainable Land-Use Allocation in the Great Isfahan Using Multi-Criteria Evaluation in GIS Environment. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (2), 21-35.  
 doi: [10.22126/GES.2020.5194.2223](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5194.2223)

### ABSTRACT

Land suitability evaluation plays an important role in environmental sustainable management. Besides, it is a prerequisite for land planning which affects sustainability of the activities and sustainable development. The current study aims to evaluate and model the agricultural, urban and industrial development in Great Isfahan (as the most crowded center of Isfahan province and the most important agricultural and industrial hub of the country) using the data in 2018. Land-use planning is increasingly focusing on the aspects of environmental conservational and sustainable development. Choosing the appropriate areas for this purpose is a complex process which requires lots of effective factors. We use multi-criteria evaluation of the land-use allocation models applying geographic information system. First, the required data (including topographic variables, water resources, geology, land-use, accesses, infrastructure factors, biological resources, soil and climatic parameters) were identified, suitability maps were prepared using fuzzy method, and the weight of the factors was determined employing the analytic hierarchy process. Then, the prepared maps were combined using the weighted linear combination method. Finally, the final maps of land-uses suitability were prepared and classified according to the expert opinions. The findings show that approximately 586.9, 197.2 and 24 km<sup>2</sup> (20.3%, 6.9% and 0.08%) of the total area of the region is suitable for agricultural, urban and industrial development, respectively. Besides, the northwest and southeast of the region are in an appropriate area. We conclude that MCE and GIS techniques are effective tools for land evaluation and planning. The results of the present research can be used as a multi-criteria decision analysis to obtain a deep insight into the sustainable use of natural resources. Moreover, three possible scenarios (current ecological and socio-economic trend, conservation of agricultural lands and urban-industrial development) can be designed and modeled based on.

\*. Corresponding author E-mail address:

Lotfi@cc.iut.ac.ir



## مدل سازی تخصیص کاربری اراضی پایدار در اصفهان بزرگ با استفاده از ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS

زینب کریمزاده مطلق<sup>۱</sup>، علی لطفی<sup>۱\*</sup>، سعید پورمنافی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

### چکیده

### مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۹ فروردین ۱۳۹۹

پذیرش ۲۱ خرداد ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۷ تیر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

اصفهان بزرگ، ارزیابی چندمعیاره، سیستم اطلاعات جغرافیایی، تخصیص کاربری اراضی، توسعه پایدار.

استناد: کریمزاده مطلق، زینب؛ لطفی؛ علی؛ پورمنافی، سعید (۱۳۹۹). مدل سازی تخصیص کاربری اراضی پایدار در اصفهان بزرگ با استفاده از ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS. جغرافیا و پایداری محیط، ۳۵-۲۱، (۲).

doi: [10.22126/GES.2020.5194.2223](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5194.2223)

ارزیابی تناسب اراضی نقش مهمی در مدیریت پایدار محیط زیست برعهده دارد و پیش نیاز برنامه ریزی سرزمین است که پایداری فعالیت ها و توسعه پایدار را تحت تأثیر قرار می دهد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و مدل سازی کاربری های کشاورزی، توسعه شهری و صنعتی اصفهان بزرگ (بهمنزله مهم ترین مرکز تمرکز جمعیتی استان اصفهان و قطب مهم کشاورزی و صنعتی کشور) با استفاده از داده های سال ۱۳۹۷ صورت گرفته است. برنامه ریزی کاربری اراضی به طور فزاینده ای بر جنبه های مربوط به حفظ محیط زیست و توسعه پایدار تمرکز دارد. انتخاب مناطق مناسب برای این امر، فرایندی پیچیده و وابسته به بسیاری از عوامل است که بر مبنای آن ها تصمیم گیری شود. در نوشتار پیش رو از مدل های ارزیابی چندمعیاره تخصیص کاربری اراضی بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. ابتدا داده های مورد نیاز (شامل متغیرهای توپوگرافی، منابع آب، زمین شناسی، کاربری اراضی، دسترسی ها، عوامل زیرساختی، منابع زیستی، پارامترهای خاک و اقلیم) شناسایی و نقشه های تناسب آن ها به روش فازی تهیه و وزن عوامل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین شد؛ سپس نقشه های تهیه شده، با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی باهم تلفیق شده و در نهایت نقشه های نهایی تناسب اراضی با توجه به نظرات متخصصین تهیه و طبقه بندی شدند. نتایج پژوهش نشان داد که حدود ۵۸۶/۹، ۱۹۷/۲ و ۲۴ کیلومتر مربع (۲۰/۳٪، ۶/۹٪ و ۰/۰۸٪) از مساحت کل منطقه به ترتیب برای کاربری های کشاورزی، توسعه شهری و صنعتی مناسب است؛ همچنین شمال غرب و جنوب شرق منطقه در محدوده نامناسب قرار دارد. براساس نتایج پژوهش حاضر، تکنیک های ارزیابی چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزار کارآمدی برای ارزیابی و برنامه ریزی اراضی هستند. نتایج نوشتار پیش رو می تواند به مثابه تحلیل تصمیم گیری چندمعیاره ای برای به دست آوردن بینشی عمیق به منظور استفاده پایدار از منابع طبیعی به شمار رفته و براساس آن سه سناریوی ممکن (روند اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی فعلی، حفاظت از زمین های کشاورزی و توسعه شهری-صنعتی) طراحی و مدل سازی شود.

## مقدمه

اصفهان بزرگ به مثابه مهم‌ترین مرکز جمعیتی دارای اقلیم نیمه‌خشک بوده و با معضلات محیط‌زیستی عمده‌ای همچون گسترش خشکسالی، عدم تناسب بارگذاری توسعه شهری و صنعتی با ظرفیت اکولوژیک استان روبه‌رو است (معاونت برنامه و بودجه اصفهان، ۱۳۹۶). برای رفع این مسائل، ارزیابی تناسب اراضی برای این منطقه حساس، ضروری است. ارزیابی تناسب اراضی به منزله ارزیابی چندمعیاره تخصیص کاربری شناخته می‌شود (مالچفسکی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰) که با آن می‌توان به توزیع فضایی مناسب در اختصاص کاربری‌ها برای رسیدن به بهره‌برداری پایدار از منابع زمین دست یافت (لیو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). تخصیص کاربری اراضی، به معنی فرایند تخصیص فعالیت‌های مختلف برای واحدهای زمین است. پایداری جامع در تخصیص کاربری زمین را می‌توان به عنوان تعادل بلندمدتی بین توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست تعریف کرد. پایداری بیشتر نشان‌دهنده هدفی اصلی برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی است. نیروهای محرکه، مانند فاکتورهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی، تأثیر مهمی بر منابع طبیعی دارند؛ برای مثال شهرسازی باعث تغییر شدید در سیمای طبیعی در سراسر جهان می‌شود. مناطق شهری بیشترین تمرکز فعالیت‌های انسانی و شدیدترین تأثیر بر کاربری اراضی را نشان می‌دهند (لیو و همکاران، ۲۰۱۷؛ سان و زهاو<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸). امروزه، ارزیابی تخریب اراضی به ابزاری در پاسخ به نگرانی‌های زیست‌محیطی تبدیل شده است (اکبری<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

روش‌ها و ابزارهای متفاوت برای ارزیابی توسعه شهری و تعیین چگونگی رسیدن شهرها به پایداری می‌پردازند (هایرماس<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ یوستاوغلو و آیدینوغلو<sup>۶</sup>، ۲۰۲۰). مفهوم پایداری به‌طور کلی منجر به بهبود تجزیه و تحلیل تناسب می‌شود که به دلیل انواع مختلفی از معیارهایی که باید در این فرایند در نظر گرفته شود، عملیاتی پیچیده است (ابوراس<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). تجزیه و تحلیل تناسب اراضی فرایندی است که با در نظر گرفتن پایداری محیط‌زیست، می‌تواند بهترین مناطق توسعه را شناسایی کند. در سال‌های اخیر، با پیشرفت فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۸</sup>، مدل‌های تخصیص مکانی (هاسگاو<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۷) مانند روش‌های ارزیابی چندمعیاره<sup>۱۰</sup> برای کاربری‌های کشاورزی (اکینسی<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ رشمیدوی<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۹؛ سخی<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵؛ یالی<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۶؛ ساهو<sup>۱۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ کیم<sup>۱۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۸)، توسعه شهری (باترلس<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۷) و صنعتی (صحنه و همکاران، ۱۳۹۵)، مدل‌های هوش مصنوعی (زهاو<sup>۱۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۹)

1- Malczewski

2- Liu

3- Sun &amp; Zhao

4- Akbari

5- Hiremath

6- Ustaoglu &amp; Aydinoglu

7- Aburas

8- Geography Information System (GIS)

9- Hasegawa

10- Multi Criteria Evaluation (MCE)

11- Akinci

12- Reshmidevi

13- Sakieh

14- Yalew

15- Sahoo

16- Kaim

17- Bathrellos

18- Zhao



طراحی شده است؛ همچنین امیدی پور و همکاران (۱۳۹۷)، سامانه پشتیبان تصمیم گیری مکانی را با رویکردی آمایشی و با در نظر گرفتن تعارضات موجود و ملاحظات مربوط به ذی نفعان در تحلیل تناسب اراضی طراحی کردند. نقشه برداری تناسب اراضی، یکی از کاربردهای مفید برای برنامه ریزی فضایی و مدیریت است که به طور معمول مستلزم تعیین معیارهای ارزیابی است (مالچفسکی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). ادغام ابزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل چندمعیاره رویکرد قدرتمندی برای ارزیابی تناسب اراضی است و در رتبه بندی مجموعه ای از گزینه ها به کار گرفته می شوند (آرکینگر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ چاندیو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). رتبه بندی گزینه ها با استفاده از یک تابع تبدیل / استاندارد سازی ایجاد می شود تا همه عوامل مقادیر متناسب داشته باشند و امکان جمع شدن بعدی آن ها فراهم شود. این تجمع اغلب با استفاده از روی هم گذاری نقشه ها یا رویکردهای مبتنی بر منطق فازی انجام می شود. دو طبقه بندی اساسی از روش های ارزیابی چندمعیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی وجود دارند که به طور عمده برای تجزیه و تحلیل قابلیت کاربری زمین استفاده شده اند (بروشاکی و مالچفسکی<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰): عملگرهای هم پوشانی<sup>۵</sup> بولین و ترکیب خطی وزنی<sup>۶</sup>. در حال حاضر، استفاده از عملیات مختلف روی هم گذاری نقشه در سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی تناسب به روشی معمول تبدیل شده است (مالچفسکی، ۲۰۰۰). روش ترکیب خطی وزنی می تواند افزون بر مشخص کردن مناطق مناسب، به رتبه بندی مناسب بودن واحدهای مختلف زمین بپردازد.

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی تناسب زمین ها برای کاربری های کشاورزی، توسعه شهری و صنعتی در اصفهان بزرگ است که به عنوان قطب کشاورزی و صنعتی کشور مطرح است. در نوشتار پیش رو از فرایند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۷</sup> و ترکیب خطی وزنی، به منظور تهیه نقشه نهایی تناسب اراضی برای برنامه ریزی آینده منطقه با تأکید بر توسعه پایدار استفاده شده است.

### معرفی منطقه مورد بررسی

اصفهان بزرگ (شامل بخش مرکزی شهرستان اصفهان، خمینی شهر، نجف آباد و فلاورجان) با مساحت ۲۸۸۸ کیلومتر مربع، بین عرض های ۳۲° ۱۸' تا ۳۲° ۵۳' شمالی و ۵۱° ۱۱' تا ۵۲° ۵' طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه مهم ترین مرکز جمعیتی (با بیش از ۳/۵ میلیون نفر)، صنایع عمده دارد و قطب کشاورزی به شمار می رود (معاونت برنامه و بودجه اصفهان، ۱۳۹۶). ۱۵٪ از تولید ناخالص کشور متعلق به استان اصفهان است. استقرار صنایع در شعاع ۵۰ کیلومتری شهر اصفهان، منجر به آلودگی محیط زیست شده است (شورای هماهنگی توسعه پایدار، ۱۳۹۷). قرار گرفتن صنایع وابسته به کشاورزی در گروه بخش های کلیدی استان اصفهان، بیانگر اهمیت بخش کشاورزی به مثابه یک بخش مهم اقتصادی است.

### مواد و روش ها

به منظور ارزیابی تناسب اراضی کاربری ها مجموعه ای از معیارها شامل توپوگرافی، منابع آب، زمین شناسی، کاربری اراضی، دسترسی ها، عوامل زیرساختی، منابع زیستی، پارامترهای خاک و اقلیم (مخدوم، ۱۳۹۰؛ سخی و همکاران، ۲۰۱۵؛ اکبری و همکاران، ۲۰۱۹) تهیه شد.

1- Malczewski

2- Arciniegas

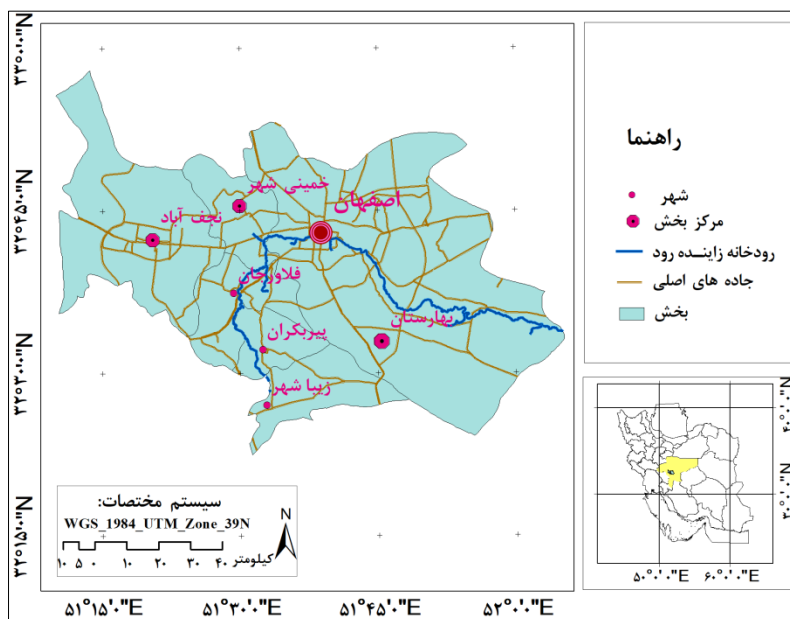
3- Chandio

4- Boroushaki & Malczewski

5- Overlay

6- Weighted Linear Combination (WLC)

7- Analytic Hierarchy Process (AHP)



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه

لایه مدل ارتفاع رقومی رستری از تصاویر ماهواره‌ای استر<sup>۱</sup> استخراج شد. کانال‌های آبیاری از تصاویر گوگل‌ارث<sup>۲</sup> و تراکم پوشش گیاهی از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی<sup>۳</sup> استخراج شده از سنجنده مودیس<sup>۴</sup> به‌دست آمد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ در تاریخ ۱۳۹۷/۳/۴ استفاده شد. باندهای ۲، ۳، ۴ ماهواره سنتینل توان تفکیک ۱۰ متر را دارد (سولا<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) (جدول ۱). به‌منظور تصحیح اتمسفری از افزونه SEN2COR نرم‌افزار اسنپ<sup>۶</sup> که درزمینه پردازش تصاویر سنتینل قابلیت‌های زیادی دارد، استفاده شد (سولا و همکاران، ۲۰۱۸). برای طبقه‌بندی، کاربری‌های موجود در منطقه به‌خوبی بررسی شد (جدول ۲ و شکل ۲).

جدول ۱. مشخصات باندهای مرئی ماهواره سنتینل-۲

| نام باند | رزولوشن به متر | توضیحات |
|----------|----------------|---------|
| باند ۲   | ۱۰ متر         | آبی     |
| باند ۳   | ۱۰ متر         | سبز     |
| باند ۴   | ۱۰ متر         | قرمز    |

جدول ۲. طبقات کاربری اراضی و توصیف آن‌ها

| عنوان کلاس کاربری اراضی                             | شرح                                                                        |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| کشاورزی آبی و باغات انبوه                           | شامل مناطق زراعی از جمله باغات، اراضی کشت گندم و جو و جنگل‌های دست‌کاشت.   |
| مسکونی و انسان‌ساخت                                 | شامل مناطق شهری، روستایی، فرودگاه و به‌طور کلی مناطق ساخت بشر.             |
| باغات پراکنده                                       | کمربند سبز و باغات با تراکم کم.                                            |
| مناطق بدون پوشش سبز (مرتع و بایر) و بیرون‌زدگی سنگی | مراتع تنک تا انبوه و اراضی با پوشش گیاهی پراکنده و صخره‌ها را شامل می‌شود. |
| آب                                                  | پهنه‌های آبی و رودخانه زاینده‌رود                                          |
| اراضی رهاشده و آیش                                  | زمین‌هایی که به‌طور کلی کشت نمی‌شود و به اراضی رهاشده تبدیل شده است.       |
| شهرک صنعتی                                          | شامل مناطق صنعتی است.                                                      |

1- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)

2- Google Earth

3- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

4- MODIS

5- Sola

6- Sentinels Application Platforms (SNAP)



شکل ۲. انواع کاربری اراضی در منطقه

با توجه به بررسی های انجام شده، به نظر می رسد که انتخاب روش مناسب برای طبقه بندی کاربری اراضی، تحت تأثیر ویژگی های منطقه و پیکسل های آموزش و کنترل زمینی، متفاوت است. برای برطرف کردن مشکلات طبقه بندی پیکسل مبنا از طبقه بندی شیء گرا، در نرم افزار ایکاگنیشن<sup>۱</sup> استفاده شد. این نرم افزار بر اساس معیارهایی که به آن داده می شود، پیکسل های همگن را دسته بندی می کند (هورسکاینن<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

روش طبقه بندی به نوع تصویر، الگوریتم و تعداد نقاط آموزشی بستگی دارد. با استفاده از الگوریتم های ماشین بردار پشتیبان<sup>۳</sup>، درخت تصمیم گیری<sup>۴</sup>، فازی و نزدیک ترین همسایه، سگمنت ها تبدیل به کلاس ها شد. در مرحله بعد، طبقه بندی به روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی انجام شد. با استفاده از فرایند فیوژن<sup>۵</sup> و درخت تصمیم گیری در نرم افزار انوی<sup>۶</sup>، نتایج طبقه بندی های مختلف باهم ترکیب و نقشه کاربری اراضی تهیه شد. در نهایت دقت حاصل از نقشه کاربری اراضی تهیه شده، با واقعیت زمینی و با بازدید میدانی از منطقه (نقاط برداشت شده جی.پی.اس.<sup>۷</sup> برای هفت نوع کاربری اراضی و نقاط تعلیمی حاصل از تصاویر گوگل ارث) به دست آمد.

1- Ecognition Developer

2- Hurskainen

3- Support Vector Machin (SVM)

4- Decision Tree

5- Fusion

6- The Environment for Visualizing Images (ENVI)

7- Global Positioning System (GPS)

مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی (فاکتورها و محدودیت‌ها) برای کاربری‌ها تعیین شد. استانداردسازی فاکتورها براساس منطق فازی در مقیاس بایت (۰ تا ۱) و محدودیت‌ها براساس منطق بولین (۰ و ۱) انجام شد (جدول‌های ۳ و ۴)؛ برای مثال در تناسب توسعه شهری شیب بیشتر از ۲۰٪، تابع عضویت فازی آن ۰/۱ است (به‌دلیل حجم زیاد جدول‌ها، فقط جداول کاربری توسعه شهری ارائه شده است).

جدول ۳. عوامل و متغیرهای انتخاب‌شده در ارزیابی تناسب توسعه شهری

| معیارهای اصلی   | زیرمعیار                   | متغیرهای انتخابی     | حدود توابع فازی |          |        |              | نوع تابع عضویت |
|-----------------|----------------------------|----------------------|-----------------|----------|--------|--------------|----------------|
|                 |                            |                      | a               | b        | c      | d            |                |
| منابع اکولوژیکی | توپوگرافی                  | شیب                  | ۲               | ۸        | ۲۰     | >۲۰          | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۱               | ۰/۸      | ۰/۳    | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 |                            | ارتفاع               | ۱۴۰۰            | ۱۶۰۰     | ۱۸۰۰   | >۱۸۰۰        | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۵             | ۰/۳      | ۰/۱    | ۰            | توسط کاربر     |
|                 | زمین‌شناسی                 | مناطق زلزله‌خیز      | ۳۰۰             | ۳۰۰۰     | ۷۰۰۰   | >۷۰۰۰        | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۰/۴      | ۰/۷    | ۱            | توسط کاربر     |
|                 |                            | جنس سازند            | ماسه‌سنگ        | پهنه رسی | آهک    | مارن         | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۱               | ۰/۷      | ۰/۵    | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 | پارامترهای خاک             | عمق خاک              | خیلی عمیق       | عمیق     | کم عمق | بسیار کم عمق | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۱               | ۰/۸      | ۰/۴    | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 |                            | زهکشی خاک            | خوب             | متوسط    | ضعیف   |              | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۸             | ۰/۵      | ۰/۱    |              | توسط کاربر     |
| منابع آب        | منابع فیزیکی               | رودخانه              | ۱۵۰             | ۲۵۰۰     | ۵۰۰۰   | >۵۰۰۰        | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۰/۵      | ۱      | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 |                            | عمق آب زیرزمینی      | >۱۰             | ۲۰       | ۳۰     | >۵۰          | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۰/۳      | ۰/۵    | ۱            | توسط کاربر     |
|                 | منابع آب                   | چاه، چشمه و قنات     | ۲۵۰             | ۱۰۰۰     | ۳۰۰۰   | >۳۰۰۰        | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۱        | ۰/۲    | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 |                            | دما                  | ۱۳              | ۱۴       | ۱۵     |              | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۰/۵      | ۱      |              | توسط کاربر     |
|                 | اقلیم                      | بارندگی              | ۱۰۰             | ۲۰۰      | ۲۵۰    | >۳۰۰         | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۰/۳      | ۰/۴    | ۰/۵          | توسط کاربر     |
|                 |                            | سرعت باد             | ۱/۰۱            | ۱/۲۰     | ۱/۳۰   | ۱/۶۹         | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۰/۳      | ۰/۴    | ۰/۵          | توسط کاربر     |
| عوامل دسترسی    | منابع زیستی                | مناطق تحت حفاظت      | ۳۰۰۰            | ۵۰۰۰     | ۷۰۰۰   | >۱۰۰۰۰       | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۰/۲      | ۰/۵    | ۱            | توسط کاربر     |
|                 |                            | تراکم پوشش گیاهی     | ۰-۲۵            | ۲۵-۵۰    | ۵۰-۷۵  | ۷۵-۱۰۰       | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۱               | ۰/۷      | ۰/۱    | ۰            | توسط کاربر     |
|                 | عوامل دسترسی               | جاده اصلی            | ۲۰۰             | ۵۰۰      | ۲۰۰۰   | >۲۰۰۰        | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۱        | ۰/۴    | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 |                            | فرودگاه              | ۱۰۰۰            | ۴۰۰۰     | ۵۰۰۰   | >۱۰۰۰۰       | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۰/۷      | ۱      | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 | فاصله از فعالیت‌های انسانی | مناطق مسکونی         | ۱۰۰۰            | ۲۰۰۰     | ۳۰۰۰   | >۱۰۰۰۰       | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۱        | ۰/۵    | ۰            | توسط کاربر     |
|                 |                            | فاصله از مراکز صنعتی | ۱۰۰۰            | ۴۰۰۰     | ۶۰۰۰   | >۱۰۰۰۰       | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۱        | ۰/۵    | ۰/۱          | توسط کاربر     |
| عوامل زیرساختی  | عوامل دسترسی               | راه آهن              | ۵۰۰۰            | ۱۰۰۰۰    | ۳۵۰۰۰  | ۵۰۰۰۰        | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۱        | ۰/۷    | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 |                            | خطوط انتقال نیرو     | ۱۰۰             | ۱۰۰۰     | ۶۰۰۰   | >۹۰۰۰        | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۱        | ۰/۵    | ۰/۱          | توسط کاربر     |
|                 | عوامل دسترسی               | خطوط انتقال آب       | ۱۰۰             | ۱۰۰۰     | ۶۰۰۰   | ۹۰۰۰         | تعریف‌شده      |
|                 |                            |                      | ۰/۱             | ۱        | ۰/۵    | ۰/۱          | توسط کاربر     |

جدول ۴. عوامل محدودکننده در ارزیابی تناسب توسعه شهری

| محدودیت                                      | بازه با ارزش صفر | بازه با ارزش ۱    |
|----------------------------------------------|------------------|-------------------|
| مناطق حفاظت شده                              | کمتر از ۱۰۰۰ متر | بیشتر از ۱۰۰۰ متر |
| فاصله از بستر رودخانه                        | کمتر از ۱۵۰ متر  | بیشتر از ۱۵۰ متر  |
| معادن                                        | کمتر از ۱۰۰۰ متر | بیشتر از ۱۰۰۰ متر |
| فاصله از گسل                                 | کمتر از ۱۰۰ متر  | بیشتر از ۱۰۰ متر  |
| منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات)         | کمتر از ۲۵۰ متر  | بیشتر از ۲۵۰ متر  |
| عمق آب زیرزمینی                              | کمتر از ۱۰ متر   | بیشتر از ۱۰ متر   |
| خطوط انتقال نیرو و آب                        | کمتر از ۱۰۰ متر  | بیشتر از ۱۰۰ متر  |
| فرودگاه                                      | کمتر از ۱۰۰۰ متر | بیشتر از ۱۰۰۰ متر |
| جاده های اصلی                                | کمتر از ۲۰۰ متر  | بیشتر از ۲۰۰ متر  |
| شهر و مناطق انسان ساخت - کشاورزی آبی و باغات | ممنوعیت          |                   |

به منظور ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری های توسعه صنعتی، شهری و کشاورزی، به ترتیب از ۱۸، ۲۱ و ۲۳ معیار استفاده شد. وزن معیارها برای هرکدام از کاربری ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و نظرات کارشناسی (ازراه پرسش نامه) و مرور منابع به دست آمد. جامعه آماری پژوهش، بخش مرکزی چهار شهرستان استان اصفهان (شامل اصفهان، خمینی شهر، نجف آباد و فلاورجان) تعیین شد و تعداد مشارکت کنندگان در این پرسش نامه ده نفر است.

بدین منظور ضریب اهمیت هریک از معیارها در مقایسه با یکدیگر از لحاظ میزان اهمیت در ارزیابی تناسب کاربری ها تعیین و سپس وزن نهایی با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویس<sup>۱</sup> محاسبه شد. نقشه معیارها و وزن های به دست آمده باهم تلفیق و مناطق مستعد کاربری ها به روش ترکیب خطی وزنی در نرم افزار ترست<sup>۲</sup> و با استفاده از رابطه ۱ (مالچفسکی، ۲۰۰۰) طراحی شد.

$$S = \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، S: سطح تناسب؛  $X_i$ : ارزش  $i$ ؛  $W_i$ : وزن شاخص  $i$  و  $n$ : تعداد معیارها را نشان می دهد.

## نتایج

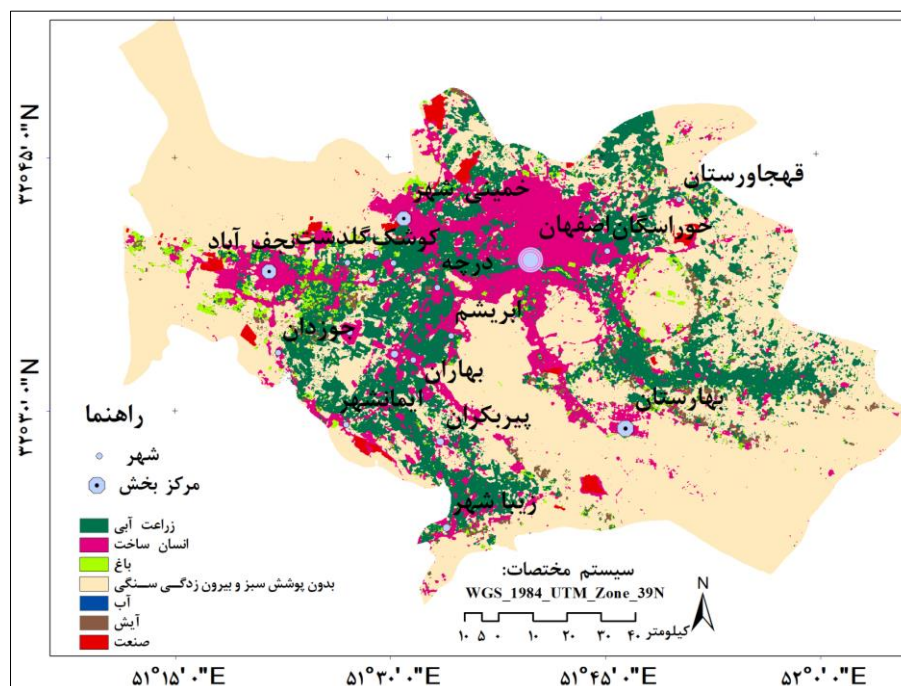
نقشه کاربری اراضی حاصل از تصاویر سنتینل (شکل ۳)، شامل هفت طبقه پوشش اراضی است. نتایج ارزیابی صحت با استفاده از پارامترهای آماری (ضریب کاپا و دقت کلی) داده های واقعیتهای زمینی حاصل از بازدید میدانی نشان داد ضریب کاپا ۰/۸۸ است که نشان دهنده دقت قابل قبول آن است. برای هرکدام از معیارها، نقشه های فازی براساس میزان مطلوبیت آنها در تناسب اراضی تهیه شد (شکل ۴) (به دلیل حجم زیاد نقشه ها، فقط برخی از نقشه های کاربری کشاورزی ارائه شده است).

منابع آبی، مهم ترین معیار در کاربری کشاورزی آبی است. با افزایش فاصله از منابع آب سطحی، مطلوبیت پیکسل ها افزایش و با افزایش فاصله از منابع آبی زیرزمینی، مطلوبیت پیکسل ها کاهش می یابد. شیب های ۰ تا ۸٪ برای این کاربری مناسب هستند. با افزایش شیب، مطلوبیت پیکسل ها کاهش می یابد. اقلیم شامل دما، بارندگی و تعداد روزهای یخبندان است. پارامترهای خاک شامل بافت، زهکشی، عمق، فرسایش، درصد سنگریزه سطحی، هدایت الکتریکی و درصد مواد آلی نقش مؤثری در تعیین تناسب زمین های کشاورزی دارد. خاک خیلی عمیق، بافت خاک متوسط لومی، زهکشی خوب و فرسایش کم، بهترین کلاس برای این کاربری است.

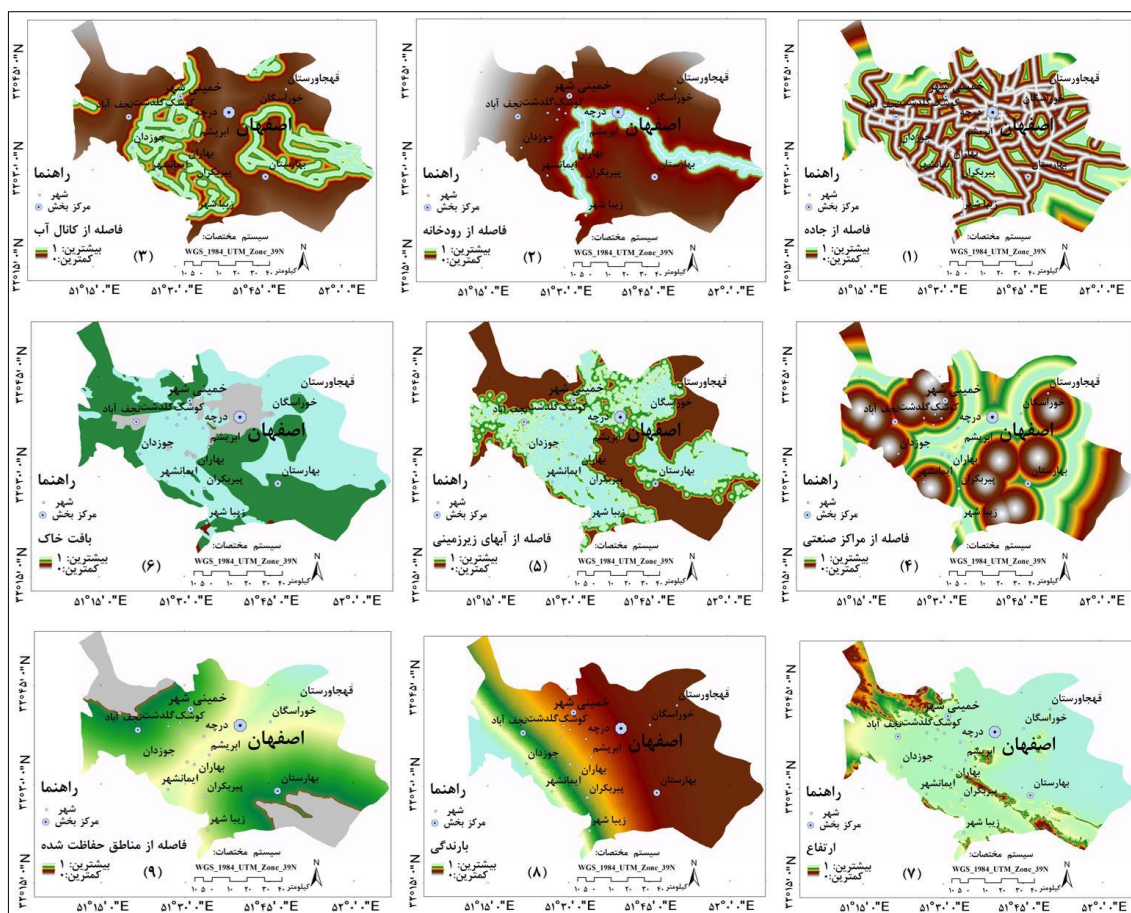
1- Expert Choice

2- TerrSet





شکل ۳. نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی

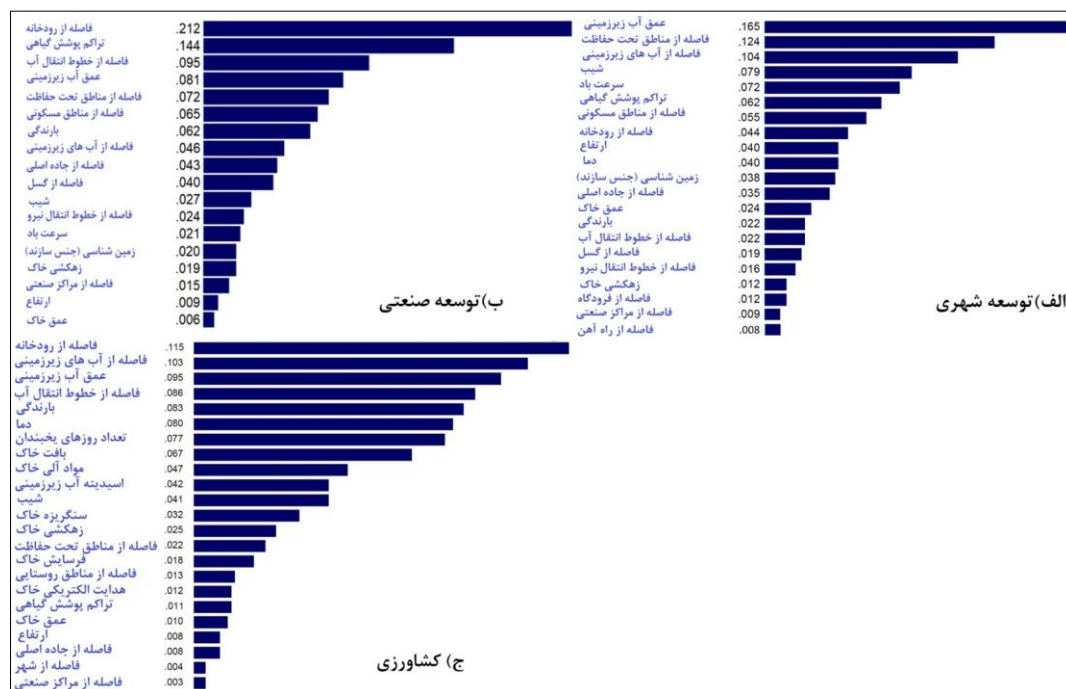


شکل ۴. نقشه‌های فازی شده به منظور ارزیابی تناسب کشاورزی: (۱) فاصله از جاده‌ها؛ (۲) فاصله از رودخانه؛ (۳) فاصله از کانال‌های آب؛ (۴) فاصله از مراکز صنعتی؛ (۵) فاصله از آب‌های زیرزمینی؛ (۶) بافت خاک؛ (۷) ارتفاع؛ (۸) بارندگی؛ (۹) فاصله از مناطق حفاظت‌شده

وزن معیارها با روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین شده است. شاخص ناسازگاری<sup>۱</sup> برای کاربری های کشاورزی، توسعه صنعتی و شهری به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۲ و ۰/۰۶ است و بیانگر نتایج قابل قبول وزن دهی است. تمامی پارامترها در مدل اکولوژیک ارزیابی هم وزن نیستند. منابع آب زیرزمینی و سطحی در تناسب اراضی کاربری ها اهمیت کلیدی دارند. دسترسی ها به مثابه یکی از ارکان اصلی توسعه بسیار مهم هستند. با دور شدن از مناطق انسان ساخت، مانند راه ها که یکی از عوامل تعیین کننده در رشد اقتصادی مکان هستند، مطلوبیت منطقه برای توسعه کاهش می یابد. امکان دسترسی به منطقه مناسب برای توسعه باید به منزله معیار مهمی مورد توجه قرار گیرد. نتایج نشان داد که معیارهای اقتصادی و دسترسی ها (فاصله از شهرها، جاده ها و نزدیکی به نواحی صنعتی)، از مهم ترین عوامل توسعه شهری است. برای کاربری صنعت، معیارهای فاصله از رودخانه، تراکم پوشش گیاهی و فاصله از خطوط انتقال آب، بیشترین اهمیت را دارند (شکل ۵).

پس از تعیین وزن معیارها، لایه های تهیه شده براساس رابطه ۱ و با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی روی هم گذاری و نقشه های نهایی تناسب تهیه شد. نقشه تناسب کشاورزی (شکل ۶)، بیانگر ارزش های ۰ تا ۰/۸ است، این مقادیر تناسب هر واحد پیکسل را بیان می کند. مناطقی که ارزش صفر دارند، کمترین توان و مناطق با ارزش ۰/۸ بالاترین توان را دارند. مناطق با ارزش بالاتر از ۰/۸ وجود ندارند و بیانگر این است که مناطق با قابلیت فوق العاده در منطقه موجود نیست. در نتیجه برای توسعه کشاورزی توان کمابیش مناسبی دارد. نقشه های نهایی حاصل از روش ارزیابی چندمعیاره بر مبنای شکستگی های طبیعی<sup>۲</sup> به پنج طبقه تناسب تقسیم شد (شکل ۷).

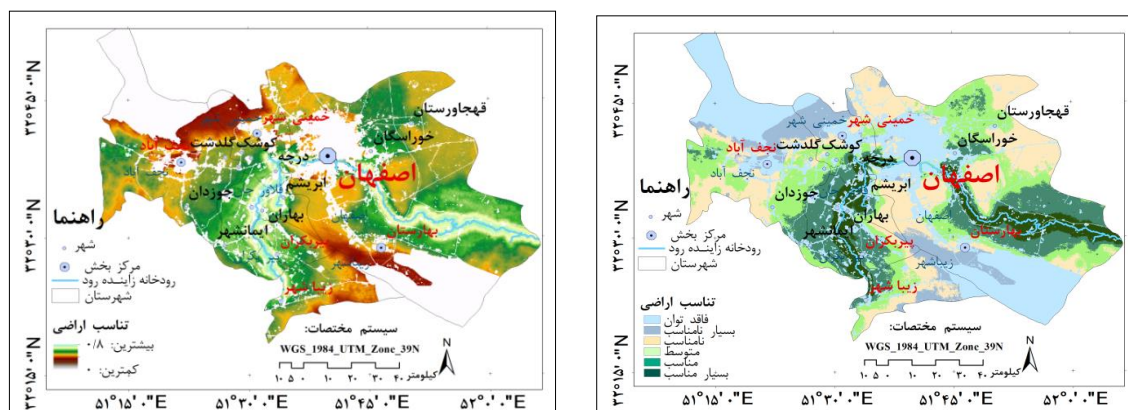
نقشه کاربری اراضی به چهار کلاس اصلی (کشاورزی، مسکونی، سایر کاربری ها و صنعت) تهیه شد. داده های سنتینل به دلیل دقت مکانی بالا (۱۰ متر)، نتایج قابل توجهی را به دست آوردند و ارزیابی صحت نقشه کاربری اراضی تولید شده قابل تأیید بود. از این نقشه برای استدلال و ارزیابی درمورد نقشه های حاصل از ارزیابی تناسب اراضی استفاده شد.



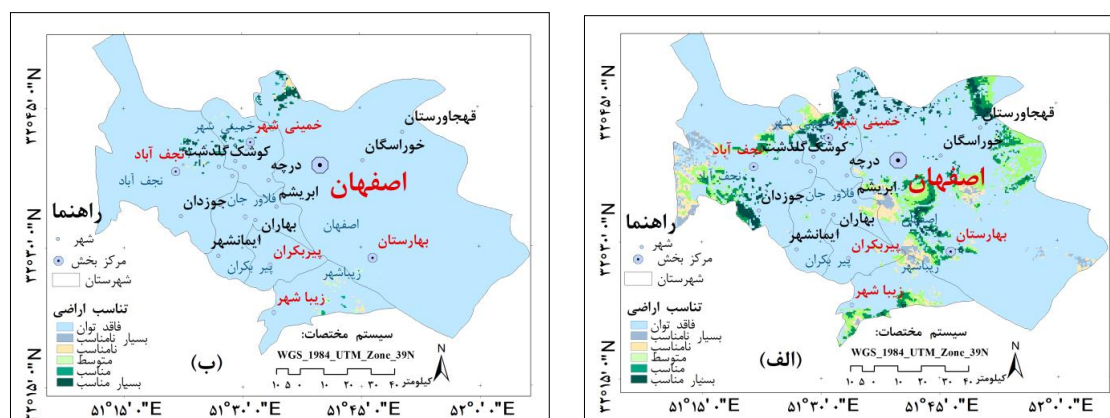
شکل ۵. وزن های نهایی معیارها به روش تحلیل سلسله مراتبی

1- Consistency Ratio (CR)

2- Natural breaks



شکل ۶. نقشه‌های نهایی تناسب اراضی کشاورزی به روش ترکیب خطی وزنی



شکل ۷. نقشه‌های نهایی تناسب اراضی: الف: توسعه شهری؛ ب: توسعه صنعتی به روش ترکیب خطی وزنی

مساحت طبقات نقشه کاربری اراضی (کاربری بالفعل) و نقشه‌های تناسب اراضی (کاربری‌های بالقوه) نشان داده شده است (جدول ۵ و ۶). نتایج نشان می‌دهد که حدود ۵۸۶/۹، ۱۹۷/۲ و ۲۴ کیلومتر مربع (۰/۳٪، ۰/۶٪ و ۰/۸٪) از مساحت کل منطقه به‌ترتیب برای کاربری‌های کشاورزی و توسعه شهری و صنعتی مناسب است. شمال غرب و جنوب شرق منطقه که مناطق حفاظت‌شده را دربر می‌گیرند، برای کاربری‌های پیش‌گفته در محدوده نامناسب قرار دارند.

جدول ۵. مساحت طبقات نقشه‌های تناسب اراضی (کاربری‌های بالقوه)

| مساحت (کیلومتر مربع) |            |         | طبقات              |
|----------------------|------------|---------|--------------------|
| توسعه صنعتی          | توسعه شهری | کشاورزی |                    |
| ۲۴                   | ۱۹۷/۲      | ۵۸۶/۹   | کلاس ۱: دارای توان |
| ۲۸۶۳/۹               | ۲۶۹۰/۷     | ۲۳۰۱    | کلاس ۲: فاقد توان  |

جدول ۶. مساحت طبقات نقشه کاربری اراضی (کاربری بالفعل)

| مساحت (کیلومتر مربع) |       | طبقات                  |
|----------------------|-------|------------------------|
| ۵۴۱/۸                | ۴۲۱/۸ | کلاس ۱: کشاورزی        |
| ۱۸۹۳/۸               | ۳۰/۷  | کلاس ۲: انسان‌ساخت     |
|                      |       | کلاس ۳: سایر کاربری‌ها |
|                      |       | کلاس ۴: صنعت           |



## بحث

در پژوهش حاضر، ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری‌های کشاورزی، توسعه شهری - صنعتی اصفهان بزرگ براساس معیارهای زیست‌محیطی و اقتصادی اجتماعی، با استفاده از تکنیک‌های فازی، سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی بررسی شد. به هر معیار وزنی تعلق گرفت که این کار سبب حفظ درجه اهمیت و توجه به انواع معیارها شد، در نتیجه مناطق دارای مطلوبیت با طیفی از تناسب، تعیین شد و نقشه‌های تناسب به‌دست آمد. در نقشه‌های نهایی تناسب زمین، هر پیکسل امتیازی دارد که تناسب آن را برای کاربری نشان می‌دهد، هرچه مقدار امتیاز بیشتر باشد، تناسب زمین نیز بیشتر است. نتایج نشان داد که روش ترکیب خطی وزنی می‌تواند در ارزیابی تناسب اراضی مؤثر باشد.

در نوشتار پیش رو، نقش معیارهای مرتبط با زیرساخت‌ها (خطوط انتقال آب و نیرو) در ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه صنعتی، بسیار مهم مشخص شدند. با توجه به اینکه منطقه در اقلیم حساس واقع شده، فاصله از مناطق حفاظت‌شده نیز معیار بسیار مهمی برای کاربری یادشده است. با توجه به شکل ۷ ب، شمال غرب شهرستان اصفهان و جنوب منطقه (بخشی از شهرستان مبارکه) برای کاربری توسعه صنعتی مناسب است. در منطقه مورد مطالعه بیشترین اراضی به کاربری‌های کشاورزی و توسعه شهری تخصیص یافته است که محدودبودن اراضی مناسب در منطقه، نیاز روزافزون به زمین برای کاربری‌های پیش‌گفته و افزایش جمعیت از دلایل آن است. نتایج حاصل از مدل‌سازی و پیش‌بینی پتانسیل اراضی مطلوب نیز به‌دلیل تشابه زیاد معیارهای ارزیابی توان اکولوژیک کاربری کشاورزی و توسعه شهری و مدل‌های مربوطه، مؤید بیشترین تخصیص به این دو کاربری است (عسگریان، ۱۳۹۷).

از آنجاکه توسعه شهری و صنعتی بدون وجود زیرساخت‌هایی همچون جاده، شبکه راه‌آهن و خطوط انتقال آب و برق سخت یا ناممکن است، دسترسی به شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌ها در کنار معیارهای اکولوژیک نظیر توپوگرافی، پارامترهای خاک و اقلیم، منجر به تحلیل دقیق‌تر شرایط موجود و تولید نتایج دقیق‌تری از شرایط و توان بالقوه منطقه برای کاربری‌های پیش‌گفته می‌شود (رامیا و دوداس<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹). از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری کشاورزی در منطقه، نبود شیب بالای اراضی، ساختار مناسب خاک، وجود کانال‌های انتقال آب و چاه‌ها در قسمت اعظم منطقه است که در مطالعات مختلفی نیز از آن‌ها استفاده شده است (اکینسی و همکاران، ۲۰۱۳). نواحی پیرامون رودخانه زاینده‌رود به‌دلیل بهره‌بردن از منابع آبی متعدد، خاک مستعد و شیب ملایم، از بالاترین میزان مطلوبیت برای کاربری کشاورزی برخوردار است.

نتایج ارزیابی توان اکولوژیک منطقه نشان داد که از مجموع ۲۸۸۸ کیلومتر مربع مساحت منطقه، ۵۸۶ کیلومتر مربع از اراضی توان کاربری کشاورزی دارد، حال آنکه مساحت اراضی بالفعل ۵۴۱ کیلومتر مربع است. بدین معنی که میزان کاربری کشاورزی منطقه، کمتر از توان سرزمین است. علت این مسئله را می‌توان در عوامل مختلفی همچون کمبود منابع آب در بخشی از منطقه، رهاسازی اراضی کشاورزی به‌منظور تبدیل آن‌ها به سایر کاربری‌ها به‌ویژه مسکونی و تغییرات اقتصادی - اجتماعی دانست. ۱۹۷ کیلومتر مربع از زمین‌ها توان کاربری مسکونی و توسعه شهری دارند، در حالی که ۴۲۱ کیلومتر مربع از اراضی در حال حاضر تحت اشغال این نوع کاربری است و نشان می‌دهد که توسعه شهری و مسکونی بیشتر از توان منطقه صورت گرفته است. میزان بالای رشد جمعیت در منطقه و همچنین خصوصیات مناسب فیزیکی آن همچون وجود اراضی با ویژگی‌های توپوگرافی و شیب مناسب،

شرایط مناسب خصوصیات خاک منطقه و همچنین شبکه جاده‌ای گسترده، از متغیرهای مهمی است که توسعه شهری در منطقه را آسان می‌سازد (بی‌همتا، ۱۳۹۱)، به گونه‌ای که مناطق بهارستان، قهجاورستان، حاشیه شهرهای اصفهان، خمینی‌شهر، نجف‌آباد و زیباشهر، چنین ظرفیتی را دارند؛ البته در این زمینه باید به نابودی اراضی مرغوب کشاورزی در اثر توسعه شهری به‌ویژه در حاشیه شهرهای فعلی توجه داشت و با استفاده از برنامه‌ریزی جامع کاربری اراضی، تضاد میان کاربری‌های مختلف را با هدف حفظ اراضی مرغوب کشاورزی و تأمین اراضی مورد نیاز برای توسعه شهری، به حداقل رساند (مoein<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). حدود ۲۴ کیلومتر مربع (۰/۰۸٪ از مساحت کل منطقه) دارای توان برای توسعه صنعتی است و ظرفیت بالفعل آن ۳۰ کیلومتر مربع است، یعنی صنعت نیز بیشتر از توان منطقه برای این کاربری، توسعه می‌یابد.

بهینه‌سازی کاربری اراضی و استفاده پایدار از منابع زمینی یکی از مهم‌ترین زمینه‌های مدیریتی در بحث آمایش سرزمین و توسعه پایدار است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی و توجه به سنجه‌های سیمای سرزمین در تصمیم‌گیری و به‌گزینی مکانی کاربری اراضی می‌تواند در اولویت‌بندی کاربری‌ها مورد توجه قرار گیرد؛ برای نمونه در پژوهش سعیدصباei (۱۳۹۵)، بهینه‌سازی چندهدفه تخصیص کاربری اراضی شهرستان گرگان با الگوریتم کلنی مورچگان و برنامه‌ریزی خطی و مبتنی بر سنجه‌های سیمای سرزمین (تراکم و پیوستگی) ارائه شده است. نتایج آن‌ها نشان داد که ضمن آنکه استفاده از هر کدام از این الگوریتم‌ها اهداف مختلف بهینه‌سازی کاربری اراضی را در نظر می‌گیرند، تلفیق این مدل‌ها نتایج بهتری را می‌دهد.

### نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر، تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزار کارآمدی برای برنامه‌ریزی سرزمین هستند. با ارزیابی تناسب اراضی می‌توان به این نتایج رسید که چه میزان توسعه، با توان سرزمین هماهنگی دارد. حفاظت از اراضی کشاورزی، جلوگیری از تغییرات کاربری، توسعه افقی شهرها با در نظر گرفتن پایداری اکولوژی، اجتماعی و فرم شهری مناسب از اولویت‌های اصلی برنامه‌ریزی در این منطقه است. با توجه به موقعیت مکانی مناطق کشاورزی، شهری - صنعتی در منطقه و عوامل مرتبط با آن‌ها مانند وضعیت موجود منطقه، رشد جمعیت، وضعیت آب، سناریوسازی برای مدیریت و اولویت‌بندی کاربری اراضی ضروری است. رشد جمعیت باعث افزایش تقاضا برای زمین‌های کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت شده است که براساس آن برنامه توسعه متعادل می‌تواند به سمت رشد اقتصادی پایدار تدوین شود. نتایج این پژوهش می‌تواند یک تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای به‌دست آوردن بینشی عمیق به منظور استفاده پایدار از منابع طبیعی باشد و براساس سه سناریوی ممکن (رشد اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی فعلی، حفاظت از زمین‌های کشاورزی و گسترش شهری - صنعتی) طراحی و مدل‌سازی شود.

پیشنهاد می‌شود برای طرح‌های توسعه، افزون بر ارزیابی توان سرزمین، ارزیابی اثرات محیط‌زیست نیز اعمال شود تا بتوان برنامه‌ریزی مناسبی انجام و شدت تخریب زمین را کاهش داد؛ همچنین در پژوهش‌های آینده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی نیز استفاده و نتایج مقایسه شود.

### سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوریان کشور (INSF) معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، به دلیل حمایت مالی تشکر و قدردانی کنند (شماره گرت: ۹۸۰۱۲۹۹۶).

## منابع

- امیدی پور، مرتضی؛ نیسانی، نجمه؛ تومانیان، آرا و فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۹۷). توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری مکانی با رویکردی آمایشی در تحلیل تناسب اراضی. *برنامه ریزی و آمایش فضا*، ۲۲ (۲)، ۱-۲۲.
- بی همتا، ندا (۱۳۹۱). *ارزیابی الگوهای مکانی پوشش اراضی در منطقه مرکزی اصفهان با استفاده از متریک های سیمای سرزمین*. پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- شورای هماهنگی توسعه پایدار (۱۳۹۷). *اولویت های دستیابی به توسعه پایدار شهری - کلان شهر اصفهان*. اصفهان: دبیرخانه مشترک کمیسیون ها و تشکلهای اقتصادی.
- سعید صباغی، مریم (۱۳۹۵). *به گزینی چندهدفه تخصیص کاربری اراضی به کمک برنامه ریزی خطی ترکیبی و با توجه به سنجه های سیمای سرزمین*. رساله دکتری محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- صحنه، بهمن؛ معماری، ابراهیم و سواری، مسعود (۱۳۹۵). *ارزیابی توزیع فضایی مؤلفه های توسعه صنعتی. جغرافیا و پایداری محیط*، ۶ (۲۰)، ۱۰۵-۱۲۱.
- عسگریان، علی (۱۳۹۷). *توسعه چارچوبی مکان مند برای ارزیابی و مدل سازی آثار ناشی از مدیریت سرزمین بر تغییرات کاربری کشاورزی*. رساله دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- مخدوم، مجید (۱۳۹۰). *شالوده آمایش سرزمین*. تهران: دانشگاه تهران.
- معاونت برنامه و بودجه اصفهان (۱۳۹۶). *اسناد راهبردی برنامه ششم توسعه استان اصفهان*. اصفهان: سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان اصفهان.

## References

- Aburas, M., Abdullah, S., Mohammad F., Ramli, M. & Asha'aria, Z. (2017). Land suitability analysis of urban growth in Seremban Malaysia, using GIS based Analytical Hierarchy Process. *Procedia Engineering*, 198, 1128-1136.
- Akbari, M., Neamatollahi, E. & Neamatollahi, P. (2019). Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, 98, 587-598.
- Akinci, H., Özalp, A. & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71-82.
- Arciniegas, G., Janssen, R. & Omtzigt, N. (2013). Map-based multicriteria analysis to support interactive land use allocation. *International Journal of Geographical Information Science*, 25 (12), 1931-1947.
- Asgarian, A. (2018). *Developing a spatial framework to evaluate and model the effect of land management on agricultural land use change*. A thesis for the degree of Ph.D. in Environmental Science, Isfahan University of Technology. (In Persian)
- Bathrellos, G., Skilodimou, H., Chousianitis, K., Youssef, A. & Pradhan, B. (2017). Suitability estimation for urban development using multi-hazard assessment map. *Science of the Total Environment*, 575, 119-134.
- Bihamta, N. (2013). *Land Cover Patterns Analysis in the central part of Isfahan Using Landscape Metrics*. A Thesis for the degree of Master, Isfahan University of Technology. (In Persian).
- Borouhaki, S. & Malczewski, J. (2010). Using the fuzzy majority approach for GIS-based multicriteria group decision-making. *Computers & Geosciences*, 36, 302-312.
- Chandio, I., Matori, A., Yusof, K., Talpur, M., Balogun, A. & Lawal, D. (2013). GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 3059-3066.
- Coordination council of sustainable development. (2018). *Priorities for achieving to urban sustainable development-Isfahan metropolis*. Isfahan: Joint secretariat of commissions and organizations of economic. (In Persian)
- Hasegawa, T., Fujimori, S., Ito, A., Takahashi, K. & Masui, T. (2017). Global land-use allocation

- model linked to an integrated assessment model. *Science of the Total Environment*, 580, 787-796.
- Hiremath, B., Balachandra, P., Kumar, B., Sheelratan, S. & Murali, J. (2013). Indicator-based urban sustainability. *Energy for Sustainable Development*, 17, 555-563.
- Hurskainen, P., Adhikari, H., Siljander, M., Pellikka, P.K.E. & Hemp, A. (2019). Auxiliary datasets improve accuracy of object-based land-use/land cover classification in heterogeneous savanna landscape. *Remote sensing of environment*, 233, 111354.
- Kaim, A., Cord, A. & Volk, M. (2018). A review of multi-criteria optimization techniques for agricultural land use allocation. *Environmental Modelling & Software*, 105, 79-93.
- Liu, D., Tang, W., Liu, Y., Zhao, X. & He, J. (2017). Optimal rural land use allocation in central China: Linking the effect of spatiotemporal patterns and policy interventions. *Applied Geography*, 86, 165-182.
- Makhdoom, M. (2011). *Fundamental of land use planning*. Tehran: university o Tehran press.
- Malczewski, J. (2000). *On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches*. Transactions in GIS, 4 (1), 5-22.
- Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8, 270-277.
- Moein, M., Asgarian, A., Sakieh, Y. & Soffianian, A. (2018). Scenario-based analysis of land-use competition in central Iran: Finding the trade-off between urban growth patterns and agricultural productivity. *Sustainable cities and society*, 39, 557-567.
- Omidipoor, M., Nisani Samani, N., Toumanian, A. & Faraji Sabokbar, H. (2018). Developing a Spatial Decision Support System (SDSS) with Spatial Planning Approach in Land Suitability Analysis. *The Journal of Spatial Planning*, 22 (2), 1-22. (In Persian)
- Program and Budget. (2018). *Development Documents of Esfahan Province*. Management and Planning Organization of Isfahan province Organization. (In Persian)
- Ramya, S. & Devadas, V. (2019). Integration of GIS, AHP and TOPSIS in evaluating suitable locations for industrial development: A case of Tehri Garhwal district, Uttarakhand, India. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117872.
- Reshmidevi, T., Eldho, T. & Jana, R. (2009). A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Agricultural Systems*, 101, 101-109.
- SaeedSabaee, M. (2016). *Multiobjective Land-Use Optimization Using Hybrid Linear Programming with respect to Landscape Metrics*. A thesis for the degree of Ph.D. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
- Sahneh, B., Moammari, E. & Savare, M. (2016). The Assessment of Spatial Distribution of Industrial Development Components. *Geography and Sustainability of Environment*, 6 (20), 105-121. (In Persian)
- Sahoo, S., Sil, I., Dhar, A., Debsarkar, A., Das, P. & Kar, A. (2018). Future scenarios of land-use suitability modeling for agricultural sustainability in a river basin. *Journal of Cleaner Production*, 205, 313-328.
- Sakieh, Y., Salmanmahiny A., Jafarnezhad, J., Mehri, A., Kamyab, H. & Galdavi, S. (2015). Evaluating the strategy of decentralized urban land-use planning in a developing region. *Land Use Policy*, 48, 534-551.
- Sola, I., García-Martín, A., Sandonís-Pozo, L., Álvarez-Mozos, J., Pérez-Cabello, F., González-Audicana, M., & Montorio Llovería, R. (2018). Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 images in Mediterranean landscapes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73, 63-76.
- Sun, Y. & Zhao, S. (2018). Spatiotemporal dynamics of urban expansion in 13 cities across the Jing-Jin-Ji Urban Agglomeration from 1978 to 2015. *Ecological Indicators*, 87, 302-313.
- Ustaoglu, E. & Aydınoglu, A.C. (2020). Site suitability analysis for green space development of Pendik district (Turkey). *Urban Forestry & Urban Greening*, 47, 126542.
- Yalew, S.G., van Griensven, A. & van der Zaag, P. (2016). AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment. *Computers and Electronics in*

*Agriculture*, 128, 1-8.

Zhao, X., Ma, X., Tang, W. & Liu, D. (2019). An adaptive agent-based optimization model for spatial planning: A case study of Anyue County, China. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101733.





## Detecting the Spatiotemporal Relationship of Vegetation Changes with Climatic Elements in Mazandaran Province

Mohadeseh Ghanbari Motlagh<sup>1\*</sup>, Behzad Amraei<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Biology, Payam Noor University, Tehran, Iran

### ARTICLE INFO

Article Type: Research article

#### Article history:

Received 10 February 2020

Accepted 20 June 2020

Available online 11 August 2020

#### Keywords:

MODIS, EVI, Regression Analysis, Tabulate Area Analysis, Climate variable.

*Citation:* Ghanbari Motlagh, M., Amraei, B. (2020). Detecting the Spatiotemporal Relationship of Vegetation Changes with Climatic Elements in Mazandaran Province. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (2), 37-55.

doi: [10.22126/GES.2020.5031.2193](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5031.2193)

### ABSTRACT

Climate variables and their fluctuations dramatically affect terrestrial ecosystems and their variations. Vegetation indices have been used in numerous studies to investigate the relationship between ecosystem changes and climate parameters. In this study, GIS based spatiotemporal analyses were applied to model the relationship between vegetation variations based on the EVI-MODIS and its response to land surface temperature (LST) and rainfall in Mazandaran province during the period of 2000-2016. The LST parameter was derived from the MODIS data and rainfall parameter was achieved via meteorological station data in the region. Correlation and linear regression analyses were used to study the relationship between spatiotemporal enhanced vegetation index (EVI) and two climatic parameters. The findings indicated that the EVI had a rising trend over the study period which was mostly due to the increase in paddy fields. There was also a significant spatial correlation between EVI and LST which was significant and direct in the winter months and reversed during summer. The tabulate area analysis showed that throughout the winter months the spatial distribution of the highest EVI pixels matched to the maximum temperature pixels (20 to 27 °C), while during June to September, the maximum EVI values were related to the areas in which the LST was less than 25 °C. Although there was no significant relationship between EVI/MODIS and rainfall in studied area, they reached a peak with a lag time of 1/5 to 2/5 months in the spring. The final results showed that the temperature is the main EVI climate factor in region and MODIS products have high potential to reveal the spatiotemporal dynamics of vegetation, the impact of human factors and its relation with the climatic factors of temperature and rainfall in the region.

\*. Corresponding author E-mail address:

[mohadeseh.motlagh@gmail.com](mailto:mohadeseh.motlagh@gmail.com)



## آشکارسازی ارتباط زمانی - مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی

محدثه قنبری مطلق<sup>۱\*</sup>، بهزاد امرایی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup>گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

| مشخصات مقاله                                                                                                                                                                                                                                                          | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| نوع مقاله: پژوهشی                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| تاریخچه مقاله:<br>دریافت ۲۱ بهمن ۱۳۹۸<br>پذیرش ۳۱ خرداد ۱۳۹۹<br>دسترسی آنلاین ۲۱ مرداد ۱۳۹۹                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| کلیدواژه ها:<br>سنجده مادیس، شاخص پوشش گیاهی<br>بارزسازی شده، آنالیز رگرسیونی، تحلیل<br>انطباقی، متغیر اقلیمی.                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| استناد: قنبری مطلق، محدثه؛ امرایی، بهزاد (۱۳۹۹). آشکارسازی ارتباط زمانی مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی. جغرافیا و پایداری محیط، ۳۷-۵۵، (۲)،<br>doi: <a href="https://doi.org/10.22126/GES.2020.5031.2193">10.22126/GES.2020.5031.2193</a> | متغیرهای اقلیمی و نوسانات آن به طور چشم گیری روی اکوسیستم های خشکی و تغییرات آن ها اثر گذارند. در پژوهش های بسیاری از شاخص های گیاهی برای بررسی ارتباط بین تغییرات اکوسیستم ها و پارامترهای اقلیمی استفاده شده است. در نوشتار پیش رو، از آنالیز مکانی و زمانی سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مدل سازی رابطه تغییرات پوشش گیاهی برپایه شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده سنجده مادیس و پاسخ آن به دمای سطح زمین و بارش در استان مازندران در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ استفاده شد. پارامتر دمای سطح زمین از اطلاعات ماهواره مادیس و پارامتر بارش با استفاده از اطلاعات ایستگاه های هواشناسی منطقه به دست آمد. آنالیزهای همبستگی و رگرسیون خطی برای بررسی رابطه زمانی - مکانی شاخص پوشش گیاهی و دو پارامتر اقلیمی انجام گرفت. نتایج بیانگر آن بود که طی دوره مورد بررسی، متوسط شاخص سبزیگی استان روند افزایشی در طول داشته است؛ درحالی که عرصه های جنگلی استان روند کاهشی را طی دوره مورد پژوهش نشان داده اند. نتایج بررسی های میدانی این تناقض را با افزایش در شالیزارهای منطقه نشان می داد. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که همبستگی مکانی معنی داری بین دینامیک پوشش گیاهی با دمای سطح زمین وجود داشته که در ماه های زمستان، این ارتباط معنی دار و مستقیم و در تابستان معکوس بوده است. آنالیز تحلیل انطباقی نشان داد که در طول ماه های زمستان، توزیع مکانی پیکسل های با بیشترین مقدار شاخص پوشش گیاهی با پیکسل های با حداکثر دما (۲۰ تا ۲۷ درجه سانتی گراد) مطابقت داشته، درحالی که در طول ژوئن تا سپتامبر، حداکثر مقادیر پوشش گیاهی مربوط به مناطقی بود که دمای کمتر از ۲۵ درجه داشته است؛ اما همبستگی پوشش گیاهی با بارش به صورت فضایی با تأخیری دوماهه در فصل بهار به پیک می رسد. |



## مقدمه

پوشش گیاهی به مثابه رابط بین اتمسفر، خاک و آب در اکوسیستم خشکی، از راه فعالیت‌هایی همچون فتوسنتز، تبخیر و تعرق، تغییر دادن ضریب آلبیدو و ناهموازی، نقش مهمی در تنظیم چرخه جهانی کربن، چرخه آب، تبادلات انرژی و ثبات اقلیم جهانی بازی می‌کند (ژونگ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰؛ ریچارد و پوکارد<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸؛ بائو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ چوآی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ گو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ لوآن<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۸)؛ به طوری که هر نوع تغییرات و نوسانات در کیفیت و کمیت آن، به منزله شاخص جامعی، بازتاب‌دهنده تغییرات در محیط اطراف آن و شرایط اقلیمی حاکم بر آن است (ژن<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۸؛ هی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ لیلی<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ دینگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۷؛ گو<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۴ ب). مطالعات نشان می‌دهد که اقلیم به عنوان عامل محیطی غالب و کنترل کننده - به ویژه دو پارامتر اصلی دما و بارش - سهم بسیار زیادی در پراکنش انواع پوشش گیاهی در اکوسیستم خشکی، تنوع زمانی و مکانی و تغییرات آن‌ها در مقیاس جهانی و محلی دارد (لوآن و همکاران، ۲۰۱۸؛ ژونگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ چانگ<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ رینولدز<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۸).

وجود شواهد محکم در راستای رابطه قوی و اثرات متقابل بین پوشش گیاهی اکوسیستم‌های خشکی و تنوع و تفاوت‌های اقلیمی، مطالعه پایش و تغییرات پوشش گیاهی به ویژه تعیین الگوی مکانی - زمانی این تغییرات و بررسی پاسخ آن به تغییرات، پارامترهای اقلیمی را به یکی از اصلی ترین زمینه‌های پژوهشی در سطح جهانی تبدیل کرده است (ریچارد و پوکارد، ۱۹۹۸؛ گو و همکاران، ۲۰۱۴ الف؛ ژن و همکاران، ۲۰۰۸؛ کافمن<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۳).

پیشرفت‌های اخیر سنجش از دوری، به خصوص با اطلاعات بیشتری که از سنسورهای چندطیفی و چندزمانی با طیف وسیعی از انواع ماهواره‌ها نظیر نوا<sup>۱۵</sup>، لندست<sup>۱۶</sup>، مادیس از حدود دهه ۱۹۸۰ به دست آمده (حلیمی<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ ژونگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ چوآی و همکاران، ۲۰۱۳)، توانسته است به طور وسیعی روش‌های مؤثری برای مطالعات پراکنش و پایش تغییرات پوشش گیاهی و رابطه آن با پارامترهای اقلیمی در مقیاس‌های فصلی، سالانه، محلی، منطقه‌ای و جهانی ایجاد کند (چن<sup>۱۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۶؛ لو<sup>۱۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). از این میان، سنجنده مادیس ناسا از ماهواره ترا<sup>۲۰</sup> و آکوآ<sup>۲۱</sup>، با ۳۶ باند که باند ۱ و ۲ آن با توان تفکیک مکانی ۲۵۰ متری،

1- Zhong

2- Richard &amp; Pocard

3- Bao

4- Chuai

5- Xu

6- Luan

7- Xin

8- He

9- Leilei

10- Ding

11- Guo

12- Chang

13- Raynolds

14- Kaufmann

15- NOAA/AVHRR

16- LANDSAT

17- Halimi

18- Chen

19- Lu

20- Terra

21- AQUA

باند ۳ تا ۷، با توان تفکیک ۵۰۰ متری و باند ۸ تا ۳۶ با توان تفکیک یک کیلومتر به‌طور وسیعی در پژوهش‌های اخیر استفاده شده است (تستا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸).

وجه اشتراک این مطالعات، استفاده از انواع شاخص‌های پوشش گیاهی استخراج‌شده از ماهواره‌ها همچون شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده (ان.دی.وی.آی.<sup>۲</sup>)، شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده<sup>۳</sup>، شاخص پوشش گیاهی تعدیل‌شده با خاک (اس.ای.وی.آی.<sup>۴</sup>) و غیره است (بائو و همکاران، ۲۰۱۴؛ چانگ و همکاران، ۲۰۱۴). شاخص‌های پوشش گیاهی فاکتور تعیین‌کننده مهم برای بررسی تغییرات تراکم، تغییرات تاج‌پوشش، رویش، بیوماس، فنولوژی، طبقه‌بندی پوشش گیاهی و غیره هستند (گو و همکاران، ۲۰۱۴؛ چن<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۶؛ حسین<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۷؛ مطلق<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ هیوته<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده به‌مثابه پرکاربردترین شاخص، به کلروفیل، درصد پوشش گیاهی و تراکم و پویایی آن حساس است (حسین و همکاران، ۲۰۱۷) درحالی که شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده، حساسیت و پاسخ‌گویی بیشتری به متغیرهای ساختاری همچون شاخص سطح برگ (ال.ای.آی.<sup>۹</sup>)، نوع و معماری شکل تاج‌پوشش دارد (هیوته و همکاران، ۲۰۰۲؛ هی و همکاران، ۲۰۱۸؛ وانگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۳؛ لی<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰؛ زونگرانا<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ فومپیل<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

تغییرات زمانی - مکانی شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده استخراج‌شده از ماهواره نوآ و بارش ماهانه و سالانه در بازه زمانی هفده ساله (۱۹۸۲ تا ۱۹۹۹) در فلات تبت به‌وسیله دینگ و همکاران (۲۰۰۷) بررسی شد. تغییرات شاخص یادشده و ضرایب همبستگی بین آن‌ها و بارندگی محاسبه شد. نتایج نشان داد که اوج مقادیر شاخص در فصل رشد بوده، در مناطق شمالی و غربی فلات، فصل رشد بسیار کوتاه بود، اما در جنوب، پوشش گیاهی کمابیش در تمام طول سال رشد داشته است. همبستگی شاخص و میزان بارندگی در مناطق مختلف متفاوت بوده، در قسمت‌های غربی، شمالی و جنوبی ضعیف، اما در مناطق مرکزی و شرقی قوی بوده است. توزیع مکانی ضریب همبستگی بین بارندگی مؤثر سالانه و مقادیر حداکثر سالانه این شاخص، مشابه توزیع بارش فصل رشد و حداکثر سالانه شاخص به‌دست‌آمده است. تجزیه و تحلیل تغییرات و روند زمانی شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده پوشش گیاهی ماهواره مادیس با عوامل اقلیمی بارش و دما در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ در مناطق کوهستانی تیانشان چین، تصویر جامعی از الگوی تغییرات سطح زمین و روند آن در یک سری زمانی ارائه داده است (دو<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸)؛ همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که رشد گیاهی با این فاکتورها همبستگی بالایی داشته و دما، نسبت به بارش، عامل تأثیرگذارتری در تغییرات رشد دوره گیاهی است.

تجزیه و تحلیل توزیع مکانی و زمانی پوشش گیاهی (شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده ماهواره مادیس)، دمای

- 1- Testa
- 2- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 3- Enhanced Vegetation Index (EVI)
- 4- Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)
- 5- Chen
- 6- Hussein
- 7- Motlagh
- 8- Huete
- 9- Leaf Area Index (LAI)
- 10- Wang
- 11- Li
- 12- Zoungwana
- 13- Phompila
- 14- Dou

سطح زمین<sup>۱</sup> و بارندگی و روابط این سه عامل در بازه زمانی ۲۵ ساله در تبت، نشان داد که ضریب همبستگی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در ماه جولای کمترین و بین پوشش گیاهی و بارش در ماه سپتامبر بیشترین بوده است (لیلی و همکاران، ۲۰۱۴). تغییرات فضایی و زمانی شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده پوشش گیاهی ماهواره نوا<sup>۲</sup> و عوامل اقلیمی مؤثر بر آن، براساس مدل رگرسیونی چندمتغیره‌ای برای دوره زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۱ در چین به وسیله کیو<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۵) بررسی و در نهایت مشخص شد که شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده در فصل رشد در منطقه به طور معنی داری افزایش یافته است؛ اما تعامل پارامترهای اقلیمی با شاخص پوشش گیاهی استفاده شده پیچیده بوده و با تأخیر زمانی عمل می کند؛ همچنین بیش از ۶٪ از منطقه مورد مطالعه تغییرات قابل توجه پوشش گیاهی ناشی از اثرات انسانی را تجربه کرده است. این مناطق بیشتر در مناطق پرجمعیت، زمین های کشاورزی، جنگل کاری ها و مناطق حفاظت شده قرار داشتند.

در ایران نیز بررسی همبستگی متغیرهای اقلیمی بارش، رطوبت نسبی و دما با پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده ماهواره نوا<sup>۲</sup> و روش زمین آمار و رگرسیون چندمتغیره در منطقه زاگرس نشان داد که همبستگی شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده با رطوبت نسبی و دمای بیشینه، بالاتر، اما با بارش و دمای کمینه پایین تر است؛ همچنین پوشش گیاهی این منطقه به بارش دو ماه پیش و به دما و رطوبت نسبی یک ماه قبل پاسخ داده است (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۰). تغییرات پوشش گیاهی مراتع در فصل رویش و ارتباط آن با سه عامل اقلیمی شامل متوسط بارندگی، دما و رطوبت نسبی را در بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ با استفاده از شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده ماهواره لندست ای. تی. ام. پلاس<sup>۳</sup> و تی. ام. ۴ در استان البرز پایش شد. براساس مدل به دست آمده، به ترتیب بارندگی ماه های آبان، شهریور، اسفند، بهمن و متوسط سالانه بارش، بیشترین اثر مثبت را برای رشد گیاهان مرتعی استان داشته، اما فاکتورهای دما و رطوبت نسبی رابطه معنی داری با پوشش گیاهی دوره مورد نظر ندارند.

بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در این استان نشان داد که پس از سال ۲۰۰۰، میزان پوشش گیاهی کاهش و در سال ۲۰۱۱ دوباره افزایش یافته است (حسینی توسل و همکاران، ۱۳۹۴)؛ همچنین تغییرات سطح جنگل های مانگرو در استان هرمزگان با توجه به نوسانات اقلیمی در جنگل های بین بندر خمیر و قشم نشان دهنده نبود ارتباط معنی دار میان هریک از عوامل اقلیمی و سطح جنگل های حرا طی سال های مورد مطالعه (۱۹۸۴ تا ۲۰۰۹)، بوده است (خورانی و همکاران، ۱۳۹۴). محاسبه تغییرات مساحت پوشش گیاهی شهرستان بجنورد و ارتباط دمای سطح زمین و بارش با این تغییرات در بازه زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ با استفاده از شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده ماهواره لندست او. ال. آی. و تی. ام. نشان از کاهش مساحت پوشش گیاهی داشته، اما طبقه پوشش گیاهی متراکم، روند افزایشی و طبقه پوشش گیاهی متوسط، روند کاهشی داشته است.

مناطق داری پوشش گیاهی متراکم، نسبت به سایر نقاط دمای پایین تری داشته اند. میانگین مجموع بارش سالانه روند کاهشی و میانگین دمای سالانه، روند افزایشی نشان داده است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۷)؛ در این راستا، استان مازندران، به دلیل داشتن اقلیم معتدل، تنوع زیستی بالا، وجود جنگل های پهن برگ خزان کننده هیرکانی، مراتع وسیع، مجاورت با کوه های البرز، چشمه ها و رودخانه های بسیار، جمعیت بالا، وجود کاربری های مختلف کشاورزی و باغداری، توریسم و غیره در پژوهش حاضر قرار گرفته است. مطالعه حاضر با هدف یافتن الگوی

1- LST

2- Qu

3- ETM+

4- TM

تغییرات زمانی - مکانی پوشش گیاهی با دو متغیر اقلیمی دمای سطح زمین و بارش در استان مازندران در شمال ایران انجام شد.

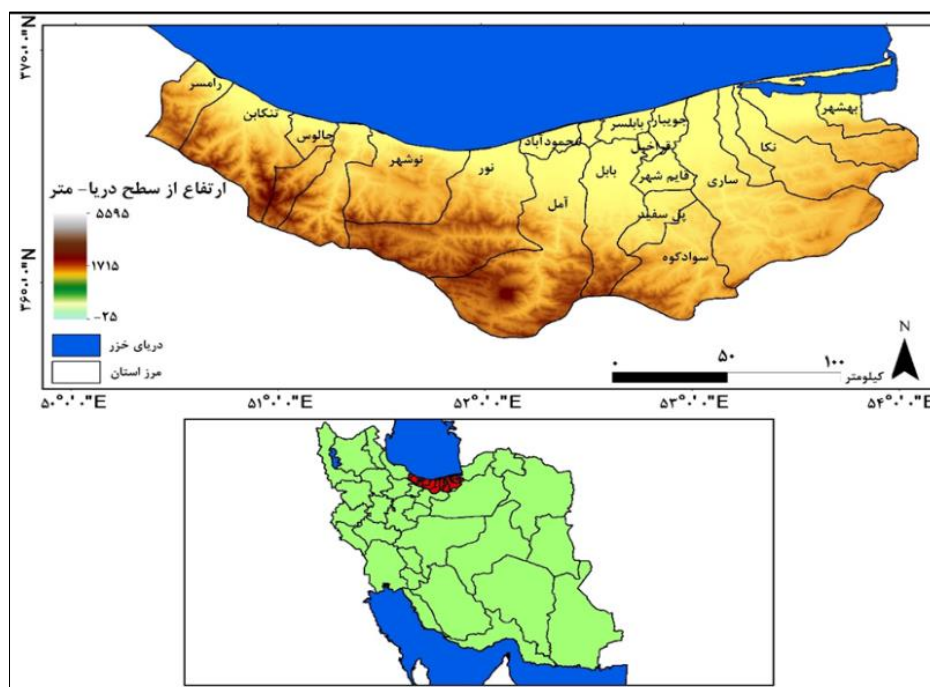
### معرفی منطقه مورد بررسی

استان مازندران بین  $36^{\circ} 46'$  تا  $36^{\circ} 58'$  عرض شمالی و  $50^{\circ} 21'$  تا  $54^{\circ} 08'$  طول شرقی مساحتی حدود  $23756/4$  کیلومتر مربع را دربر گرفته است (امیر بورخانی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). از شمال به دریای خزر و از جنوب به رشته کوه البرز و جنگل‌های هیرکانی محدود است؛ از این‌رو، دامنه ارتفاعی زیاد از ۲۵ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد تا ۵۵۹۵ متری از سطح دریا در این استان دیده می‌شود (شکل ۱). اقلیم استان براساس روش دومارتن از طبقه خیلی مرطوب در غرب، مرطوب در مرکز، مدیترانه‌ای در شرق و نیمه مرطوب در قسمت‌های کوهستانی تشخیص داده شده است. متوسط بارش سالانه از ۴۲۰ میلی‌متر در سیاه‌بیشه تا ۱۳۸۰ میلی‌متر در رامسر و نوشهر و متوسط دمای سالانه آن نیز در نقاط مختلف از ۱۰ تا حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد در سواحل دریای خزر است (عمادی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). این استان با داشتن خاک حاصل خیز، اقلیم مناسب و منابع آب فراوان، قطب کشاورزی در ایران به‌ویژه مزارع برنج بوده و جمعیتی بیش از ۳۰۷۳۹۴۳ نفر را در خود جای داده است.

### مواد و روش‌ها

#### پایگاه داده‌ای شاخص پوشش گیاهی استخراج شده از سنجنده مادیس

در پژوهش حاضر از شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده به‌دست آمده از اطلاعات سنجنده مادیس استفاده شده است. شاخص یادشده براساس تفاوت تفاوت گیاهی نرمال شده و به‌منظور بالابردن کیفیت آن توسعه و تکامل یافته و اثرات پس‌زمینه و نویزهای اتمسفری را حذف می‌کند (چن و همکاران، ۲۰۱۶؛ لو و همکاران، ۲۰۱۵؛ لی و همکاران، ۲۰۱۰؛ زونگرانا و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۱. موقعیت استان مازندران در ایران

1- Amiri-Bourkhani

2- Emadi

شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده، شاخص مهم کمی است که وضعیت رویش پوشش گیاهی سطح زمین را بازتاب داده و تغییرات آن، نقش مهمی در نشان دادن تغییرات منطقه‌ای اکوسیستم‌های زمینی دارد (هی و همکاران، ۲۰۱۸؛ گو و همکاران، ۲۰۱۴ ب). این شاخص براساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود (هیوته و همکاران، ۲۰۰۲):

$$\text{EVI} = G \times \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + C_1 \times \text{RED} - C_2 \times \text{BLUE} + L)} \quad \text{رابطه ۱}$$

که RED، NIR و BLUE: به ترتیب بازتاب باندهای قرمز (باند ۱)، مادون قرمز نزدیک (باند ۲) و آبی (باند ۳) است.  $C_1$  و  $C_2$  و  $G$ : ضرایب ساخته شده برای ساخت الگوریتم شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده مادیس هستند که  $L$ : فاکتور تنظیم پس زمینه تاج پوشش یا پس زمینه خاک و برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود.  $C_1$  و  $C_2$ : ضرایب پایداری ائروسول‌ها هستند و مقادیر آن‌ها به ترتیب معادل ۶ و ۷/۵ و  $G$  فاکتور تجمیع و برابر با ۲/۵ است. در پژوهش حاضر، به منظور ساخت پایگاه اطلاعاتی سری زمانی شاخص مورد نظر از محصول شانزده روزه پوشش گیاهی بارز شده سنجنده مادیس<sup>۱</sup> با دقت مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد. این محصول، در طی سال هر شانزده روز یکبار تولید شده و روی سایت سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات متحده آمریکا قرار می‌گیرد. تصاویر مربوط به محدوده مطالعه زون‌های h22v05 و h22v06، سری‌های زمانی تمامی ماه‌های سال، مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ - در مجموع ۳۹۱ تصویر - از سایت ناسا استخراج شد<sup>۲</sup> (جدول ۱). از آنجاکه محصولات دارای سیستم پروجکشن سینوسیدال<sup>۳</sup> هستند، نیازی به پروجکشن نداشتند. پیکسل سایزها در محیط جی.آی.اس. به مقیاس یک کیلومتر هم‌مقیاس<sup>۴</sup> شدند.

### پایگاه داده‌ای اطلاعات اقلیمی

اطلاعات اقلیم مورد بررسی در این مطالعه شامل دمای سطح زمین و بارش بودند. اطلاعات مربوط به بارش از ۲۰ ایستگاه هواشناسی و باران‌سنجی موجود در منطقه از سایت هواشناسی ایران<sup>۵</sup> استخراج شد (جدول ۲). پس از آن، از روش درون‌یابی کریجینگ<sup>۶</sup> در محیط جی.آی.اس. برای تولید لایه بارش استفاده شد.

جدول ۱. مشخصات پایگاه داده‌ای شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده از محصول ام.او.دی. ۱۳ کیو ۱ ماهواره مادیس

| ردیف | ماه     | تاریخ تصاویر         | تعداد کل تصاویر |
|------|---------|----------------------|-----------------|
| ۱    | ژانویه  | روزهای ۱ و ۱۷ ژانویه | ۳۴              |
| ۲    | فوریه   | روزهای ۲ و ۱۸ فوریه  | ۳۴              |
| ۳    | مارس    | روزهای ۶ و ۲۲        | ۳۴              |
| ۴    | آوریل   | روزهای ۷ و ۲۳        | ۳۴              |
| ۵    | می      | روزهای ۹ و ۲۵        | ۳۴              |
| ۶    | ژوئن    | روزهای ۱۰ و ۲۶       | ۳۴              |
| ۷    | جولای   | روزهای ۱۲ و ۲۸       | ۳۴              |
| ۸    | اگوست   | روزهای ۳ و ۲۹        | ۳۴              |
| ۹    | سپتامبر | روزهای ۱۴ و ۳۰       | ۳۴              |
| ۱۰   | اکتبر   | روز ۱۶               | ۱۷              |
| ۱۱   | نوامبر  | روزهای ۱ و ۱۷        | ۳۴              |
| ۱۲   | دسامبر  | روزهای ۲ و ۱۸        | ۳۴              |
|      | مجموع   |                      | ۳۹۱ تصویر       |

1- MOD13Q1

2- <https://modis.gsfc.nasa.gov>

3- Sinusoidal Projection

4- Resampling

5- [www.irimo.ir](http://www.irimo.ir)

6- Kriging

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در مطالعه در استان مازندران

| ردیف | نوع ایستگاه     | ارتفاع | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | نوع ایستگاه |
|------|-----------------|--------|---------------|---------------|-------------|
| ۱    | نوشهر           | -۲۰/۹  | ۵۱° ۰۳'       | ۳۶° ۳۹'       | سینوپتیک    |
| ۲    | رامسر           | -۲۰    | ۵۰° ۴۰'       | ۳۶° ۵۴'       | سینوپتیک    |
| ۳    | سیاه بیشه       | ۱۸۵۵/۴ | ۵۱° ۱۸'       | ۳۶° ۱۵'       | سینوپتیک    |
| ۴    | ساری            | ۱۳۲    | ۵۳° ۰۰'       | ۳۶° ۳۳'       | سینوپتیک    |
| ۵    | بابلسر          | ۲۰     | ۵۲° ۳۹'       | ۳۶° ۴۳'       | سینوپتیک    |
| ۶    | قائم شهر        | ۵۱/۲   | ۵۲° ۴۶'       | ۳۶° ۲۷'       | سینوپتیک    |
| ۷    | آمل             | ۷۶     | ۵۱° ۱۸'       | ۳۶° ۲۸'       | سینوپتیک    |
| ۸    | کیاسر           | ۱۳۷۸   | ۵۳° ۳۲'       | ۳۶° ۱۴'       | سینوپتیک    |
| ۹    | محمود آباد      | -۲۵    | ۵۲° ۱۵'       | ۳۶° ۳۷'       | باران سنجی  |
| ۱۰   | جفاکنده         | ۹۰     | ۵۳° ۵۵'       | ۳۶° ۴۴'       | باران سنجی  |
| ۱۱   | شیرگاه          | ۲۵۹    | ۵۲° ۵۳'       | ۳۶° ۱۸'       | باران سنجی  |
| ۱۲   | دارابکلا        | ۱۱۵    | ۵۳° ۱۵'       | ۳۶° ۳۳'       | باران سنجی  |
| ۱۳   | سفید چاه        | ۱۰۴۶   | ۵۳° ۵۲'       | ۳۶° ۳۶'       | باران سنجی  |
| ۱۴   | عباس آباد بهشهر | ۴۰۸    | ۵۳° ۳۵'       | ۳۶° ۳۹'       | باران سنجی  |
| ۱۵   | پل سفید         | ۶۸۲    | ۵۳° ۰۳'       | ۳۶° ۰۶'       | باران سنجی  |

به منظور استخراج مقادیر دمای سطح زمین، از اطلاعات سری زمانی محصول دمای سطح زمین<sup>۱</sup> سنجنده مادیس با توان تفکیک مکانی ۱×۱ کیلومتر و رزولوشن زمانی هشت روزه استفاده شد. تعداد ۳۹۱ تصویر سری زمانی دمای سطح زمین مربوط به دوره مورد مطالعه استفاده شد.

### آنالیز همبستگی شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و متغیرهای اقلیمی

در نوشتار پیش رو از ضریب آنالیز همبستگی پیرسون به منظور برآورد رابطه همبستگی خطی بین دو متغیر مستقل - دمای سطح زمین و متوسط بارش سالانه - و متغیر وابسته - شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده - و از آنالیز رگرسیون خطی به منظور شبیه سازی روند شاخص در طول دوره مطالعه استفاده شد (چوآی و همکاران، ۲۰۱۳؛ چن و همکاران، ۲۰۱۶؛ بائو و همکاران، ۲۰۱۴). در ادامه از آنالیز آمار فضایی تحلیل انطباقی<sup>۲</sup> که روشی تحلیلی برای آشکارسازی ارتباط بین لایه های اطلاعاتی اقلیمی و شاخص در محیط جی.آی.اس. است، استفاده شد. در این روش، توزیع متغیری مانند پوشش گیاهی در طبقات مختلف متغیر دیگری مانند دما ارزیابی شد. به منظور یافتن ارتباط پارامترهای اقلیمی و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده، از آنالیز رگرسیون خطی استفاده شد. تمامی آنالیزها در محیط نرم افزارهای سنجنش از دور و آماری و در سطح معنی داری ۰/۰۵ اجرا شد.

### نتایج

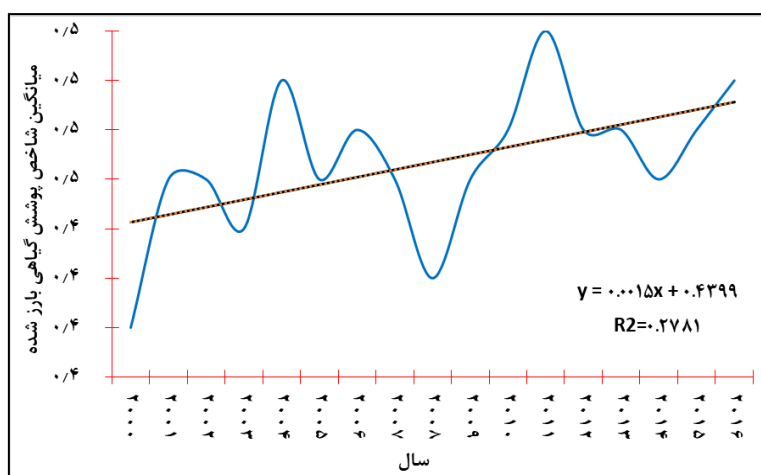
#### الگوی تغییرات مکانی - زمانی شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده در منطقه مورد مطالعه

به منظور درک تعاملات بین تغییرات متغیرهای اقلیمی و اکوسیستم های منطقه، ضروری است تا الگوی مکانی و زمانی ای.وی.آی به دست آید. نوسانات روند شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده براساس روابط رگرسیونی به دست آمده از مقادیر متوسط سالانه شاخص در طول دوره مطالعه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ بررسی شد. بر این اساس، منحنی تغییرات و خط متوسط سالانه شاخص در استان مازندران ساخته شد (شکل ۲). در نگاه اول، خط سیر منحنی، اثرات دوره های کوتاه مدت (دو تا سه ساله) پارامترهای اقلیمی روی تغییرات پوشش گیاهی استان را نشان

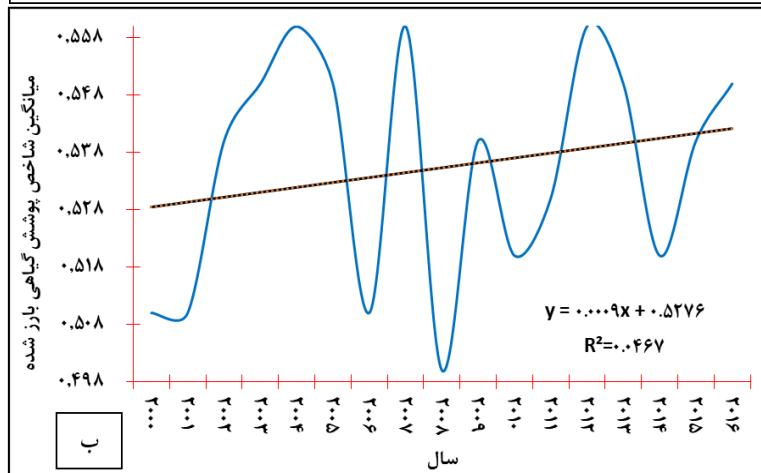
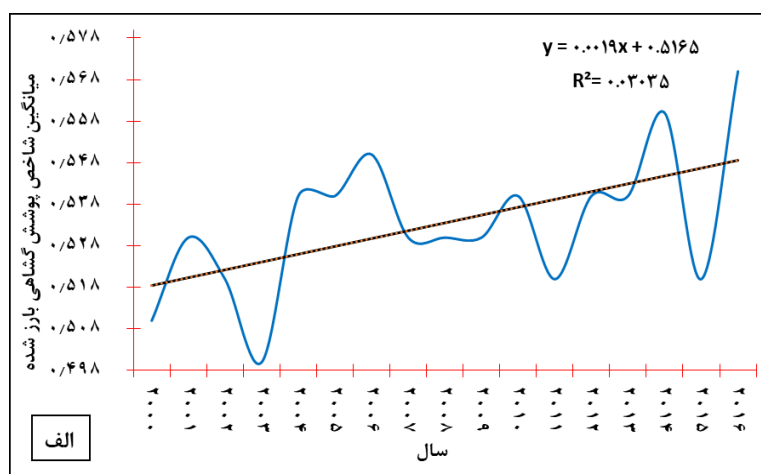
1- MOD11A2

2- Tabulate area

می‌دهد. روند کلی نمودار، سیر صعودی دارد. متوسط شاخص مربوط به پوشش گیاهی در طی دوره زمانی مطالعه ۰/۴۵، بالاترین مقادیر آن ۰/۴۸ در سال ۲۰۱۱ و کمترین آن ۰/۴۲ در سال ۲۰۰۰ بوده است. روند تغییرات شاخص در فصل بهار و تابستان به ترتیب در شکل ۳ (الف) و ۳ (ب) نشان داد که روند خطی تغییرات این شاخص در فصل تابستان نسبت نوسانات بیشتری داشته است.



شکل ۲. روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده متوسط سالانه در استان مازندران در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶

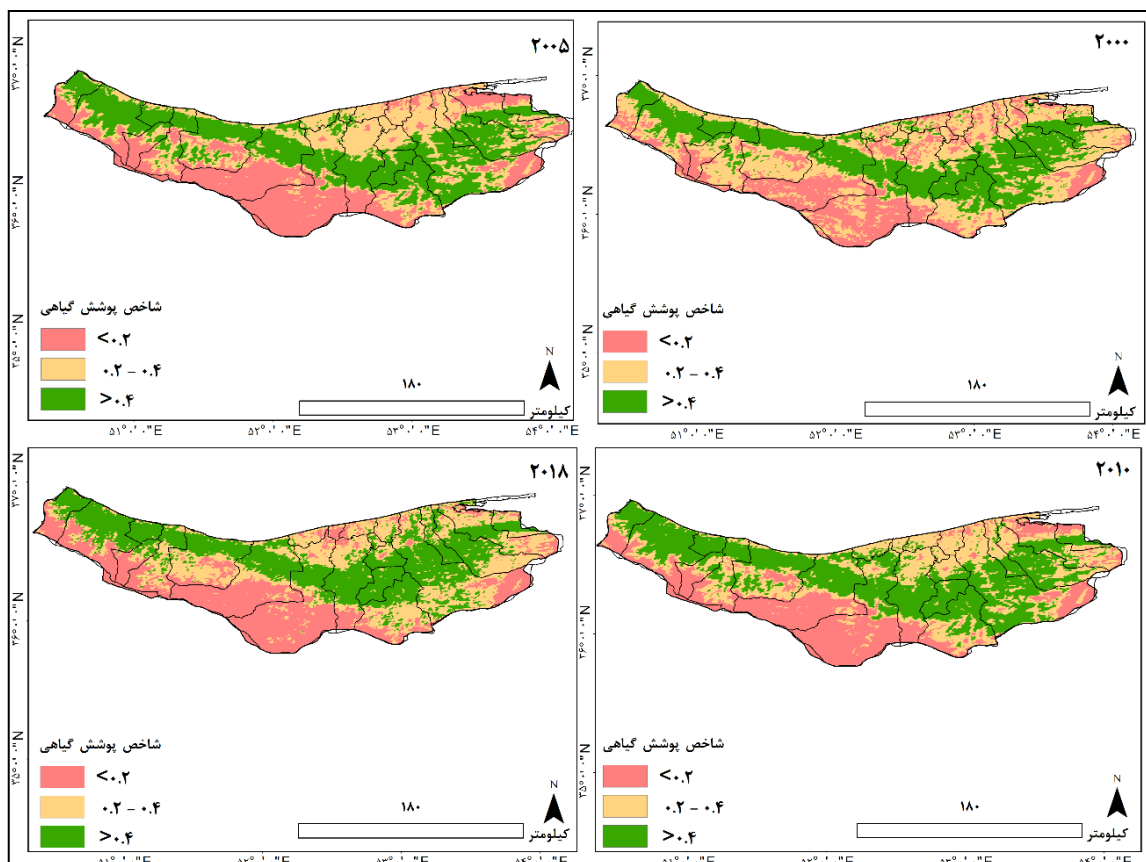


شکل ۳. الف: روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده متوسط سالانه در فصل بهار و ب: روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده متوسط سالانه در فصل تابستان در استان مازندران در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶

توزیع مکانی شاخص در چهار فاصله زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ و مساحت هر کدام از سه طبقه پوشش گیاهی ارائه شده است (شکل ۴ و جدول ۳). همان طور که در این شکل مشاهده می شود، توزیع مکانی پوشش گیاهی در سطح منطقه به تفکیک سه طبقه از مقادیر شاخص ارائه شده است. طبقه با  $>0.2$  شاخص که به طور معمول زمین های فاقد پوشش گیاهی یا زمین های بایر جنوب استان را دربر گرفته است. طبقه با  $<0.4$  شاخص  $<0.2$  نیز که شامل کشتزارهای برنج است، در بخش های حاشیه نواحی جنگلی قابل مشاهده است. در نهایت پهنه های جنگلی ( $>0.4$  شاخص) دیده می شود که به صورت نوار ممتد شرقی - غربی کشیده شده است (هاشم و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹).

همان طور که مشاهده می شود، طبقه با ( $>0.4$  شاخص) که در واقع پهنه های جنگلی استان را نشان می دهد، در سال ۲۰۰۰ حدود ۳۷٪ از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده؛ در حالی که در سال ۲۰۰۵ این پهنه مساحتی برابر ۳۶٪ از کل استان را به خود اختصاص داده است. در دوره ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ نیز این پهنه روند کاهشی داشته و به ترتیب ۳۴٪ و ۳۲٪ از مساحت استان را به خود اختصاص داده است.

طی دوره آماری مورد بررسی، طبقه  $<0.4$  شاخص  $<0.2$  که بیشتر شامل زمین های کشاورزی می شود، روند افزایشی قابل توجهی داشته است. افزایش مساحت این طبقه که ناشی از توسعه کشاورزی در سطح استان است، با کاهش مساحت دو طبقه جنگل ها ( $>0.4$  شاخص) و زمین های بایر ( $>0.2$  شاخص) جبران شده است (شکل ۵).

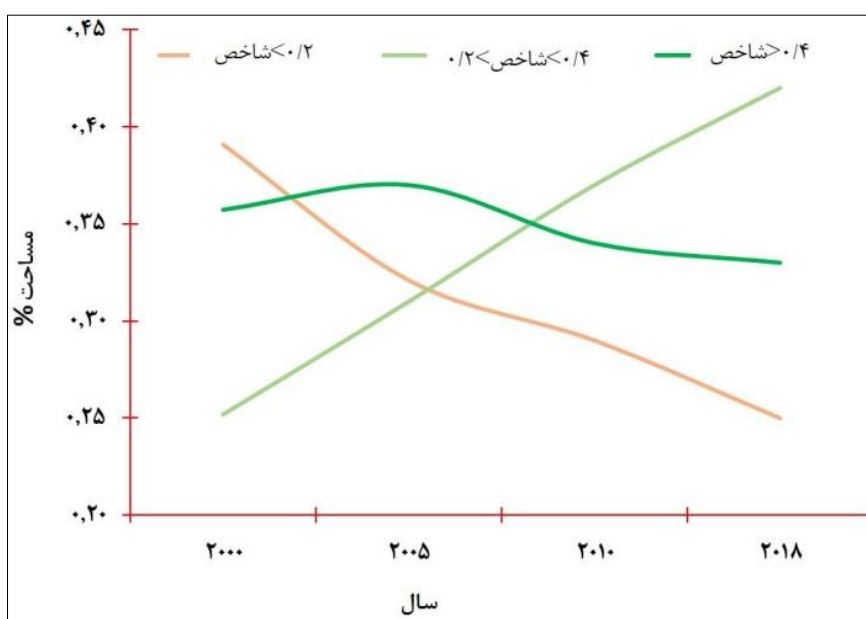


شکل ۴. توزیع مکانی سه طبقه پوشش گیاهی در چهار فاصله زمانی دوره مطالعه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ (با تفکیک پنج ساله)



جدول ۳. مساحت طبقات پوشش گیاهی و تغییرات آن در طی دوره مطالعه در سطح استان مازندران

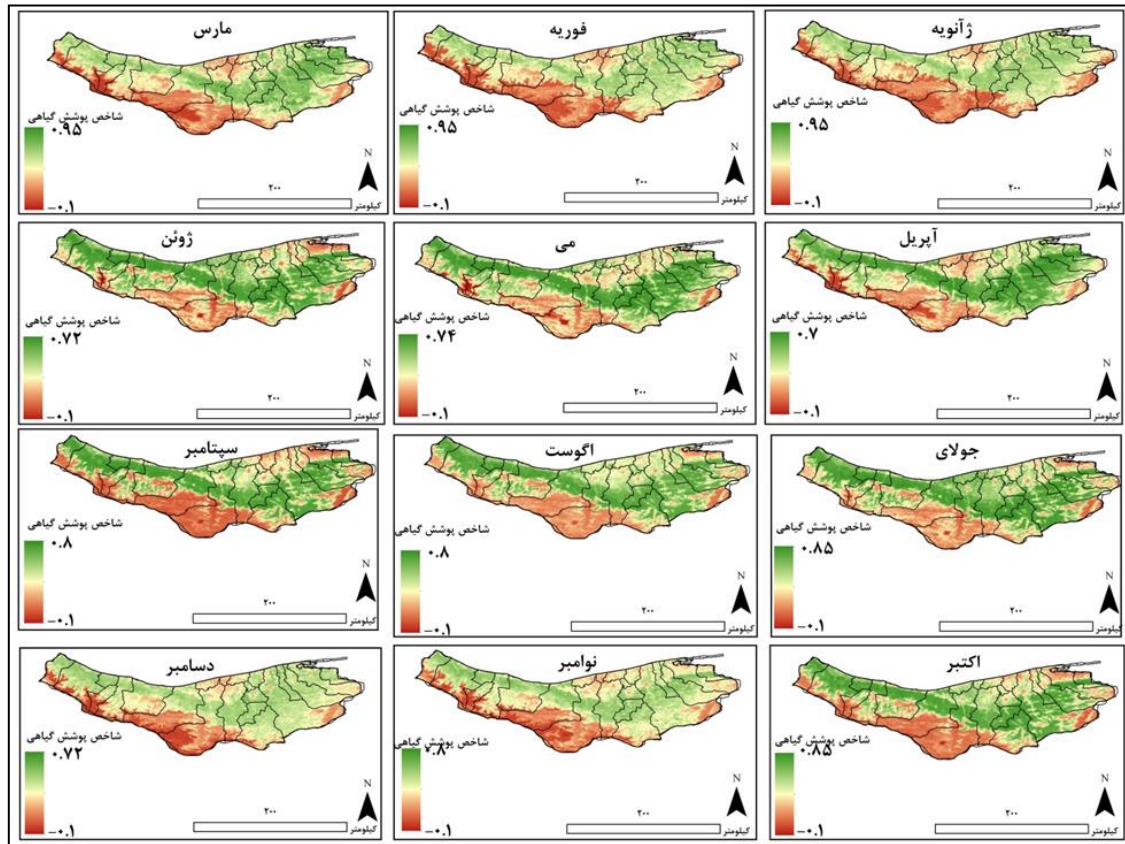
| طبقات شاخص پوشش گیاهی<br>بارزسازی شده                          | ۲۰۰۰                       | ۲۰۰۵                       | ۲۰۱۰                       | ۲۰۱۶                       |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                                                | سطح (کیلومتر<br>مربع)<br>٪ | سطح (کیلومتر<br>مربع)<br>٪ | سطح (کیلومتر<br>مربع)<br>٪ | سطح (کیلومتر<br>مربع)<br>٪ |
| زمین‌های فاقد پوشش گیاهی<br>( $<0/2$ شاخص)                     | ۹۳۴۴                       | ۷۶۶۷                       | ۶۹۴۸                       | ۶۲۲۹                       |
| زمین‌های کشاورزی (مزارع برنج)<br>( $0/2 < \text{شاخص} < 0/4$ ) | ۵۷۵۰                       | ۷۴۲۷                       | ۸۸۶۵                       | ۹۸۲۳                       |
| جنگل‌های پهن برگ آمیخته<br>( $>0/4$ شاخص)                      | ۸۸۶۵                       | ۸۶۲۵                       | ۸۱۴۶                       | ۷۶۶۷                       |



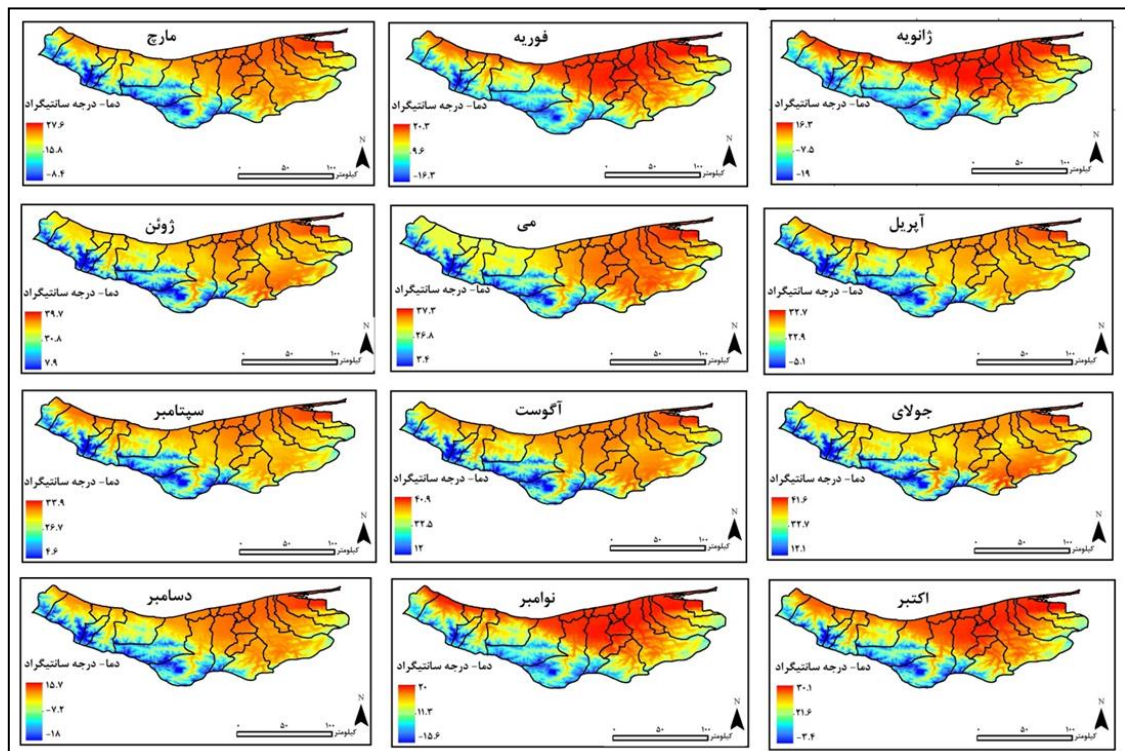
شکل ۵. روند تغییرات مساحت طبقات پوشش گیاهی در چهار فاصله زمانی دوره مطالعه در استان مازندران

### آنالیز همبستگی مکانی - زمانی شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و پارامتر دمای سطح زمین در منطقه مطالعه

به منظور بررسی اثرات فاکتورهای اقلیمی روی پوشش گیاهی، رابطه بین این فاکتورها و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده متوسط سالانه در مقیاس ماهانه و فصلی بررسی شد. صورت کلی رابطه این شاخص و دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه معنی دار بوده است. متوسط ماهانه هفده ساله مقادیر شاخص و دمای سطح زمین که از داده‌های ماهواره مادیس استخراج شد (شکل ۶ و ۷). حداکثر مقادیر شاخص در ماه ژوئن و در بازه زمانی ژوئن تا سپتامبر دیده شده است (شکل ۶). متوسط مقادیر ماهانه دمای سطح زمین استخراج شده از ماهواره مادیس نشان می‌دهد که ماه‌های جولای و ژانویه به ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماه‌ها در منطقه مورد مطالعه هستند (شکل ۷). نتایج ماتریس همبستگی مکانی متوسط ماهانه هفده ساله بین دو متغیر نشان داد که بالاترین همبستگی مکانی بین دو متغیر به ترتیب در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر مشاهده شده است (جدول ۴). در این ماه‌ها حداکثر مقادیر شاخص در مناطق با دمای سطح زمین بالاتر مشاهده شده است؛ به طوری که رابطه دو متغیر در چهار ماه یادشده، مثبت بوده و در مقابل، همبستگی مکانی آن‌ها در فواصل ماه‌های می تا سپتامبر منفی و معنی دار بوده است ( $P \text{ value}=0.05$ ).



شکل ۶. توزیع مکانی متوسط ماهانه هفده ساله شاخص پوشش گیاهی بازسازی شده در منطقه مورد مطالعه، پیکسل‌های سبز تیره بالاترین مقادیر شاخص پوشش گیاهی بازسازی شده را نشان می‌دهد؛ درحالی که پیکسل‌های قرمز، پایین‌ترین مقادیر را نشان می‌دهد.



شکل ۷. توزیع مکانی متوسط ماهانه هفده ساله دمای سطح زمین ( $^{\circ}\text{C}$ ) در منطقه مورد مطالعه، پیکسل‌های قرمز تیره، بالاترین مقادیر دمای سطح زمین را نشان می‌دهد؛ درحالی که پیکسل‌های آبی تیره، پایین‌ترین مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول ۴. همبستگی مکانی (R) بین متوسط ماهانه هفده ساله دمای سطح زمین (°C) و بارش با شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده در سطح منطقه مورد مطالعه (P value = 0/05)

| همبستگی مکانی متوسط دمای سطح زمین و بارش |               | همبستگی مکانی متوسط شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین |               |
|------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------|---------------|
| سطح معنی داری                            | همبستگی مکانی | سطح معنی داری                                                    | همبستگی مکانی |
| ۰/۸۵                                     | -۰/۰۲         | ۰/۰۰۸                                                            | ۰/۸۳          |
| ۰/۲۲                                     | -۰/۱۷         | ۰/۰۰۸                                                            | ۰/۸۱          |
| ۰/۰۴۱                                    | -۰/۲۹         | ۰/۰۱                                                             | ۰/۷۲          |
| ۰/۰۴۵                                    | -۰/۲۷         | ۰/۰۷۲                                                            | ۰/۳۱          |
| ۰/۲۷                                     | -۰/۱۲         | ۰/۰۲۵                                                            | -۰/۱۴         |
| ۰/۸۷                                     | -۰/۰۱         | ۰/۰۲                                                             | -۰/۵۸         |
| ۰/۹۵                                     | ۰/۰۰۵         | ۰/۰۲                                                             | -۰/۵۹         |
| ۰/۸۵                                     | -۰/۰۵         | ۰/۰۳                                                             | -۰/۴۶         |
| ۰/۹۵                                     | ۰/۰۱۷         | ۰/۰۳                                                             | -۰/۲۹         |
| ۰/۸۵                                     | ۰/۰۲          | ۰/۳۹                                                             | ۰/۱۰          |
| ۰/۸۵                                     | -۰/۰۲         | ۰/۰۲                                                             | ۰/۶۵          |
| ۰/۸۵                                     | -۰/۰۲         | ۰/۰۱                                                             | ۰/۷۶          |

در شکل ۸ (الف) که مقادیر استاندارد شده روند شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین را نشان می دهد. سه الگوی همبستگی به روشنی در این نمودار تشخیص داده شده است:

- ۱- از ژانویه تا انتهای می که شاخص و دمای سطح زمین به نظر همبستگی نداشته، تاجایی که، دمای سطح زمین کمابیش ثابت مانده درحالی که شاخص به صورت ابتدایی در ماه مارس سقوط کرده و دوباره بالا رفته است.
  - ۲- از ژوئن تا انتهای آگوست، هر دوی شاخص و دمای سطح زمین روند افزایش و کاهشی یکنواخت با همبستگی مکانی بالا تا جایی که شاخص با تأخیر زمانی به دنبال دمای سطح زمین بوده است.
  - ۳- از سپتامبر تا انتهای دسامبر، شاخص و دمای سطح زمین همبستگی بالایی باهم دارند.
- نتایج آنالیز تحلیل انطباقی نشان داده است که در ماه های زمستان، پیکسل های دارای حداکثر مقادیر شاخص که به صورت عمده در بخش شرق، نواحی مرکزی و شمال غرب استان (مناطق جنگلی) مشاهده شده است، به صورت کاملاً مکانی با مقادیر حداکثر دمای سطح زمین (۱۶ تا ۲۵ درجه سانتی گراد) هم پوشانی داشته است<sup>۱</sup> (جدول ۵ و شکل های ۶ و ۷).

جدول ۵. آنالیز تحلیل انطباقی بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین

| دوره مطالعه                           | دامنه دمای سطح زمین که به صورت مکانی با شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده هم پوشانی شده (°C) | دامنه شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده در دوره مورد مطالعه (°C) | شرح                                                              |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| دسامبر و مارس (فصل سرد)               | ۱۶ تا ۲۵                                                                                | ۱۹ تا ۲۷                                                    | حداکثر شاخص با حداکثر دمای سطح زمین هم پوشانی دارد               |
| آوریل، می، اکتبر و نوامبر (فصل میانه) | ۱۲/۱ تا ۲۵                                                                              | ۱۵ تا ۳۷                                                    | حداکثر شاخص با متوسط دمای سطح زمین هم پوشانی دارد                |
| ژوئن و سپتامبر (فصل گرم)              | ۱۲ تا ۲۷                                                                                | ۴/۶ تا ۴۱/۶                                                 | حداکثر شاخص با مقادیر ۱۲ تا ۲۷ درجه دمای سطح زمین هم پوشانی دارد |

در بهار پیکسل‌های گرم (۳۲ تا ۳۹ درجه سانتی‌گراد) در مناطق شرقی‌تر با کاربری کشاورزی (مزارع برنج) مشاهده شده است، اما پیکسل‌های دارای حداکثر مقادیر شاخص با پیکسل‌هایی که مقادیر دمای سطح زمین‌شان در حدود ۱۶ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد است، هم‌پوشانی داشته است. توزیع مکانی دمای سطح زمین در فصل تابستان الگوی کمابیش مشابهی با الگوی دمای سطح زمین در فصل بهار دارد. به‌طوری که بالاترین مقادیر دمای سطح زمین با دامنه ۳۴ تا ۴۲ درجه سانتی‌گراد در همان مناطق دیده شده است. در ماه ژوئن، همبستگی مکانی معکوسی بین شاخص و دمای سطح زمین دیده شده تاجایی که حداکثر مقادیر شاخص در تطابق با حداقل مقادیر دمای سطح زمین بوده است و در ماه جولای پیکسل‌های سبز دارای حداکثر مقادیر شاخص بیشتر در دامنه دمایی ۱۲ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد دیده شده است.

### آنالیز همبستگی مکانی - زمانی شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده و پارامتر بارش در منطقه مورد مطالعه

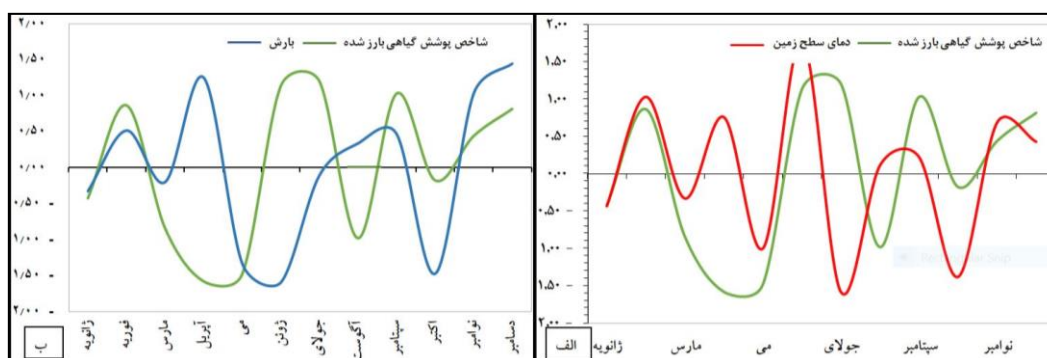
صورت کلی همبستگی مکانی بارش و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده در منطقه بی‌معنی بوده است. متوسط ماهانه هفده ساله بارش را در استان مازندران نشان می‌دهد که توزیع بارش از شرق به غرب کاهش می‌یابد و حداکثر بارش در فصل پاییز و حداقل آن در تابستان (آگوست) رخ می‌دهد (شکل ۹). تاجایی که در این شکل دیده می‌شود، در فصل پاییز یک حداکثر بارش (۶۰ میلی‌متر/ماه) در شمال و شمال غرب (کناره دریای کاسپین) رخ داده است. در زمستان حداکثر بارش (۵۰ میلی‌متر/ماه) در همان مناطق دیده شد. در فصل گرم، مقادیر بارش به‌صورت معنی‌داری تا ۱۵ میلی‌متر در ماه کاهش می‌یابد. همبستگی مکانی توزیع بارش و شاخص نشان می‌دهد که در بهار، حداکثر بارش در مناطق با دمای بالاتر رخ می‌دهد (جدول ۴).

روند فصلی مقادیر استاندارد شده شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده و بارش نشان می‌دهد که به‌طور کلی بین دو متغیر، عدم همبستگی وجود دارد (شکل ۸ ب). بر این اساس، رابطه این دو متغیر به‌صورت کلی بی‌معنی و منفی تشخیص داده شده است باوجود این، در این شکل:

۱- تأخیری ۱/۵ تا ۲/۵ ماهه از می تا جولای در رابطه همبستگی بارش و شاخص در بهار دیده می‌شود.

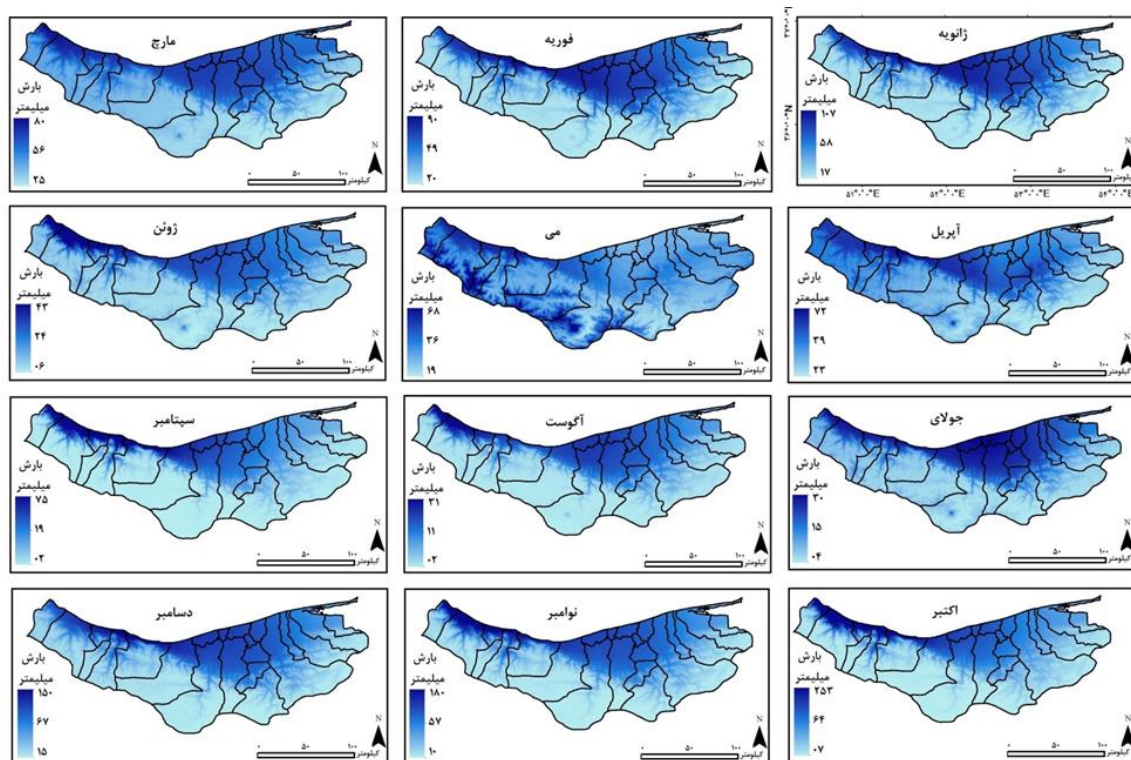
۲- در طی پاییز و زمستان، همبستگی مکانی بین بارش و شاخص وجود دارد.

پراکنش نگار<sup>۱</sup> بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده و دمای سطح زمین و همچنین شاخص و بارش برپایه مدل رگرسیون خطی اول-اس. ساخته شده و مقایسه شاخص را براساس بارش و دمای سطح زمین، پیش‌بینی می‌کند (شکل ۱۰ و ۱۱).



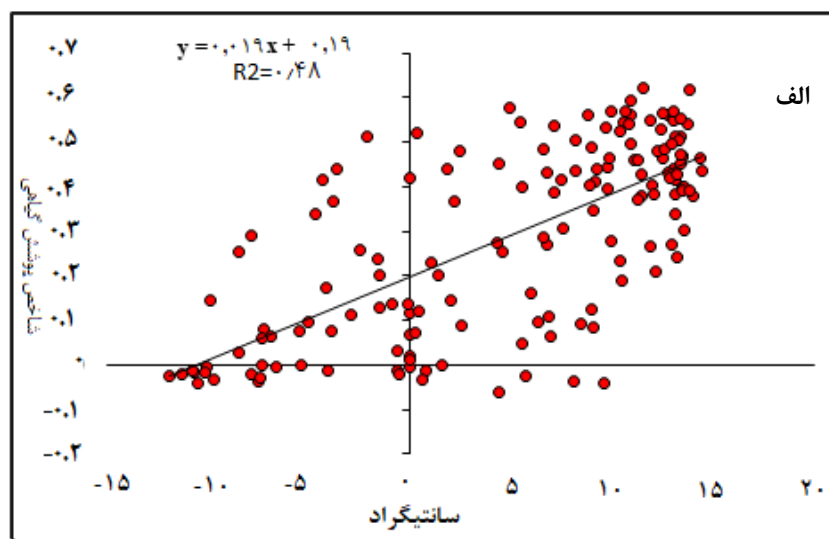
شکل ۸. الف: همبستگی مکانی - زمانی متوسط ماهانه هفده ساله بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده و دمای سطح زمین و ب: همبستگی مکانی زمانی متوسط ماهانه هفده ساله بین بارش و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده



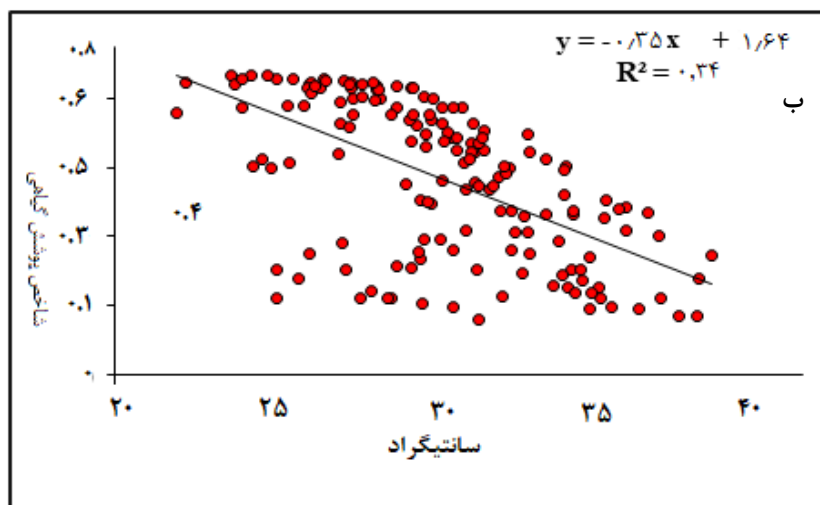


شکل ۹. توزیع مکانی متوسط ماهانه هفده ساله بارش به میلی متر در منطقه مورد مطالعه، پیکسل‌های آبی تیره بالاترین مقادیر بارش را نشان می‌دهد؛ در حالی که پیکسل‌های آبی روشن، پایین‌ترین مقادیر را نشان می‌دهد.

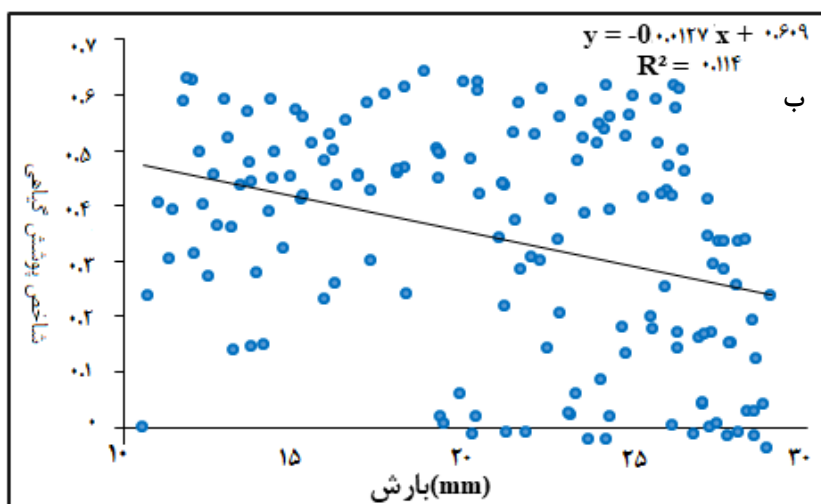
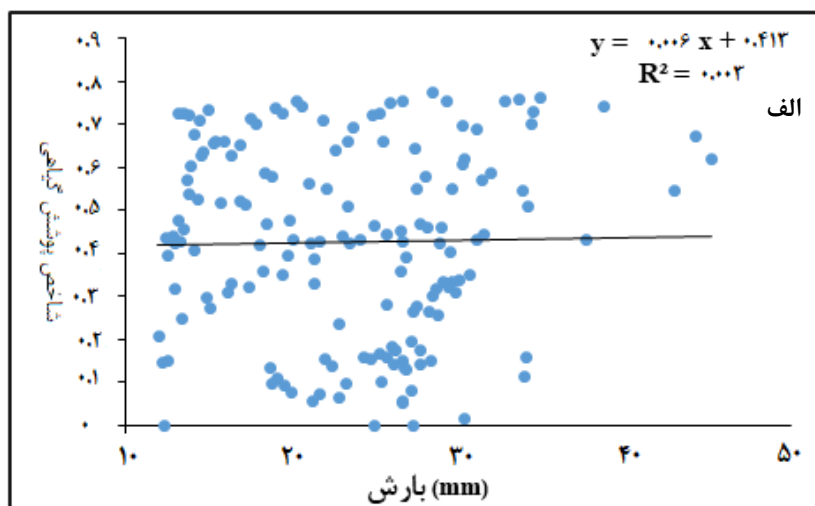
رابطه مکانی خطی بین دمای سطح زمین ماهواره مادیس و شاخص ماهواره مادیس در هر دو فصل‌های تابستان و زمستان وجود دارد (شکل ۱۰). به‌طوری که این رابطه، در فصل گرم منفی و در فصل سرد مثبت است. ارتباط بین بارش و شاخص نشان می‌دهد که هیچ ارتباط مکانی معنی‌داری بین بارش و شاخص نه در فصل گرم و نه در فصل سرد وجود ندارد (شکل ۱۱). رابطه مکانی بین بارش و شاخص در فصل گرم به‌طور کلی منفی است. در فصل سرد حداکثر مقادیر بارش در ارتفاعات بالا رخ داده که با پیکسل‌های سرد هماهنگ شده است و به‌خاطر پایین بودن دامنه دمای سطح زمین، مقادیر شاخص به حداقل رسیده است.



شکل ۱۰. پراکنش نگار بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین: الف: فصل سرد؛ ب: فصل گرم



ادامه شکل ۱۰. پراکنش نگار بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین؛ الف: فصل سرد؛ ب: فصل گرم



شکل ۱۱. پراکنش نگار بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و بارش؛ الف: فصل سرد؛ ب: فصل گرم

## بحث

دینامیک زمانی و مکانی پوشش گیاهی در مقیاس‌های زمانی مختلف انعکاس‌دهنده تغییر و تحولات متفاوتی در

اکوسیستم است. گاهی این دینامیک، در پاسخ به تغییرات طبیعی انجام می‌گیرد و گاه نیز در پاسخ به تغییرات انسان‌منشأ (هی و همکاران، ۲۰۱۸). در نوشتار پیش رو مشاهده شد که در مقیاس درون‌سالی (فصلی)، دینامیک سبزی‌نگی درواقع پاسخی به تغییرات دما و میزان دریافت تابش است. درحالی که نقش تغییر در مقدار بارش به‌طور کلی در مقیاس‌های بین‌سالی (روندی) یا حداقل پنج ساله (دوره‌ای) با اطمینان بالایی قابل‌بازیابی است. چنین نتیجه‌ای در پژوهش لو و همکاران (۲۰۱۵) نیز مشاهده شد. به‌طوری که ایشان نوسانات فصلی شاخص‌های سبزی‌نگی را وابسته به مقدار نوسانات فصلی دما (به‌طور هم‌زمان) و نوسانات دوره‌ای در پوشش گیاهی را به تغییرات دوره‌ای بارش وابسته دانستند. درمقابل نوسانات سینوسی دوره‌ای در دینامیک پوشش گیاهی استان مازندران، به تغییرات دما (درون‌سالی) و بارش (دوره‌ای) وابسته هستند. روندهای مستمری نیز دیده شد که این روندها درواقع روال عادی اکوسیستم جنگل‌های هیرکانی استان نبوده است.

هم‌زمانی الگوی فصلی تغییرات شاخص پوشش گیاهی پهنه جنگلی با دوره رشد محصولات کشاورزی، به‌ویژه دوره فعالیت شالیزارهای منطقه نوعی نتایج کاذب و فریبنده را ایجاد کرده است که مانع از آشکارشدن تغییرات سبزی‌نگی عرصه‌های جنگلی طی دهه اخیر شده است. چنین نتایج ناقصی که می‌تواند منجر به برداشت‌های نادرست و حتی برنامه‌های اجرایی نادرست شود، در پژوهش‌های دیگری نیز از جمله لو و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده شده است. ایشان نشان دادند که هم‌زمان با روند کاهشی در برخی عرصه‌های جنگلی، جایگزین‌شدن زراعت آبی توانسته است نقش کاهش سبزی‌نگی را در این منطقه جبران کند و میزان کاهش عرصه‌های جنگلی تغییر محسوسی در شاخص سبزی‌نگی پوشش گیاهی منطقه ایجاد نکند. نتیجه نوشتار پیش رو درمورد اثرات فعالیت‌های انسانی نشان‌دهنده دو روند متناقض بود. از یک‌سو مساحت عرصه‌های پوشش جنگلی ( $>0/4$  شاخص)، در سطح استان طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ روند کاهشی داشته است؛ از دیگرسو، مساحت زمین‌های فاقد پوشش گیاهی یا پوشش گیاهی بسیارضعیف ( $<0/2$  شاخص) نیز هم‌زمان روند کاهشی داشته است.

نکته قابل توجه دیگری که مشاهده شد این بود که باوجود کاهش در مساحت عرصه‌های جنگلی استان، میانگین فضایی شاخص در سطح منطقه روند افزایشی داشته که این روند متناقض در پژوهش‌های هی و همکاران (۲۰۱۸) و کیو و همکاران (۲۰۱۵) نیز مشاهده شد. برای بررسی و ابهام‌زدایی از این تناقض (افزایش متوسط شاخص باوجود کاهش مساحت پهنه‌های جنگلی طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶) روند تغییرات زمین‌های کشاورزی در سطح استان براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی بررسی شد. نتایج گویای آن بود که طی دوره مورد بررسی، مساحت شالیزارها در سطح استان روند افزایشی داشته و افزایش سالانه این نوع زمین‌ها در سطح استان که درواقع به‌معنی به زیر کشت‌بردن اراضی بایر برای این نوع کاربری است، نه‌تنها اثر کاهش مساحت عرصه‌های جنگلی را در شاخص سبزی‌نگی کل منطقه خنثی کرده، بلکه روند معکوسی برای آن ایجاد نموده است. این‌گونه دخالت‌های انسان‌منشأ که منجر به تغییرات کاربری اراضی می‌شود، در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است؛ به‌طوری که کیو و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی روند شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده پوشش گیاهی در دوره زمانی چهل ساله در چین نشان دادند که افزایش زمین‌های کشاورزی به‌ویژه اراضی زراعی آبی که هم‌زمان با کاهش در مساحت عرصه‌های جنگلی بوده است، باعث شده که اثر کاهش زمین‌های جنگلی در مقیاس روندی (بین‌سالی) با میانگین فضایی شاخص پوشش گیاهی کل منطقه خنثی شود؛ اما چنین روند کاذبی می‌تواند برای پژوهشگران و حتی برنامه‌ریزان نیز گمراه‌کننده بوده و نتایج معکوسی به‌دست دهد.

ازآنجا که زمین‌های کشاورزی به‌ویژه شالیزارها روندی فصلی دارند و دوره رشد آن‌ها به‌طور کلی در بهار و تابستان است، دقیقاً در این زمان میزان سبزی‌نگی بالا رفته درحالی که در همین دو فصل، بیشترین خطر

آتش‌سوزی مراتع و پوشش گیاهی زیر اشکوب جنگلی نیز وجود دارد. در زمانی که مساحت زمین‌های جنگلی کاهش می‌یابد، خطر آتش‌سوزی این پوشش افزایش یافته و این آتش‌سوزی‌ها تشدید می‌شوند و به‌صورت چرخه‌وار منجر به از بین رفتن درختان بیشتری از اشکوب جنگلی می‌شوند. درحالی که افزایش شالیزارها تنها یک کاربری اقتصادی بوده و با اهداف بهره‌برداری کوتاه‌مدت و ناپایدار توسعه می‌یابند؛ بنابراین اثر آریبی که ممکن است فعالیت‌ها و تغییر کاربری‌های انسان‌ساز در نتیجه پژوهش‌ها وارد کنند، اگر با مطالعات میدانی یا بررسی آمارهای نهادهای سرشماری‌کننده همچون وزارت جهاد کشاورزی اعتبارسنجی نشود، ممکن است نتایج کاذبی به‌دست دهد و این نتایج کاذب، منجر به تصمیمات و اقدامات نادرست و بی‌موقع شود.

### نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که برخلاف بارش، همبستگی فضایی معنی‌داری بین شاخص پوشش گیاهی با مقادیر دمای سطح زمین در این استان وجود داشته است؛ همچنین مساحت پوشش جنگلی استان مازندران طی هفده سال دوره مطالعه روند کاهشی داشته؛ درحالی که میانگین فضایی شاخص باوجود کاهش مساحت عرصه‌های جنگلی، روند افزایشی داشته است. برای ابهام‌زدایی از این نتایج متناقض، بررسی‌های میدانی بیانگر آن بود که در هفده سال اخیر، هم‌زمان با کاهش مساحت جنگل‌ها، مساحت زمین‌های زیر پوشش شالیزارها در منطقه افزایش چشم‌گیری داشته و به‌ویژه زمین‌های بایر به شالیزار تبدیل شده‌اند. این افزایش شدت توسعه اراضی شالیزاری به‌حدی بوده که تأثیر روند کاهشی جنگل‌ها در منطقه را در میانگین فضایی شاخص خنثی کرده است. دستاورد نوشتار پیش رو از این لحاظ مهم است که نشان می‌دهد افزایش در میزان سبزی‌نگی منطقه نتیجه کاذبی بوده و می‌تواند روند کاهشی عرصه‌های جنگلی را در تحلیل‌ها کم‌رنگ کند؛ افزون بر این، مهم‌ترین محدودیت پژوهش حاضر استفاده از تنها دو پارامتر اقلیمی دما و بارش است. بر این مبنا پیشنهاد می‌شود در بررسی‌های دیگر در این زمینه، از تعداد بیشتری از متغیرهای اقلیمی استفاده شود. در جستار پیش رو اقلیم به‌صورت مؤلفه ثابتی در نظر گرفته شده و تأثیر تغییر اقلیم که حتی در مقیاس سالانه نیز قابل مشاهده است، در نظر گرفته نشده که این مسئله می‌تواند ارتباطات آشکار شده را با مقادیر عدم قطعیت همراه سازد.

### منابع

- حسینی توسل، مرتضی؛ ارزانی، حسین؛ فرج‌زاده اصل، منوچهر؛ جعفری، محمد؛ بابایی کفاکی، ساسان؛ کهن‌دل، اصغر (۱۳۹۴). پایش تغییرات پوشش گیاهی مراتع در فصل رویش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با عوامل اقلیمی (مطالعه موردی: استان البرز). *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۲(۴)، ۶۱۵-۶۲۴.
- خورانی، اسداله؛ بی‌نیاز، مهدی؛ امیری، حمیدرضا (۱۳۹۴). تغییرات سطح جنگل‌های حرا با توجه به نوسانات اقلیمی (مطالعه موردی: جنگل‌های بین بندر خمیر و قشم). *مجله بوم‌شناسی آریان*، ۵(۲)، ۱۱۱-۱۰۰.
- فرج‌زاده، منوچهر؛ فتح‌نیا، امان‌اله؛ علیجانی، بهلول؛ ضیاییان، پرویز (۱۳۹۰). ارزیابی اثر عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی منطقه زاگرس با استفاده از اطلاعات رقومی ماهواره‌ای، *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۸(۱)، ۱۰۷-۱۲۳.
- کرمی، مختار؛ طاهری قاسم‌آبادی، جلال؛ اسدالهی، ابودر (۱۳۹۷). بررسی تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی (مطالعه موردی: شهرستان بجنورد). *فصلنامه پژوهش‌های نوین علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی*، ۱۳(۱)، ۱-۱۲.

### References

- Amiri-Bourkhani, M., Khaledian, R., Mashrafzadeh, A. & Shahnazari, A. (2017). The temporal and spatial variations in groundwater salinity in Mazandaran Plain, Iran, during a long-term period



- of 26 years. *Geofizika*, 34 (1), 119-139.
- Bao, G., Qin, Z., Bao, Y., Zhou, Y., Li, W. & Sanjjav, A. (2014). NDVI-based long-term vegetation dynamics and its response to climatic change in the Mongolian Plateau. *Remote Sensing*, 6 (9), 8337-8358.
- Chang, C. T., Wang, S.F., Vadeboncoeur, M. A. & Lin, T. C. (2014). Relating vegetation dynamics to temperature and precipitation at monthly and annual timescales in Taiwan using MODIS vegetation indices. *International journal of remote sensing*, 35 (2), 598-620.
- Chen, Z., Jiang, W. G., Tang, Z. H. & Jia, K. (2016). Spatial-temporal pattern of vegetation index change and the relationship to land surface temperature in zoige. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 849-852.
- Chuai, X. W., Huang, X. J., Wang, W. J. & Bao, G. (2013). NDVI, temperature and precipitation changes and their relationships with different vegetation types during 1998–2007 in Inner Mongolia, China. *International Journal of Climatology*, 33 (7), 1696-1706.
- Ding, M., Zhang, Y., Liu, L., Zhang, W., Wang, Z. & Bai, W. (2007). The relationship between NDVI and precipitation on the Tibetan Plateau. *Geographical Sciences*, 17 (3), 259-268.
- Dou, Y., Chen, X., Bao, A., Luo, G., Jappar, G. & Li, J. (2008). The Correlation Analysis of Vegetation Variable Process and Climate Variables in Alpine- Cold Wetland in Arid Area. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2008. *IEEE International*, 4, 7-11, P: IV-878-IV-881.
- Emadi, M., Shahriari, A. R., Sadegh-Zadeh, F., Jalili Seh-Bardan, B. & Dindarlou, A. (2016). Geostatistics-based spatial distribution of soil moisture and temperature regime classes in Mazandaran province, northern Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62 (4), 502-522.
- Farajzadeh, M., Fathnia, A., Alijani, A. & Zeaiean, P. (2011). Assessment of climatic factors effect on vegetation in the Zagross region using satellite images. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18 (1), 107-123. (In Persian)
- Guo, L., Wu, S., Zhao, D., Yin, Y., Leng, G. & Zhang, Q. (2014 a). NDVI-based vegetation change in Inner Mongolia from 1982 to 2006 and its relationship to climate at the biome scale. *Advances in Meteorology*, 1-12.
- Guo, W., Ni, X., Jing, D. & Li, S. (2014 b). Spatial-temporal patterns of vegetation dynamics and their relationships to climate variations in Qinghai Lake Basin using MODIS time-series data. *Geographical Sciences*, 24 (6), 1009-1021.
- Hashim, H., Latif, Z. A. & Adnan, N. A. (2019). Urban vegetation classification with NDVI threshold value method with very high resolution (VHR) PLEIADES Imagery. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Kuala Lumpur, Malaysia*. XLII-4/W16, 237-240.
- Halimi, M., Sedighifar, Z., & Mohammadi, C. (2018). Analyzing spatiotemporal land use/cover dynamic using remote sensing imagery and GIS techniques case: Kan basin of Iran. *Geo Journal*, 83 (5), 1067-1077.
- He, D., Yi, G., Zhang, T., Miao, J., Li, J. & Bie, X. (2018). Temporal and Spatial Characteristics of EVI and Its Response to Climatic Factors in Recent 16 years Based on Grey Relational Analysis in Inner Mongolia Autonomous Region, China. *Remote Sensing*, 10 (6) 961, 1-17.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X. & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83 (1-2), 195-213.
- Hussein, S. O., Kovács, F. & Tobak, Z. (2017). Spatiotemporal assessment of vegetation indices and land cover for Erbil city and its surrounding using MODIS imageries. *Environmental Geography*, 10 (1-2), 31-39.
- Karami, M., Taheri GhasemAbadi, J., Asadollahi, A. (2018). Investigating the quantitative and qualitative changes of vegetation using satellite images and its relationship with climatic parameters (Case study: Bojnourd city). *Geographical New Studies, Architecture and Urbanis*, 13 (1), 1-12. (In Persian)
- Kaufmann, R.K., Zhou, L., Myneni, R.B., Tucker, C.J., Slayback, D., Shabanov, N.V. & Pinzon, J.

- (2003). The effect of vegetation on surface temperature: A statistical analysis of NDVI and climate data. *Geophysical Research Letters*, 30 (22) 4 p.
- Khoorani, A., Biniiaz, M. & Amiri, H. R. (2015). Investigating the changes of mangrove forests between Khamir port and Gheshmiseland and its correlation with climatic elements. *J. Aqu. Eco*, 5 (2), 100-111. (In Persian)
- Leilei, L., Jianrong, F. & Yang, C. (2014). The relationship analysis of vegetation cover, rainfall and land surface temperature based on remote sensing in Tibet, China. In IOP Conference Series. *Earth and Environmental Science*, 17 (1) 012034, IOP Publishing. 6p.
- Li, Z., Li, X., Wei, D., Xu, X. & Wang, H. (2010). An assessment of correlation on MODIS-NDVI and EVI with natural vegetation coverage in Northern Hebei Province, China. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 964-969.
- Lu, L., Kuenzer, C., Wang, C., Guo, H. & Li, Q. (2015). Evaluation of three MODIS-derived vegetation index time series for dryland vegetation dynamics monitoring. *Remote Sensing*, 7 (6), 7597-7614.
- Luan, J., Liu, D., Zhang, L., Huang, Q., Feng, J., Lin, M. & Li, G. (2018). Analysis of the spatial-temporal change of the vegetation index in the upper reach of Han River Basin in 2000-2016. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 379, 287-292.
- Motlagh, M. G., Kafaky, S. B., Mataji, A., & Akhavan, R. (2018). Estimating and mapping forest biomass using regression models and Spot-6 images (case study: Hyrcanian forests of north of Iran). *Environmental Monitoring and Assessment*, 190 (6), 352, 1-14.
- Phompila, C., Lewis, M., Ostendorf, B. & Clarke, K. (2015). MODIS EVI and LST temporal response for discrimination of tropical land covers. *Remote Sensing*, 7 (5), 6026-6040.
- Qu, B., Zhu, W., Jia, S.H., & Lv, A. (2015). Spatio-Temporal Changes in Vegetation Activity and Its Driving Factors during the Growing Season in China from 1982 to 2011. *Remote Sens*, 7, 13729-13752.
- Raynolds, M. K., Comiso, J. C., Walker, D. A. & Verbyla, D. (2008). Relationship between satellite-derived land surface temperatures, arctic vegetation types, and NDVI. *Remote Sensing of Environment*, 112 (4), 1884-1894.
- Richard, Y. & Pocard, I. (1998). A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual rainfall variations in Southern Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (15), 2907-2920.
- Hoseini Tavasol, M., Arzani, H., Farajzadeh asl, M., Jafari, M., Babayee kafaki, S., & Kohandel, A. (2015). Monitoring of Vegetation Change in the growing season by using satellite imagery and its relationship with climatic factors (Case Study: Alborz Province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22 (4), 615-624. (In Persian)
- Testa, S., Soudani, K., Boschetti, L. & Mondino, E.B. (2018). MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 64, 132-144.
- Wang, J., Rich, P. M. & Price, K. P. (2003). Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 24 (11), 2345-2364.
- Xin, Z., Xu, J., & Zheng, W. (2008). Spatiotemporal variations of vegetation cover on the Chinese Loess Plateau (1981-2006): Impacts of climate changes and human activities. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 51 (1), 67-78.
- Xu, G., Zhang, H., Chen, B., Zhang, H., Innes, J. L., Wang, G., Yan, J., Zheng, Y., Zhu, Z. & Myneni, R.B. (2014). Changes in vegetation growth dynamics and relations with climate over China's landmass from 1982 to 2011. *Remote Sensing*, 6 (4), 3263-3283.
- Zhong, L., Ma, Y., Salama, M.S. & Su, Z. (2010). Assessment of vegetation dynamics and their response to variations in precipitation and temperature in the Tibetan Plateau. *Climatic change*, 103 (3-4), 519-535.
- Zoungrana, B. J. B., Conrad, C., Amekudzi, L. K., Thiel, M. & Da, E. D. (2014). Land use/cover response to rainfall variability: A comparing analysis between NDVI and EVI in the Southwest of Burkina Faso. *Climate*, 3 (1), 63-77.





## Modeling Spatial and Temporal Changes in Land-Uses and Land Cover of the Urmia Lake Basin Applying Cellular Automata and Markov Chain

Hadi Eskandari Damaneh<sup>1</sup>, Hamid Gholami<sup>1</sup>, Hassan Khosravi<sup>2\*</sup>, Rasoul Mahdavi Najafabadi<sup>1</sup>, Asadollah Khorani<sup>3</sup>, Junran Li<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar-Abbas, Iran

<sup>2</sup> Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Department of geography, faculty of letters and humanities, Hormozgan University, Bandar-Abbas, Iran

<sup>4</sup> Department of Geosciences, College of Engineering & Natural Sciences, University of Tulsa, Tulsa, Oklahoma

### ARTICLE INFO

Article Type: Research article

#### Article history:

Received 7 May 2020

Accepted 20 July 2020

Available online 27 August 2020

#### Keywords:

Land Use and Land Cover, Lake Urmia, Prediction, CA-Markov.

#### Citation:

Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Khosravi, H., Mahdavi Najafabadi, R., Khorani, A., Li, J. (2020). Modeling Spatial and Temporal Changes in Land-Uses and Land Cover of the Urmia Lake Basin Applying Cellular Automata and Markov Chain. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (2), 57-72.

doi: [10.22126/GES.2020.5303.2238](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5303.2238)

### ABSTRACT

Land use and land cover change are critical motivations for environmental changes. It mainly arises from human activities, e.g., the expansion of urban areas, the changes in agricultural land areas, and the destruction of water area which rooted in population growth. The present research used a combination of cellular automata (CA) and the Markov chain to simulate the present land-uses in the Lake Urmia Basin using remote sensing data. First, the land-use map was produced by the maximum likelihood classification method using the Landsat satellite imagery for the years 1998, 2008, and 2018. After the integrated CA-Markov approach assessed the model, the land-use maps were predicted for the years 2028 and 2038. The trend of land-use change between 1998 and 2018 revealed that agricultural areas and urban/human-made areas have increased by 3.31 and 2.74 percent, respectively, but water areas and other uses have decreased by 6.87 and 0.71 percent, respectively. The kappa coefficient was estimated at 80% for the model, implying its high accuracy in predicting land-uses. Based on the simulation results for 2028 and 2038, agricultural land area and urban/man-made areas will expand by 40.12 and 476.36% versus those in 1998 whereas water areas and other uses will shrink by 26.67 and 5.80%, respectively. The results can greatly help policymakers and managers of natural resources to make management decisions on land uses in different regions.



## مدل سازی تغییرات مکانی و زمانی کاربری و پوشش اراضی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از ترکیب سلول خودکار و زنجیره مارکوف

هادی اسکندری دامنه<sup>۱</sup>، حمید غلامی<sup>۱</sup>، حسن خسروی<sup>۲\*</sup>، رسول مهدوی<sup>۱</sup>، اسداله خورانی<sup>۳</sup>، جوران لی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، هرمزگان، ایران

<sup>۲</sup>گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۳</sup>گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

<sup>۴</sup>گروه علوم زمین، دانشکده مهندسی و علوم طبیعی، دانشگاه تولسا، تولسا، اوکلاهاما

### چکیده

### مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۹

پذیرش ۳۰ تیر ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۶ شهریور ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

کاربری و پوشش اراضی، دریاچه ارومیه، پیش‌بینی، Ca-Markov.

/استناد: اسکندری دامنه، هادی؛ غلامی، حمید؛ خسروی، حسن؛ مهدوی، رسول؛ خورانی، اسداله؛ لی، جوران (۱۳۹۹). مدل سازی تغییرات مکانی و زمانی کاربری و پوشش اراضی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از ترکیب سلول خودکار و زنجیره مارکوف. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۲)، ۵۷-۷۲.

doi: [10.22126/GES.2020.5303.2238](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5303.2238)

تغییرات کاربری و پوشش اراضی به‌مثابه یکی از مهم‌ترین محرک‌های تغییرات محیطی به‌طور عمده بر اثر فعالیت‌های انسانیک مانند افزایش مناطق شهری، تغییرات در سطح زمین‌های کشاورزی و از بین بردن پهنه‌های آبی اتفاق می‌افتد که این فعالیت‌ها ناشی از افزایش جمعیت بوده است. در نوشتار پیش رو با استفاده از روش ترکیبی سلول خودکار و زنجیره مارکوف به شبیه‌سازی کاربری‌های موجود در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده داده‌های سنجش از دوری پرداخته شد. در ابتدا برای سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال تولید و پس از ارزیابی مدل با استفاده از روش ترکیبی Ca-Markov نقشه کاربری برای سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ پیش‌بینی شد. بررسی روند تغییرات کاربری بین سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ نشان داد که زمین‌های کشاورزی و اراضی شهری - انسان‌ساخت به ترتیب افزایش ۳/۳۱ و ۲/۷۴ درصدی داشته؛ اما پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها به ترتیب ۶/۸۷٪ و ۰/۷۱٪ کاهش نشان داده است. ارزیابی مدل با استفاده از شاخص کاپا بالای ۸۰٪ نشان‌دهنده دقت بالای مدل برای پیش‌بینی کاربری‌ها است. نتایج شبیه‌سازی برای سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ نشان داد که کاربری‌های زمین‌های کشاورزی و مناطق شهری انسان‌ساخت نسبت به سال ۱۳۷۷ به ترتیب ۴۰/۱۲٪ و ۴۷۶/۳۶٪ افزایش داشته این در حالی است که پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها در این بازه به ترتیب ۲۶/۶۷٪ و ۵/۸۰٪ کاهش داشته‌اند. نتایج این تحقیق می‌تواند به سیاست‌مداران و مدیران عرصه‌های طبیعی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و آینده‌نگری کاربری اراضی مناطق مختلف بسیار کارآمد باشد.

## مقدمه

تغییرات پوشش و کاربری اراضی به موضوعی جهانی تبدیل شده است که این امر نگرانی شدید دولت‌ها و مدیران منابع طبیعی را به دنبال داشته است. این تغییرات بیشتر بر اثر افزایش سریع جمعیت بوده و باعث تبدیل زمین‌های حاصلخیز به اراضی شهری یا از بین رفتن تالاب‌ها و دریاچه‌های طبیعی می‌شود (هانگ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ گان<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). روند این تغییرات بسیار پیچیده، پویا و در حال گسترش است؛ همچنین، بسیار تأثیرپذیر و تأثیرگذار از راه تعامل در زمان و مکان و در مقیاس‌های مختلف است؛ برای مثال عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و بسیاری از عوامل دیگر، بر این تغییرات اراضی تأثیرپذیر و تأثیرگذار خواهند بود (شو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ هی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). در سطح جهانی روند تغییرات اراضی به طور چشم‌گیری در حال افزایش است که براساس گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۱۹، رشد شهری از ۱۴٪ در سال ۱۹۰۰ به ۲۹/۱٪ در سال ۱۹۵۰ افزایش یافته است و در سال ۲۰۱۴ این رشد به ۵۴٪ رسیده است و همچنین پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ به ۶۶٪ افزایش یابد (منصور<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۰).

رشد جمعیت و تأمین مسکن و غذا برای این جمعیت در حال رشد، باعث تبدیل و تغییر در کاربری‌های مختلف شده است (پرستیل<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). تغییرات زیاد در کاربری و استفاده از زمین، اثرات زیادی بر تنوع زیستی، آب، مقدار تشعشع خورشید، انتشار گازها و دیگر فرایندهایی که بر اقلیم و بیوسفر تأثیر گذارند، از خود برجا می‌گذارد (ریبسیم<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۴). پایش تغییرات اراضی برای فهم محرک‌های پویا مؤثر بر زمین‌ها در بازه زمانی طولانی‌مدت برای مدیریت مناسب آن‌ها اهمیت بسزایی دارد؛ زیرا این تغییرات اراضی بسیار گسترده و سریع تحت تأثیر عوامل مختلف طبیعی و انسانی هستند که باعث تغییر اکوسیستم‌های طبیعی می‌شوند (راوات<sup>۸</sup> و کومار<sup>۹</sup>، ۲۰۱۵؛ تورنر<sup>۱۰</sup> و راشکر<sup>۱۱</sup>، ۱۹۹۸). بررسی الگو تغییرات چشم‌اندازها، تغییرات و تعامل بین فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی برای مدیریت اراضی و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی مناسب روز به روز ضروری‌تر می‌شود (دادهیچی و هاناوکا<sup>۱۲</sup>، ۲۰۱۱؛ اوتمان<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). با این حال، برای پایش، شبیه‌سازی و پیش‌بینی صحیح و مؤثر تغییرات پوشش و کاربری اراضی مقدار قابل توجهی از اطلاعات درباره منطقه مورد مطالعه لازم است. از این رو استفاده از داده‌های سنجش از دوری، اطلاعات به‌روزی از پوشش و کاربری اراضی را در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد و در تحلیل و شبیه‌سازی مکانی تغییرات اراضی در بازه زمانی مختلف بسیار مفید خواهد بود (واکودی<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ یوسف<sup>۱۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۱؛ بیلتي<sup>۱۶</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). امروزه علم سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، ابزارهای کارآمدی برای بررسی اکوسیستم‌های طبیعی و مدیریت اقتصادی -

1- Huang

2- Guan

3- Shu

4- He

5- Mansour

6- Prestele

7- Riebsame

8- Rawat

9- Kumar

10- Turner

11- Ruscher

12- Dadhich &amp; Hanaoka

13- Othman

14- Wakode

15- Youssef

16- Belete

اجتماعی آن‌ها در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد (گاشاو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). این داده‌های مکانی و سنجش از دوری برای تحلیل عملکرد سیستم زمین، الگوها در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی در بازه‌های زمانی مختلف بسیار دقیق عمل می‌کنند (اسلام<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ رودپشتی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

در حال حاضر، از مدل‌ها و روش‌های مختلف سنجش از دوری و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای بررسی روند تغییرات اراضی و پیش‌بینی آن‌ها استفاده می‌شود (آبراس<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). مطالعات زیادی از مدل‌های قدیمی‌ای همچون مدل‌های سلول خودکار<sup>۵</sup> که برای ارزیابی پویایی و رشد کاربری به کار می‌روند، استفاده می‌کنند (کلارک<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۹۹۷؛ باریدو<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). بعضی دیگر از مدل‌های کیفی مانند رگرسیون لجستیک<sup>۸</sup> برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری استفاده کرده‌اند (الشریف و پاردهان<sup>۹</sup>، ۲۰۱۴). پژوهش‌های دیگر نیز از ادغام روش‌های مختلف مانند زنجیره مارکوف<sup>۱۰</sup> و سلول خودکار استفاده کرده‌اند که نتایج واقع‌بینانه‌ای را نشان داده‌اند (آبراس و همکاران، ۲۰۱۶؛ الشریف و پاردهان، ۲۰۱۶). ترکیب دو روش سلول خودکار و زنجیره مارکوف تکنیک بسیار مؤثری برای تخمین مکانی و زمانی داده‌های سنجش از دوری بوده؛ زیرا این نوع داده‌ها به خوبی روند تغییرات اراضی را ثبت می‌کنند (آبراس و همکاران، ۲۰۱۶؛ الشریف و پاردهان، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶)؛ بنابراین ترکیب مدل‌های شبیه‌سازی دینامیک مانند سلول خودکار با مدل تجربی آماری مانند زنجیره مارکوف نتایج بهتری نسبت به استفاده جداگانه این دو مدل خواهد داشت (گوان و همکاران، ۲۰۱۱) که نوآوری نوشتار پیش رو است. در پژوهش حاضر حوضه دریاچه ارومیه و شهرستان‌هایی که با این دریاچه مرز مشترک دارند برای مطالعه انتخاب شدند؛ زیرا این حوضه، در چند دهه گذشته از لحاظ گسترش شهری، پوشش گیاهی و سطح دریاچه ارومیه تغییرات بسیاری داشته که این تغییرات، تحولات فراوانی را در کاربری‌های یادشده ایجاد کرده است (بخشیان لاموکی<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰)؛ بنابراین برای بررسی روند تغییرات اراضی بین سال ۱۳۷۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۷ و برای پیش‌بینی کمی و مکانی این روند تغییرات تا سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ از ترکیب دو روش سلول خودکار و زنجیره مارکوف استفاده شد.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه مورد بررسی

دریاچه ارومیه به عنوان بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران، نقش اجتماعی - اقتصادی و اکولوژیکی مهمی در شمال غرب ایران دارد. با این حال، سطح آب این دریاچه در طی سال‌های گذشته کاهش یافته و بیش از یک‌چهارم آن به اراضی شور تبدیل شده است (حسن‌زاده<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). حوضه دریاچه ارومیه یکی از شش حوضه اصلی رودخانه‌ای در کشور ایران است. بیش از ۶/۵ میلیون نفر که اقتصادشان به کشاورزی دیم و صنعت وابسته است، در این حوضه زندگی می‌کنند (بخشیان لاموکی و همکاران، ۲۰۲۰). مختصات جغرافیایی این حوضه بین عرض

1- Gashaw

2- Islam

3- Roodposhti

4- Aburas

5- Cellular-Automata (CA)

6- Clarke

7- Barredo

8- Logistic Regression (LR)

9- Alsharif & Pradhan

10- Markov Chain (MC)

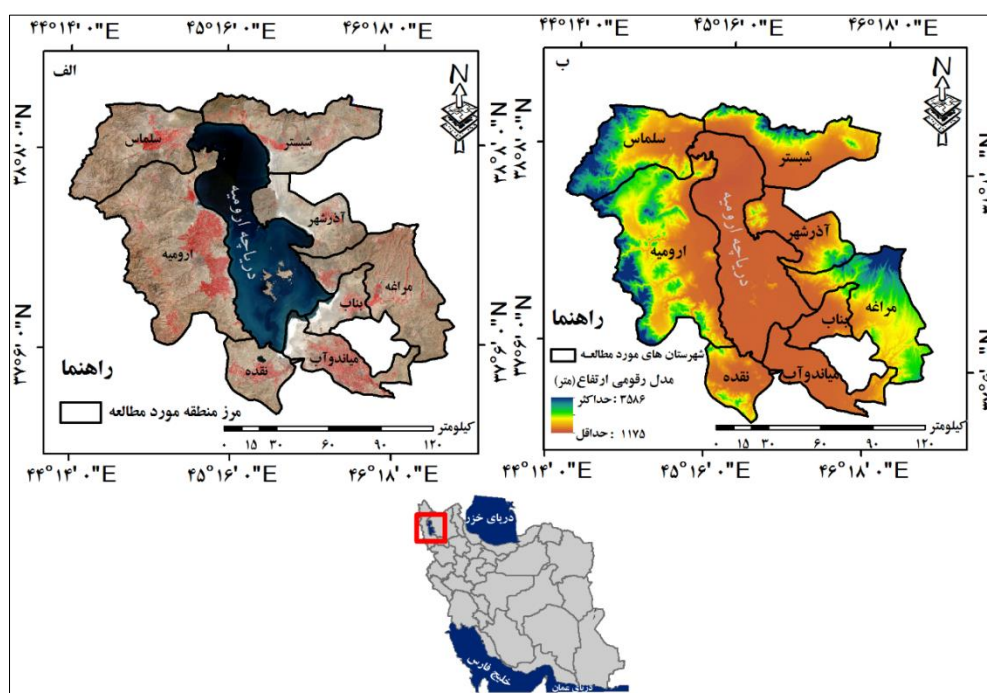
11- Bakhshianlamouki

12- Hassanzadeh

جغرافیایی  $35^{\circ} 40'$  تا  $38^{\circ} 30'$  شمالی و طول جغرافیایی  $44^{\circ} 12'$  تا  $47^{\circ} 54'$  شرقی واقع شده است (شکل ۱ الف). میانگین درازمذت بارندگی ۳۷۸ میلی‌متر بوده، در حالی که میانگین بارندگی بین سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ حدود ۲۸۰ میلی‌متر گزارش شده است و تبخیر این منطقه نیز حدود ۸۰۰ میلی‌متر است (مرادی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). در این مطالعه شهرستان‌های شبستر، آذرشهر، مراغه، بناب، میاندوآب، نقده، ارومیه و سلماس که با دریاچه ارومیه مرز مشترک داشته‌اند مدنظر بوده است. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به ترتیب ۱۱۷۵ و ۳۵۸۶ متر است (شکل ۱ ب).

### داده‌های مورد استفاده

در نوشتار پیش رو برای برآورد تغییرات کاربری، تصاویر ماهواره لندست از سایت زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS)<sup>۲</sup> تهیه شد. قدرت تفکیک مکانی این تصاویر سی متر بوده و در سه تصویر برای هر سال داندلود و پس از موزاییک کردن مرز منطقه مورد مطالعه، برش داده شد (جدول ۱). خلاصه روش‌شناختی استفاده‌شده در این پژوهش با استفاده از مدل CA-Markov برای پیش‌بینی تغییرات کاربری در منطقه مورد مطالعه در (شکل ۲) آورده شده است؛ همچنین، برای بررسی نقاط ارتفاعی منطقه از مدل رقومی ارتفاع<sup>۳</sup> سی متری سنجنده ASTER<sup>۴</sup> استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت حوضه دریاچه ارومیه در ایران؛ الف: تغییرات ارتفاعی؛ ب: مرز منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. جزییات تصاویر ماهواره لندست استفاده‌شده در پژوهش حاضر

| تصاویر  | سال  | تفکیک مکانی | سطر / ستون             |
|---------|------|-------------|------------------------|
| لندست ۵ | ۱۳۷۷ | ۳۰          | ۳۴/۱۶۸، ۳۳/۱۶۹، ۳۴/۱۶۹ |
| لندست ۵ | ۱۳۸۷ | ۳۰          | ۳۴/۱۶۸، ۳۳/۱۶۹، ۳۴/۱۶۹ |
| لندست ۸ | ۱۳۹۷ | ۳۰          | ۳۴/۱۶۸، ۳۳/۱۶۹، ۳۴/۱۶۹ |

1- Moradi

2- United States Geological Survey (USGS)

3- Digital Elevation Model (DEM)

4- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)



### طبقه‌بندی و ارزیابی صحت تصاویر

پس از تهیه تصاویر، تصحیحات اتمسفری و رادیومتری با استفاده از ماژول فلش<sup>۱</sup> در نرم افزار ENVI5.3 انجام پذیرفت. پارامترهای مورد نیاز برای تصحیحات اتمسفری از فایل متنی همراه با تصاویر تهیه شده استخراج شد و همچنین از اطلاعات ارتفاعی مورد نیاز از مدل رقومی ارتفاع تهیه شده، به دست آمد. تمامی تصاویر از نظر تصحیحات هندسی در سیستم مختصات UTM WGS84<sup>۲</sup> و زون ۳۸ شمالی پس از موزاییک کردن در قالب مرز منطقه مورد مطالعه برش داده شد. پس از انجام تصحیحات لازم، با استفاده از روش حداکثر شباهت<sup>۳</sup> که روش طبقه‌بندی نظارت شده‌ای است، انجام پذیرفت. این روش طبقه‌بندی با توجه به اینکه نقاط آموزش به صورت دقیق انتخاب و به نرم افزار معرفی می‌شوند، به عنوان روش قدرتمند و در عین حال ساده‌ای شناخته شده است (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۱؛ بیرو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ پارداهان و سلیمان<sup>۵</sup>، ۲۰۰۹). در طبقه‌بندی تصاویر برای سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ در چهار کلاس اراضی کشاورزی، پهنه‌های آبی، مناطق شهری - انسان ساخت و سایر کاربری‌ها طبقه‌بندی شدند (جدول ۲).

برای طبقه‌بندی درست تصاویر و انتخاب صحیح نقاط آموزش به برداشت نقاط آموزشی از راه سامانه گوگل ارث<sup>۶</sup>، بررسی میدانی، ترکیب رنگی کاذب<sup>۷</sup> و استفاده از شاخص‌های به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای مانند شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی<sup>۸</sup> برای تشخیص پوشش گیاهی، شاخص نرمال شده اختلاف مناطق پوشیده از آب<sup>۹</sup> برای بررسی بسترهای آبی و شاخص نرمال شده اختلاف مناطق شهری<sup>۱۰</sup> برای بررسی مناطق شهری و انسان ساخت استفاده شد. جزئیات هر کدام از این شاخص‌ها در (جدول ۳) آورده شده است. پس از طبقه‌بندی تصاویر برای سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ در چهار کاربری اراضی کشاورزی، بسترهای آبی، مناطق انسان شهری و انسان ساخت و سایر کاربری‌ها دقت این طبقه‌بندی ارزیابی شد. برای ارزیابی صحت کاربری‌های تولید شده بین کاربری تولید شده و واقعیت زمینی ماتریس خطا<sup>۱۱</sup> ایجاد شد و در این ماتریس، دقت تهیه کننده<sup>۱۲</sup>، دقت کاربر<sup>۱۳</sup>، صحت کلی<sup>۱۴</sup> و ضریب کاپا<sup>۱۵</sup> محاسبه شد (کوالست<sup>۱۶</sup>، ۱۹۹۱).

### پیش‌بینی با مدل ترکیبی CA-Markov

مدل Ca-Markov تلفیقی از سلول خودکار و زنجیره مارکوف است که با در نظر گرفتن ساختار مکانی و جهت‌های جغرافیایی تغییرات پیکسلی کاربری‌های مختلف را از سالی به سال دیگر را نشان می‌دهد (سورابودین موندال<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۳).

1- FLAASH

2- Universal Transverse Mercator (UTM) projection system datum World Geodetic System (WGS) 1984

3- Maximum Likelihood Classification

4- Biro

5- Suleiman

6- Google Eaeth

7- False Color Composite (FCC)

8- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

9- Normalized Difference Water Index (NDWI)

10- Normalized Difference Built-Up Index (NDBI)

11- Confusion matric

12- Producer accuracy

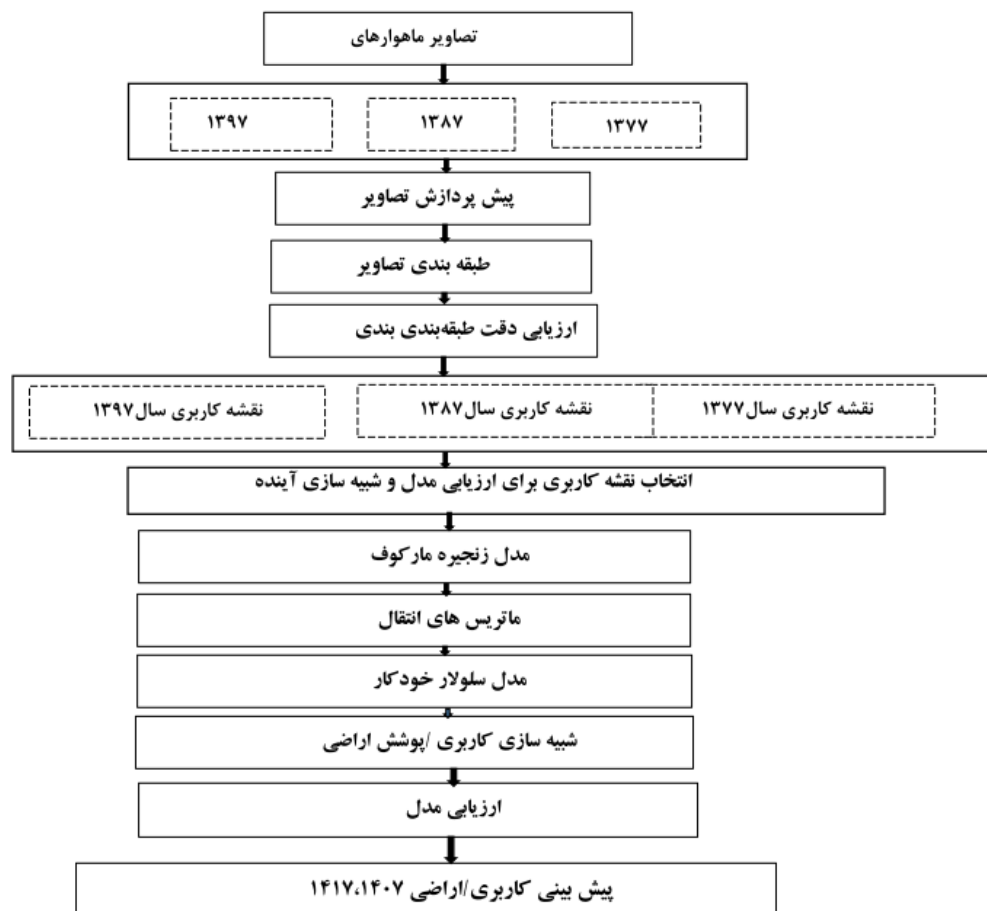
13- User's accuracy

14- Overall accuracy

15- Kappa index

16- Kvalseth

17- Surabuddin Mondal



شکل ۲. خلاصه مراحل انجام پژوهش

جدول ۲. خصوصیات کاربری های استفاده شده

| کاربری و استفاده زمین   | توضیحات                                                                                   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| زمین های کشاورزی        | شامل زمین های کشاورزی، باغی، زراعی و اراضی آیش                                            |
| مناطق شهری - انسان ساخت | محیط توسعه یافته شامل همه مناطق مسکونی، تجاری و صنعتی، مناطق شهری و زیرساخت های حمل و نقل |
| پهنه های آبی            | دریاچه، تالاب، استخرها و سدها                                                             |
| سایر کاربری ها          | شامل کاربری های دیگر به جز اراضی کشاورزی، مناطق شهری - انسان ساخت پهنه های آبی            |

جدول ۳. جزئیات شاخص های به دست آمده از تصاویر ماهواره لندست استفاده شده در پژوهش حاضر

| توضیحات                                                              | دامنه       | شاخص                             |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|
| شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (توکر <sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۸۶) | بین ۱- تا ۱ | $NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$     |
| شاخص نرمال شده اختلاف مناطق پوشیده از آب (گائو <sup>۲</sup> ، ۱۹۹۶)  | بین ۱- تا ۱ | $NDWI = \frac{NIR-SWR}{NIR+SWR}$ |
| شاخص نرمال شده اختلاف مناطق شهری (زا <sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۳)   | بین ۱- تا ۱ | $NDBI = \frac{SWR-NIR}{SWR+NIR}$ |

( $NIR^f$  = باند مادون قرمز،  $R^d$  = باند قرمز و  $SWR^e$  = باند قرمز کوتاه)

1- Tucker

2- Gao

3- Zha

4- Near Infrared (NIR)

5- Red

6- Short-Wave infrared (SWIR)

این مدل ترکیبی از سلول خودکار، زنجیره مارکوف، مکان پیکسل و پیش بینی کاربری ها و همچنین اضافه کردن ساختار مکانی و توزیع جغرافیایی کاربری در زنجیره مارکوف را نیز شامل می شود (سورابودین و همکاران، ۲۰۱۳؛ کومار<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). این مدل با به کارگیری احتمال تغییر طبقات کاربری اراضی به یکدیگر در قالب یک ماتریس تغییر وضعیت کاربری ها و بر مبنای تغییرات صورت گرفته بین زمان اول و دوم محاسبه می شود (ارسنجان<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). ساختار مدل برای چهار طبقه کاربری اراضی کشاورزی، پهنه های آبی، مناطق شهری و انسان ساخت و سایر کاربری ها به صورت زیر است:

$$t_{LULC_{ij}} = \begin{cases} 1 = \text{اراضی کشاورزی} \\ 2 = \text{مناطق شهری و انسان ساخت} \\ 3 = \text{پهنه آبی} \\ 4 = \text{سایر کاربری ها} \end{cases}$$

انتقال سلول ها از زمان  $t$  به زمان  $t+1$  به موقعیت سلول، سلول همسایه و مجموعه ای از انتقالات وابسته است. روند انتقال سلول کاربری ها از سال اول به دوم به صورت زیر محاسبه می شود (رابطه ۱):

$$t+1_{LULC_{i,j}} = f\left(\left(t_{LULC_{i,j}}\right) \cdot \left(t_{S_{i,j}}\right) \cdot \left(t_{P_{x,y,i,j}}\right) \cdot \left(t_{N_{i,j}}\right)\right) \quad \text{رابطه ۱}$$

در اینجا  $t+1_{LULC_{i,j}}$ : موقعیت سلول  $i,j$  هر کاربری در زمان  $t+1$  در حالی که  $t_{LULC_{i,j}}$ : موقعیت سلول  $i,j$  در زمان  $t$ ،  $t_{S_{i,j}}$ : شاخص مناسب بودن سلول  $i,j$  در زمان  $t$ ،  $t_{P_{x,y,i,j}}$ : احتمال تغییر سلول  $i,j$  از  $x$  به  $y$  و  $t_{N_{i,j}}$ : شاخص همسایگی سلول  $i,j$  است. این پیش بینی در نرم افزار ایدرسی سلوا<sup>۳</sup> انجام شد.

### ارزیابی مدل

در نوشتار پیش رو، برای ارزیابی مدل از نقشه کاربری سال ۱۳۹۷ استفاده شد؛ که ابتدا با استفاده از نقشه سال های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۷ نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۷ شبیه سازی شد؛ سپس، این نقشه شبیه سازی شده با نقشه واقعی زمینی سال ۱۳۹۷ مقایسه شد و مقدار صحت و تطابق این مدل برآورد گردید. برای ارزیابی مدل از پارامترهای کاپا استفاده شد. مطالعات مختلف (موسمم<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۷، مونسرودال<sup>۵</sup>، ۱۹۹۰) بیان کردند که مقدار این شاخص کاپا بین ۱- و ۱ هست و ضریب کاپا بالای ۰/۸ مناسب بودن طبقه بندی با نمونه های واقعی را نشان می دهد (ویرا و گاریت<sup>۶</sup>، ۲۰۰۵)، پس از تأیید اعتبار مدل نقشه چهار کلاسه کاربری برای سال های ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ پیش بینی شد.

### تغییرات کاربری و استفاده از زمین

تحلیل روند تغییرات کاربری و استفاده از زمین برای تصمیم گیری های آینده بسیار مهم است. برای بررسی تغییرات کلاس های طبقه بندی سال های مورد نظر، تغییرات بین سال های ۱۳۷۷، ۱۳۸۷، ۱۳۹۷، ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ بررسی شد. در این راستا، با استفاده از رابطه های ۲ و ۳ تغییرات کلاس های مختلف بر حسب درصد (گاشاو و همکاران، ۲۰۱۴) و نرخ تغییرات (هسن<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) به ترتیب محاسبه شد.

$$\text{Percent of change} = \left( \frac{A-B}{B} \right) * 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\text{Rate of change (ha/year)} = \left( \frac{A-B}{C} \right) \quad \text{رابطه ۳}$$

که در اینجا A: مساحت کاربری و پوشش اراضی در سال دوم؛ B: مساحت کاربری و پوشش اراضی در سال اول و C: فاصله زمانی بین سال دوم و اول است؛ و در نهایت روند تغییرات بین این دوره چهار ساله به دست آمد.

### نتایج

نتایج ارزیابی دقت چهار کاربری اراضی کشاورزی، بسترهای آبی، مناطق انسان شهری و انسان ساخت و سایر کاربری حوضه دریاچه ارومیه در بازه زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ نشان داد که دقت کلی بالای ۹۱٪ و ضریب کاپا نیز بالای ۰/۹۳ بوده که این نشان دهنده دقت مناسب و کافی نقشه‌های کاربری تهیه شده است (جدول ۴).

تجزیه تحلیل الگوهای تغییرات منطقه مورد مطالعه نشان داد که پوشش گیاهی و مناطق مسکونی نسبت به سال ۱۳۷۷ در حال افزایش بوده، این در حالی است که عرصه پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها در طول این سه دهه در حال کاهش بوده‌اند (شکل ۳). در طول این دوره مساحت پوشش گیاهی، مناطق شهری و انسان ساخت و سایر کاربری‌ها به ترتیب از ۱۲/۵۵٪، ۰/۹۳٪ و ۶۶/۰۸٪ در سال ۱۳۷۷ به ۱۵/۸۶٪، ۳/۶۷٪ و ۶۶/۷۹٪ در سال ۱۳۹۷ رسیده است (جدول ۵).

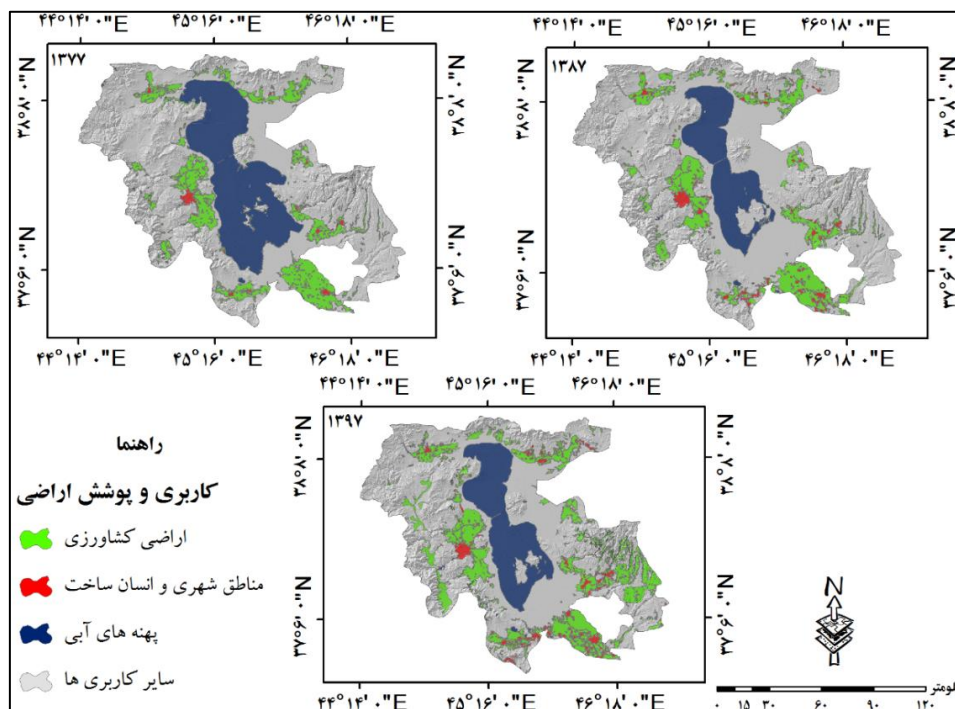
بین سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ و ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ به ترتیب زمین‌های کشاورزی ۲٪ و ۳۶/۵٪ افزایش و به‌طور مشابه اراضی شهری و انسان ساخت نیز به ترتیب افزایش ۱۶۰ و ۴۸/۳٪ را نشان داده است. در حالی که بین سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها به ترتیب کاهش و افزایش ۴۴ و ۱۰/۹ درصدی داشته است. بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ نیز پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها به ترتیب افزایش و کاهش ۱۷/۲ و ۱۰/۶ درصدی نشان داده‌اند. به‌طور کلی بین سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ روند تغییرات زمین‌های کشاورزی و اراضی شهری و انسان ساخت به ترتیب افزایش ۱۱۹/۴ و ۳۱ کیلومتر مربع داشته این در حالی است که پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها به ترتیب ۷۶/۸ و ۲۱/۷ کیلومتر مربع کاهش را نشان داده است (جدول ۶).

براساس نتایج جدول ۷، ضریب کاپا به‌منظور ارزیابی مدل، بالای ۰/۸ بوده که نشان دهنده دقت بالای مدل برای پیش‌بینی آینده است (ویرا و گاریت، ۲۰۰۵). مقایسه نقشه پیش‌بینی شده با نقشه واقعیّت زمینی سال ۱۳۹۷ (شکل ۳) نشان می‌دهد که از نظر منطقی کمابیش به هم شبیه هستند (شکل ۳ الف و ب).

جدول ۴. ارزیابی دقت کلاس‌های کاربری‌های سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ حوضه دریاچه ارومیه

| سال                     | ۱۳۷۷           | ۱۳۸۷      | ۱۳۹۷           |           |             |
|-------------------------|----------------|-----------|----------------|-----------|-------------|
| کلاس کاربری             | دقت تهیه‌کننده | دقت کاربر | دقت تهیه‌کننده | دقت کاربر | دقت کلی (%) |
|                         | (%)            | (%)       | (%)            | (%)       | (%)         |
| اراضی کشاورزی           | ۹۸/۴           | ۹۱/۲      | ۸۰/۶           | ۹۱/۳      | ۸۹/۴        |
| مناطق شهری و انسان ساخت | ۸۶/۳           | ۹۸/۶      | ۹۳/۸۵          | ۹۰/۴۰     | ۸۸/۹۸       |
| پهنه‌های آبی            | ۹۵/۸           | ۸۷/۳      | ۹۴/۹۸          | ۹۳/۹      | ۹۰/۸        |
| سایر کاربری‌ها          | ۹۵             | ۹۶/۸      | ۸۵/۸۰          | ۸۶/۲      | ۸۹/۲        |
| دقت کلی (%)             | ۹۴/۷           |           | ۹۲/۴           |           | ۹۱/۵        |
| ضریب کاپا               | ۰/۹۸           |           | ۰/۹۵           |           | ۰/۹۳        |

از طرفی مقایسه مساحت کاربری‌ها نیز این را تأیید می‌کند؛ به‌طوری که مساحت کاربری‌های اراضی کشاورزی، مناطق شهری و انسان‌ساخت، پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها به‌ترتیب در نقشه واقعیت زمینی ۱۷/۴۷٪، ۳/۶٪، ۱۳/۴۱٪، ۵۱/۵۱٪ و در نقشه پیش‌بینی‌شده ۲۲/۳۸٪، ۴/۲۴٪، ۱۳/۴۳٪، ۵۹/۹۲٪ مساحت منطقه بوده است (شکل ۳ ج).



شکل ۳. نقشه کاربری سال ۱۳۸۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۹۷ حوضه دریاچه ارومیه

جدول ۵. مساحت و درصد مساحت کاربری‌های حوضه دریاچه ارومیه

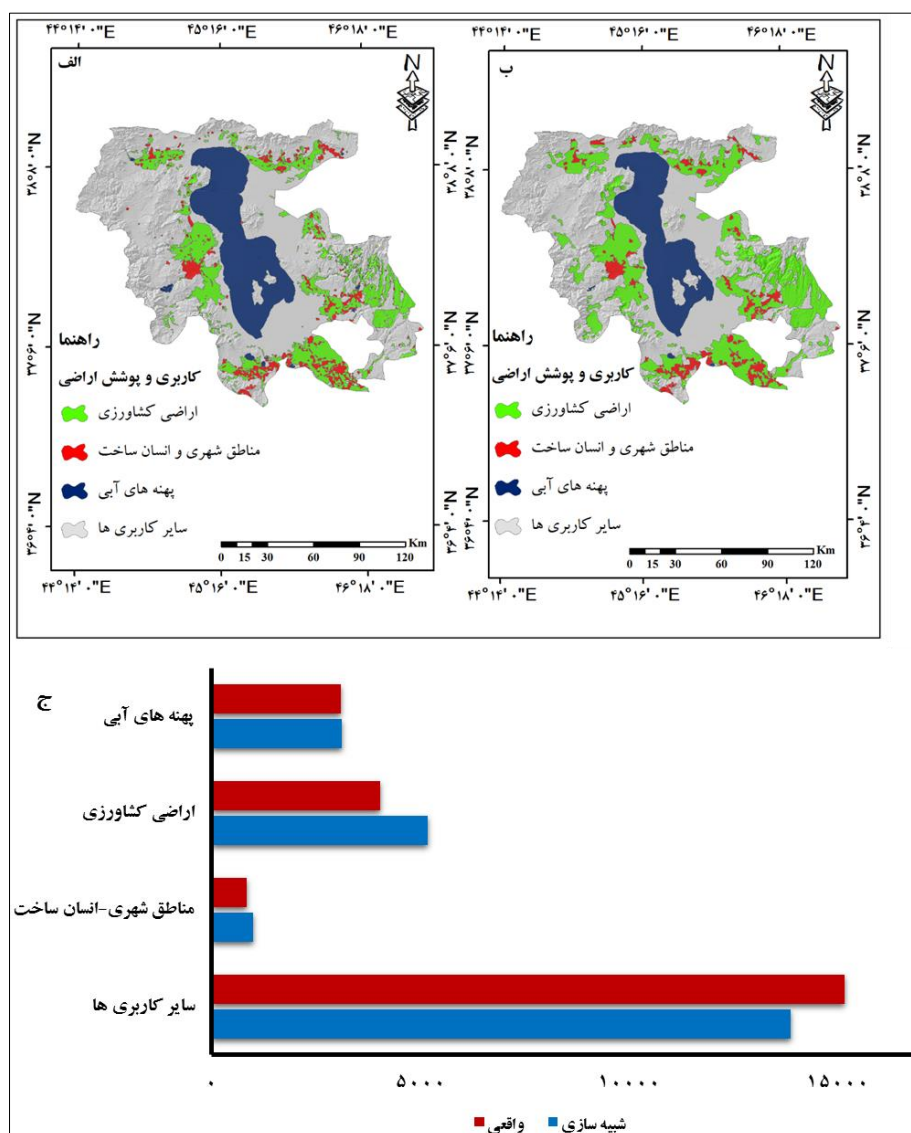
| کاربری / پوشش زمین      | ۱۳۷۷                 |            | ۱۳۸۷                 |            | ۱۳۹۷                 |            |
|-------------------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|
|                         | مساحت (کیلومتر مربع) | درصد مساحت | مساحت (کیلومتر مربع) | درصد مساحت | مساحت (کیلومتر مربع) | درصد مساحت |
| اراضی کشاورزی           | ۲۸۵۲                 | ۱۳         | ۲۹۲۲                 | ۱۲/۹       | ۳۶۰۴                 | ۱۵/۸       |
| مناطق شهری و انسان‌ساخت | ۲۱۳                  | ۰/۹۳       | ۵۵۱                  | ۲/۴        | ۸۳۴                  | ۳/۷        |
| پهنه‌های آبی            | ۴۶۴۱/۳               | ۲۰/۷       | ۲۵۹۸/۳               | ۱۱/۵       | ۳۱۰۶/۳               | ۱۳/۷       |
| سایر کاربری‌ها          | ۱۵۰۱۲/۳              | ۶۶         | ۱۶۶۴۷/۳              | ۱۳/۳       | ۱۵۱۷۴/۳              | ۶۶/۸       |
| کل                      | ۲۲۷۱۸/۶              | ۱۰۰        | ۲۲۷۱۸/۶              | ۱۰۰        | ۲۲۷۱۸/۶              | ۱۰۰        |

جدول ۶. نرخ و درصد مساحت تغییرات ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ کاربری‌های حوضه دریاچه ارومیه

| کاربری / پوشش زمین      | نرخ تغییرات (کیلومتر مربع / سال) |              |              |              |              |              |
|-------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                         | ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷                     | ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ | ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ | ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ | ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ | ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ |
| اراضی کشاورزی           | ۵/۵                              | ۱۱۳/۹        | ۱۱۹/۴        | ۲            | ۳۶/۵         | ۱۸/۰۱        |
| مناطق شهری و انسان‌ساخت | ۳۳/۹                             | ۲۸/۷         | ۳۱           | ۱۶۰          | ۴۸/۳         | ۸۲/۷         |
| پهنه‌های آبی            | -۲۰۴/۴                           | ۵۰/۸         | -۷۶/۸        | -۴۴          | ۱۷/۲         | -۲۰/۲        |
| سایر کاربری‌ها          | ۱۶۳/۴                            | -۱۴۷/۲       | -۲۱/۷        | ۱۰/۹         | -۱۰/۶        | -۶           |

جدول ۷. ضرایب کاپا برای ارزیابی نتایج

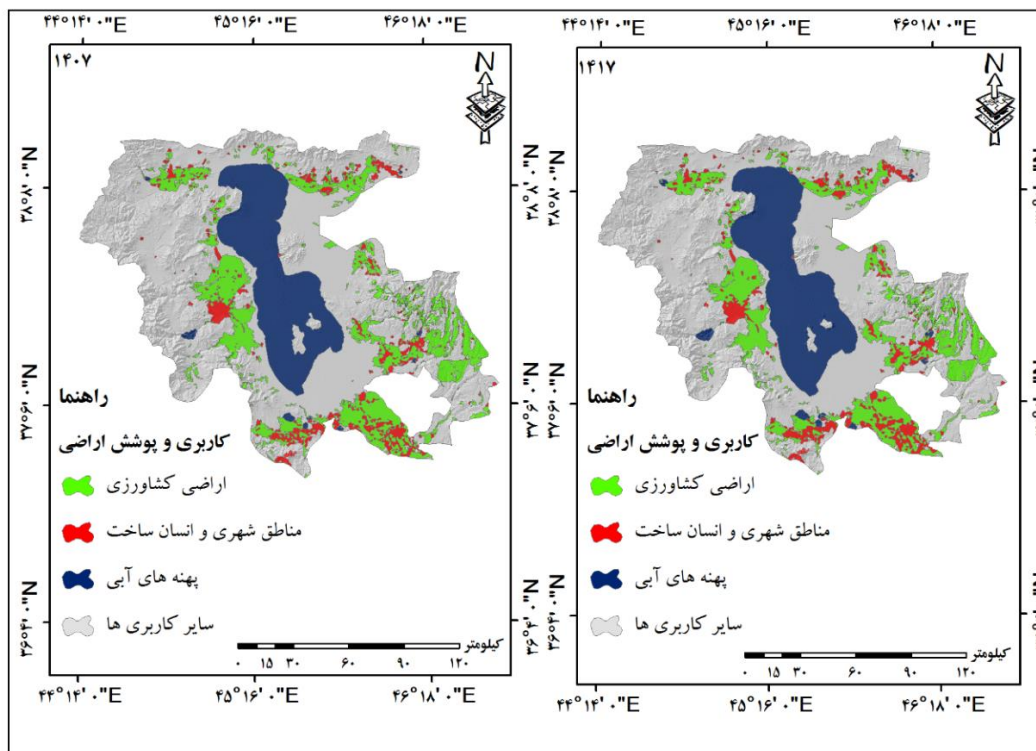
| ضریب کاپا | $K_{no}$ | $K_{location}$ | $K_{standard}$ |
|-----------|----------|----------------|----------------|
| مقدار     | ۰/۹۵     | ۰/۹۲           | ۰/۸۰           |



شکل ۳. الف: نقشه واقعیّت زمینی سال ۱۳۹۷؛ ب: نقشه پیش بینی شده سال ۱۳۹۷؛ ج: مساحت کاربری های واقعیّت زمینی و پیش بینی شده سال ۱۳۹۷ بر حسب کیلومتر مربع

### پیش بینی کاربری و استفاده از زمین برای سال های ۱۴۰۷ و ۱۴۰۱۷

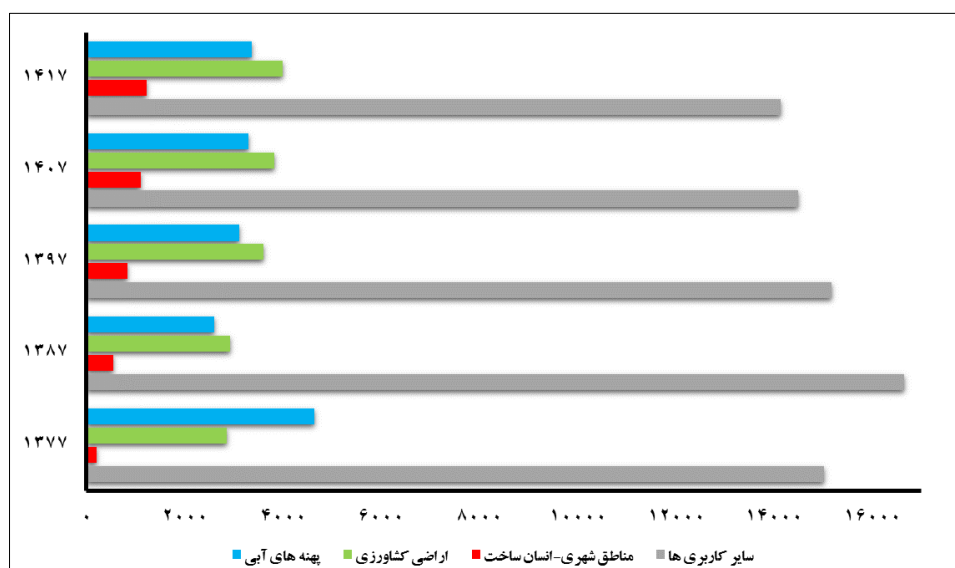
با توجه به مناسب بودن مدل سازی در پیش بینی کاربری سال ۱۳۹۷ و با استفاده از ماتریس احتمال انتقال بین سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ تغییرات کاربری بیست سال آینده؛ یعنی تا سال ۱۴۱۷ پیش بینی شد. نقشه سال ۱۳۹۷ به عنوان نقشه اولیه برای پیش بینی تغییرات در سال ۱۴۰۷ و مشابه آن نقشه سال ۱۴۰۷ به منزله نقشه اولیه برای پیش بینی تغییرات در سال ۱۴۱۷ استفاده شد. پیش بینی تغییرات سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ نشان می دهد که زمین های کشاورزی، مناطق شهری و انسان ساخت، پهنه های آبی در حال افزایش است؛ این در حالی است که سایر کاربری ها در حال کاهش است (شکل ۴). براساس جدول ۸ روند کاربری های اراضی کشاورزی، مناطق شهری و انسان ساخت، پهنه های آبی در حال افزایش است؛ حال آنکه سایر کاربری ها در حال کاهش هستند. بر این اساس، بین سال ۱۴۰۷ تا ۱۴۱۷ بیشترین درصد تغییرات افزایش مربوط به مناطق شهری و انسان ساخت با ۹/۴۸٪ و پس از آن، مربوط به زمین های کشاورزی و پهنه های آبی به ترتیب با ۴/۱۸٪ و ۱/۷۷٪ بوده است؛ برخلاف این کاربری ها سایر کاربری ها در این بازه زمانی ۲/۴۲٪ کاهش داشته است.



شکل ۴. تغییرات کاربری و پوشش اراضی شبیه‌سازی‌شده سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷

جدول ۸. نرخ و درصد مساحت تغییرات سال ۱۴۰۷ تا ۱۴۱۷ شبیه‌سازی‌شده حوضه دریاچه ارومیه

| کاربری / پوشش زمین      | ۱۴۰۷                  |            | ۱۴۱۷                  |            | ۱۴۰۷ تا ۱۴۱۷                     |              |
|-------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|----------------------------------|--------------|
|                         | مساحت به کیلومتر مربع | درصد مساحت | مساحت به کیلومتر مربع | درصد مساحت | نرخ تغییرات (کیلومتر مربع / سال) | درصد تغییرات |
| اراضی کشاورزی           | ۳۸۲۸/۹                | ۱۶/۹       | ۳۹۹۶/۱                | ۱۷/۶       | ۱۶۷/۲                            | ۰/۷          |
| مناطق شهری و انسان‌ساخت | ۱۱۰۶/۷                | ۴/۹        | ۱۲۲۲/۷                | ۵/۴        | ۱۱۵/۹                            | ۰/۵          |
| پهنه‌های آبی            | ۳۲۹۸/۲                | ۱۴/۵       | ۳۳۵۷/۶                | ۱۴/۸       | ۵۹/۴                             | ۰/۳          |
| سایر کاربری‌ها          | ۱۴۴۸۴/۸               | ۶۳/۸       | ۱۴۱۴۲/۲               | ۶۲/۲       | -۳۴۲/۶                           | -۱/۵         |
| کل                      | ۲۲۷۱۸/۶               | ۱۰۰        | ۲۲۷۱۸/۶               | ۱۰۰        |                                  |              |



شکل ۵. کاربری اراضی و پیش‌بینی‌شده بین سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۷۷ برحسب کیلومتر مربع

## بحث

نتایج به دست آمده نشان داد که بین سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ به سرعت پهنه های آبی کاهش داشته این در حالی است که مناطق شهری و انسان ساخت و زمین های کشاورزی افزایش را نشان داده اند. نتایج گزارش شده از پژوهش ها با استفاده از داده های ایستگاه های هواشناسی موجود در منطقه و داده های ماهواره ای نشان داده است که حوضه دریاچه ارومیه در این بازه زمانی تحت تأثیر خشک سالی های مختلف بوده که باعث کاهش نزولات آسمانی شده است (رضایی بنفشه<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۳۹۴؛ کاظم پور چورسی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعه بارانی پسیان و همکاران (۱۳۹۶) بر روی خشک شدن دریاچه ارومیه نشان داد که بین دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ روند خشک شدن دریاچه به شدت رو به افزایش بوده است، به طوری که مساحت دریاچه در این سال ها از ۴۷۹۱/۹ کیلومتر مربع به ۹۴۲/۸ کیلومتر مربع رسیده است؛ از سویی، با توجه به اینکه اقتصاد منطقه مورد مطالعه بر پایه کشاورزی است، روند افزایش کشاورزی همچنان ادامه داشته است. نتایج نشان داد که بین سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ افزایش در کاربری های پهنه های آبی، مناطق شهری و انسان ساخت و زمین های کشاورزی مشهود بوده، این در حالی است که در سایر کاربری ها روند کاهشی داشته است؛ همچنین بین سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ زمین های کشاورزی و اراضی شهری انسان ساخت به ترتیب افزایش ۳/۳۱ و ۲/۷۴ درصدی داشته، اما پهنه های آبی و سایر کاربری ها به ترتیب ۸۷/۶٪ و ۷۱/۰٪ کاهش نشان داده است.

پژوهش حسن زاده و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که حوضه دریاچه ارومیه در سال های اخیر با مشکلات متعددی از جمله خشک سالی، استفاده بیش از حد از آب سطحی و احداث سد روبه رو بوده است. این مشکلات سطح آب دریاچه را در طول ده سال اخیر به زیر یک چهارم سطح کاهش داده اند؛ همچنین توریان<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه روی حوضه دریاچه ارومیه بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ کاهش سطح این دریاچه را گزارش دادند که علت این کاهش سطح را دلایل زنجیروار وابسته به هم بیان کردند. از مهم ترین این دلایل، فعالیت های انسانی است که از این فعالیت های انسانی، استفاده سنتی از آب زیرزمینی برای کشاورزی و ذخیره آب در پشت سدها را می توان نام برد. روند کاهشی در پهنه های آبی و زمین های کشاورزی افزایشی بوده؛ زیرا شغل اصلی مردم همچنان کشاورزی بر پایه آب های زیرزمینی بوده است و از سویی مناطق شهری و انسان ساخت با توجه به جمعیت در حال رشد افزایشی بوده است (بخشیان لاموکی و همکاران، ۲۰۲۰؛ حسن زاده و همکاران، ۲۰۱۱).

در پژوهش حاضر برای شبیه سازی و پیش بینی تغییرات کاربری در آینده از تکنیک ترکیب مدل سلول خودکار و مدل زنجیره مارکوف استفاده شده است. از آنجاکه مدل سلول خودکار تحت تأثیر نوع سلول مجاور و اندازه آن است (وانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۲) و همچنین در مدل زنجیره مارکوف ابعاد و توزیع مکانی کاربری های تعریف شده در نظر گرفته نمی شود (ارسنجانی و همکاران، ۲۰۱۲)؛ بنابراین ترکیب این دو روش دقت شبیه سازی و پیش بینی را بهبود می بخشد. دقت پیش بینی مدل ترکیبی Ca-Markov با استفاده از ضریب کاپا بالاتر از ۸۰٪ برآورد شد. اگر ضریب کاپا بین نقشه تولید شده با نقشه واقعی زمین بیش از ۸۰٪ باشد، نشان دهنده دقت بالای مدل برای شبیه سازی است (ماهر اوبراس و همکاران، ۲۰۱۶؛ مسمم، ۲۰۱۶؛ ناسحی<sup>۴</sup> و صالحی<sup>۵</sup>، ۲۰۱۹؛ منصور و همکاران، ۲۰۲۰).

1- Rezaei Banafsheh

2- Tourian

3- Wang

4- Nasehi

5- Salehi



در ارزیابی تغییرات جنگل‌های مانگرو جنوب ایران و پیش‌بینی تغییرات آن‌ها با استفاده از مدل ترکیبی Ca-Markov ضریب کاپا بالای ۰.۸۶ بین نقشه واقعیّت زمینی و پیش‌بینی برآورد شد که بیانگر دقت بالای این مدل ترکیبی است (اعتمادی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸؛ هاملی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). پایش تغییرات کاربری اراضی عمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل Ca-Markov نشان داد که بین نقشه‌های شبیه‌سازی‌شده سال ۲۰۱۸ و ۲۰۰۸ با نقشه‌های واقعیّت زمینی آن‌ها با توجه به ضریب کاپا بالای ۰.۸۵ همخوانی بالایی وجود دارد (منصور و همکاران، ۲۰۲۰)؛ بنابراین نتایج مدل ترکیبی Ca-Markov با توجه به کارایی و دقت بالای آن در مناطق مختلف کارآمد بوده و برای پیش‌بینی آینده بسیار مفید است. نتایج پیش‌بینی با استفاده از مدل Ca-Markov برای سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ نشان داد که زمین‌های کشاورزی، مناطق شهری و انسان‌ساخت، پهنه‌های آبی نسبت به سال ۱۳۹۷ افزایشی بوده و سایر کاربری‌ها در این مدت زمانی کاهشی بوده است. این درحالی است که کاربری اراضی کشاورزی، مناطق شهری و انسان ساخت در سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ نسبت به ۱۳۷۷ افزایش داشته و پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها در این بازه زمانی کاهش داشته‌اند. برحسب این نتایج می‌توان بیان کرد، اگرچه بین سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۴۱۷ روند افزایشی پهنه آبی مشاهده می‌شود؛ ولی این افزایش از سال ۱۳۹۷ مشاهده شده است؛ اما تا سال ۱۳۹۷ روند همچنان کاهشی بوده است (توریان و همکاران، ۲۰۱۵). با این حال، پهنه‌های آبی و سایر کاربری‌ها روند کاهشی داشته ولی کاربری اراضی کشاورزی، مناطق شهری و انسان ساخت روند افزایشی را نشان می‌دهد.

### نتیجه‌گیری

نوشتار پیش رو با هدف آشکارسازی تغییرات و بررسی تحلیل مکانی و زمانی تغییرات کاربری‌های در حوضه دریاچه ارومیه و در طول دوره ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ با ترکیب روش‌های سنجش از دوری و سیستم اطلاعات مکانی انجام شد؛ سپس، با استفاده از روش تلفیقی CA-Markov کاربری‌ها تا سال ۱۴۱۷ پیش‌بینی شد. مطالعات نشان داده است که تلفیق دو روش سلول خودکار و زنجیره مارکوف برای پایش و شبیه‌سازی کاربری‌های آینده در مناطق مختلف بسیار مفید بوده و در بعضی مناطق با ضریب کاپا ۰.۸۵ دقت بالای شبیه‌سازی را نشان داده است. برای این هدف از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال برای تولید نقشه کاربری و استفاده زمین از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و OLI به‌ترتیب برای سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ استفاده شد؛ بنابراین استفاده از روش ترکیبی Ca-Markov در پژوهش حاضر مدّ نظر قرار گرفت که با توجه به ضریب کاپای بالای ۰.۸۰ در مناطق مختلف کارآمد بوده و برای پیش‌بینی آینده بسیار مفید است؛ همچنین با توجه به نتایج شبیه‌سازی کاربری‌های مورد استفاده این مدل ترکیبی توانایی پایش تغییرات مکانی و زمانی را با محدودیت کمتر و دقت بالاتر در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد.

روند تغییرات کاربری در حوضه دریاچه ارومیه به‌طور مستقیم بر منابع طبیعی و اکوسیستم‌های اطراف آن به‌ویژه حیات دریاچه که اثر مستقیم بر درآمد و زندگی ساکنان این حوضه دارد، مؤثر است. از آنجاکه این حوضه در طول چند دهه اخیر شاهد تغییرات شدید اقلیمی مانند خشک‌سالی‌های شدید بوده که این تغییرات شدید تأثیرات مخرب به‌سزایی بر منابع طبیعی، تغییرات محیط‌زیست و افزایش تقاضای ناشی از توسعه‌های اقتصادی داشته است. با توجه به مشکلات ذکرشده، بررسی تغییرات سطح دریاچه، تولیدات کشاورزی، رشد شهری و سایر کاربری‌ها برای برنامه‌ریزی‌های آینده با استفاده از داده‌های سنجش از دوری گذشته و حال و دقت بالای روش ترکیبی Ca-Markov بسیار کارآمد خواهد بود. رویکرد اتخاذشده در نوشتار پیش رو می‌تواند با پیش‌بینی تغییرات کاربری

1- Etemadi

2- Halmy

آینده در حوزه دریاچه ارومیه خسارت‌ها و تغییرات احتمالی را محاسبه کرده و متناسب با این تغییرات، سیاست‌های درست و به‌موقع را اتخاذ کنند.

## منابع

بارانی پسبان، وحید، پوراکرمی، محمد؛ فتوحی مهربانی، باقر؛ پوراکرمی، سعید (۱۳۹۶). تحلیل روند خشک شدن دریاچه ارومیه و مهم‌ترین تأثیرات آن بر سکونتگاه‌های پیرامونی. پژوهش‌های روستایی، ۸ (۳)، ۴۳۸-۴۵۳.

کاظم‌پور چورسی، سیما؛ عرفانیان، مهدی؛ عبادی نهاری، زهرا (۱۳۹۸). ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای MODIS و TRMM در پایش خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳۰ (۲)، ۱۷-۳۴.

## References

- Abadi, B. (2020). Farmers' intention to participate in environmental nongovernmental organizations: evidence of northwest Iran. *Social and Economic Development*, 56, 1-22.
- Aburas, M. M., Ho, Y. M., Ramli, M. F. & Ash'aari, Z. H. (2016). The simulation and prediction of spatio-temporal urban growth trends using cellular automata models: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52, 380-389.
- Alsharif, A. A. & Pradhan, B. (2014). Urban sprawl analysis of Tripoli Metropolitan city (Libya) using remote sensing data and multivariate logistic regression model. *the Indian Society of Remote Sensing*, 42 (1), 149-163.
- Alsharif, A. A. & Pradhan, B. (2016). Spatio-temporal prediction of urban expansion using bivariate statistical models: assessment of the efficacy of evidential belief functions and frequency ratio models. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 9 (2), 213-231.
- Arsanjani, J. J., Kainz, W. & Mousivand, A. J. (2011). Tracking dynamic land-use change using spatially explicit Markov Chain based on cellular automata: the case of Tehran. *International Journal of Image and Data Fusion*, 2 (4), 329-345.
- Bakhshianlamouki, E., Masia, S., Karimi, P., van der Zaag, P. & Sušnik, J. (2020). A system dynamics model to quantify the impacts of restoration measures on the water-energy-food nexus in the Urmia lake Basin, Iran. *Science of the Total Environment*, 708, 134874.
- Barani Pesyan, V.; Porakrami, M; Fotouhi Mehrbani. B. & Porkaram, S. (2017). The Investigation of Lake Urmia Drying Trend and Its Important Consequence on the Surrounding Settlements. *Rural Research*, 8 (3), 438-453 (In Persian)
- Barredo, J. I., Kasanko, M., McCormick, N. & Lavallo, C. (2003). Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *Landscape and Urban Planning*, 64 (3), 145-160.
- Belete, M., Deng, J., Abubakar, G. A., Teshome, M., Wang, K., Woldetsadik, M., ... & Gudo, A. (2020). Partitioning the Impacts of Land Use/Land Cover change and Climate Variability on Water Supply over the Source Region of Blue Nile Basin. *Land Degradation & Development*. 52, 152-168.
- Biro, K., Pradhan, B., Buchroithner, M. & Makeschin, F. (2013). Land use/land cover change analysis and its impact on soil properties in the northern part of Gadarif region, Sudan. *Land Degradation & Development*, 24 (1), 90-102.
- Clarke, K. C., Hoppen, S. & Gaydos, L. (1997). A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. *Environment and Planning B: Planning and design*, 24 (2), 247-261.
- Dadhich, P. N. & Hanaoka, S. (2011). Spatio-temporal urban growth modeling of Jaipur, India. *Journal of Urban Technology*, 18 (3), 45-65.
- Etemadi, H., Smoak, J. M. & Karami, J. (2018). Land use change assessment in coastal mangrove forests of Iran utilizing satellite imagery and CA-Markov algorithms to monitor and predict future change. *Environmental Earth Sciences*, 77 (5), 208.
- Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58 (3), 257-266.

- Gashaw, T., Bantider, A. & Mahari, A. (2014). Evaluations of land use/land cover changes and land degradation in Dera District, Ethiopia: GIS and remote sensing based analysis. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*, 2 (6), 199.
- Gashaw, T., Tulu, T., Argaw, M. & Worqlul, A. W. (2017). Evaluation and prediction of land use/land cover changes in the Andassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 6(1), 17.
- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T. & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222 (20-22), 3761-3772.
- Halmy, M. W. A., Gessler, P. E., Hicke, J. A. & Salem, B. B. (2015). Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. *Applied Geography*, 63 (2), 101-112.
- Hassanzadeh, E., Zarghami, M. & Hassanzadeh, Y. (2012). Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling. *Water Resources Management*, 26 (1), 129-145.
- Hassen, E. E. & Assen, M. (2018). Land use/cover dynamics and its drivers in Gelda catchment, Lake Tana watershed, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 6 (1), 4.
- He, C., Okada, N., Zhang, Q., Shi, P. & Zhang, J. (2006). Modeling urban expansion scenarios by coupling cellular automata model and system dynamic model in Beijing, China. *Applied Geography*, 26 (3-4), 323-345.
- Huang, Y., Yang, B., Wang, M., Liu, B. & Yang, X. (2020). Analysis of the future land cover change in Beijing using CA-Markov chain model. *Environmental Earth Sciences*, 79 (2), 60.
- Islam, K., Rahman, M. F. & Jashimuddin, M. (2018). Modeling land use change using cellular automata and artificial neural network: the case of Chunati Wildlife Sanctuary, Bangladesh. *Ecological Indicators*, 88 (4), 439-453.
- Kazempour Choursi, S., Erfanian, M. & Ebadi Nehari, Z. (2019). Evaluation of MODIS and TRMM Satellite Data for Drought Monitoring in the Urmia Lake Basin. *Geography and Environmental Planning*, 30 (2), 17-34 (In Persian)
- Kumar, K. S., Kumari, K. P. & Bhaskar, P. U. (2016). Application of Markov Chain & Cellular Automata based model for prediction of urban transitions. In 2016 *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)* 12 (4), 4007-4014.
- Kvalseth, T. O. (1991). A coefficient of agreement for nominal scales: An asymmetric version of Kappa. *Educational and psychological measurement*, 51 (1), 95-101.
- Mansour, S., Al-Belushi, M. & Al-Awadhi, T. (2020). Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques. *Land Use Policy*, 91, 104414.
- Monserud, R. A. (1990). *Methods for comparing global vegetation maps*.
- Moradi, M., Asadi, S. Shahbaz, H. (2017). *A brief report of Urmia Lake Restoration Program*. Available from the ULRP at: <http://www.ulrp.ir/wp-content/uploads/2019/03/Annual-Reoprt-2018.pdf>
- Mosammam, H. M., Nia, J. T., Khani, H., Teymouri, A. & Kazemi, M. (2017). Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial forms: The case of Qom city. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20 (1), 103-116.
- Nasehi, S. & Salehi, E. (2019). Simulation of land cover changes in urban area using CA-MARKOV model (case study: zone 2 in Tehran, Iran). *Modeling Earth Systems and Environment*, 5 (1), 193-202.
- Othman, A. A., Al-Saady, Y. I., Al-Khafaji, A. K. & Gloaguen, R. (2014). Environmental change detection in the central part of Iraq using remote sensing data and GIS. *Arabian Journal of Geosciences* 7 (3), 1017-1028.
- Pradhan, B. & Suleiman, Z. (2009). Landcover mapping and spectral analysis using multi-sensor satellite data fusion techniques: case study in Tioman Island, Malaysia. *Geomatics*, 3 (2), 71-78.
- Prestele, R., Alexander, P., Rounsevell, M. D., Arneth, A., Calvin, K., Doelman, J. ... & Havlik, P.

- (2016). Hotspots of uncertainty in land-use and land-cover change projections: a global-scale model comparison. *Global Change Biology*, 22 (12), 3967-3983.
- Rawat, J. S. & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18 (1), 77-84.
- Rezaei Banafsheh, M., Rezaei A. & Faridpour M. (2015). Analyzing Agricultural Drought in East Azarbaijan Province Emphasizing Remote Sensing Technique and Vegetation Condition Index. *Water and Soil Science*, 25 (1), 113-123.
- Riebsame, W. E., Meyer, W. B., & Turner, B. L. (1994). Modeling land use and cover as part of global environmental change. *Climatic change*, 28 (1-2), 45-64.
- Roodposhti, M. S., Aryal, J. & Bryan, B. A. (2019). A novel algorithm for calculating transition potential in cellular automata models of land-use/cover change. *Environmental modelling & software*, 112 (1), 70-81.
- Shu, Bangrong, Shouhong Zhu, Yi Qu, Honghui Zhang, Xin Li & Gerrit, J. (2020). "Modelling multi-regional urban growth with multilevel logistic cellular automata." *Computers, Environment and Urban Systems*. 80 (2), 101-114.
- Surabuddin Mondal, M., Sharma, N., Kappas, M. & Garg, P. K. (2013). Modeling of spatio-temporal dynamics of land use and land cover in a part of Brahmaputra River basin using Geoinformatic techniques. *Geocarto International*, 28 (7), 632-656.
- Tourian, M. J., Elmi, O., Chen, Q., Devaraju, B., Roohi, S. & Sneeuw, N. (2015). A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of Lake Urmia in Iran. *Remote Sensing of Environment*, 156 (2), 349-360.
- Tucker, C. J., Fung, I. Y., Keeling, C. D. & Gammon, R. H. (1986). Relationship between atmospheric CO<sub>2</sub> variations and a satellite-derived vegetation index. *Nature*, 319 (6), 195-199.
- Turner, M. G. & Ruscher, C. L. (1988). Changes in landscape patterns in Georgia, USA. *Landscape ecology*, 1 (4), 241-251.
- Wakode, H. B., Baier, K., Jha, R. & Azzam, R. (2014). Analysis of urban growth using Landsat TM/ETM data and GIS—a case study of Hyderabad, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 7 (1), 109-121.
- Wang, S. Q., Zheng, X. Q. & Zang, X. B. (2012). Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13 (6), 1238-1245.
- Youssef, A. M., Pradhan, B. & Tarabees, E. (2011). Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: contribution from the analytic hierarchy process. *Arabian Journal of Geosciences*, 4 (3-4), 463-473.
- Zha, Y., Gao, J. & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International journal of remote sensing*, 24 (3), 583-594.



## Assessing the Trend of Landcover Changes in Asaloyeh - Shirino Coastline Applying LCM Model

Siavash Shayan<sup>1\*</sup>, Maysa Vali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Natural Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

### ARTICLE INFO

*Article Type:* Research article

*Article history:*

Received 8 June 2020

Accepted 22 July 2020

Available online 27 August 2020

*Keywords:*

Land Cover, LCM, Shoreline  
Fluctuations, Asaloyeh.

*Citation:* Shayan, S., Vali, M. (2020). Assessing the Trend of Landcover Changes in Asaloyeh - Shirino Coastline Applying LCM Model. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (2), 73-88.

doi: [10.22126/GES.2020.5360.2243](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5360.2243)

### ABSTRACT

Population growth, development of residential areas, as well as man-made land use, are causing landcover change. Shorelines are more sensitive to landcover change. Therefore, the current study aims to evaluate the trend of landcover changes in the southeast of Bushehr province from Asaloyeh city to Shirino village. The study used Landsat satellite images from the 1990, 2000, 2010 and 2019 and the LCM model to assess the trend of landcover change. The procedure is that first the landcover maps are prepared and then the process of land use change changes, changes in other landcovers to man-made areas and also the coastline change process is evaluated. The assessment of the change indicates that the use of man-made areas has had significant changes in a period from 1990 to 2019 under the influence of the development of economic activities and in parallel with the development of residential areas, refineries, as well as other facilities related to the Gas Company. Depending on the location of the study area and the type of anthropogenic, man-made use (refineries and other facilities and infrastructure related to the gas company), land-use changes mostly direct to coastline. Therefore, 11.2 km<sup>2</sup> of the sea has been changed to an arid area during a 29-year period. Besides, the development of economic activities and job creation, residential areas in Assaluyeh and Nakhil have experienced significant growth, and this development has further changed the use of sandy lands to the construction of man-made areas.

\*. Corresponding author E-mail address:

Shayan@modares.ac.ir



## ارزیابی روند تغییرات پوشش زمین در نوار ساحلی عسلویه - شیرینو با استفاده از مدل LCM

سیاوش شایان<sup>۱\*</sup>، مایسا ولی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

### چکیده

### مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۹ خرداد ۱۳۹۹

پذیرش ۱ مرداد ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۶ شهریور ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

پوشش زمین، تغییرات خط ساحلی، LCM، عسلویه.

استناد: شایان، سیاوش؛ ولی، مایسا (۱۳۹۹). ارزیابی روند تغییرات پوشش زمین در نوار ساحلی عسلویه - شیرینو با استفاده از مدل LCM. جغرافیا و پایداری محیط، ۳۵ (۲)، ۷۳-۸۸.  
doi: [10.22126/GES.2020.5360.2243](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5360.2243)

روند افزایشی جمعیت، توسعه نواحی سکونت‌گاهی و همچنین کاربری‌های انسان‌ساخت، سبب تغییرات پوشش زمین می‌شود. در این میان، خطوط ساحلی در مقابل تغییرات پوشش زمین حساسیت بیشتری دارند؛ به همین دلیل، در پژوهش حاضر روند تغییرات پوشش زمین در جنوب شرقی استان بوشهر از شهر عسلویه تا روستای شیرینو ارزیابی شده است. در نوشتار پیش رو به منظور ارزیابی روند تغییرات پوشش زمین از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ و مدل LCM استفاده شده است. روش کار به این صورت است که ابتدا نقشه‌های پوشش زمین تهیه شده و سپس روند تغییرات پوشش زمین به کاربری نواحی انسان‌ساخت و همچنین روند تغییرات خط ساحلی ارزیابی شده است. ارزیابی تغییرات صورت گرفته بیانگر این است در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ تحت تأثیر توسعه فعالیت‌های اقتصادی و به موازات آن توسعه نواحی سکونت‌گاهی، پالایشگاه‌ها و همچنین سایر تأسیسات مربوط به شرکت نفت، کاربری نواحی انسان‌ساخت با تغییرات قابل توجهی روبه‌رو شده است. با توجه به موقعیت محدوده مطالعاتی و نوع کاربری انسان‌ساخت (پالایشگاه‌ها و سایر تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به شرکت نفت)، روند تغییرات این کاربری بیشتر به سمت نوار ساحلی بوده است و همین امر سبب شده تا در طی این دوره ۲۹ ساله، ۱۱/۲ کیلومتر مربع از دریا به خشکی تبدیل شود؛ همچنین با توجه به توسعه فعالیت‌های اقتصادی و فراهم آمدن شرایط شغلی، نواحی سکونت‌گاهی در شهر عسلویه و نخل با رشد قابل توجهی روبه‌رو شده است و عوامل انسانی بیشتر سبب تغییر ماسه‌زارها به کاربری نواحی انسان‌ساخت شده است.

## مقدمه

افزایش جمعیت در صد سال گذشته حدود یک سوم از سطح زمین را تغییر داده است (یانگ و لی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳) و به نوبه خود باعث توسعه فیزیکی و کالبدی بدون برنامه و لجام گسیخته، افزایش حاشیه نشینی و ایجاد شهرک‌ها در پیرامون کلان‌شهرها و شهرهای بزرگ می‌شود (کرم و محمدی، ۱۳۸۸). رشد شهری با تغییر کاربری زمین به همراه افزایش فعالیت‌های شهر بوده است که نتیجه افزایش جمعیت و توسعه اقتصادی است (آچمداد<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). درواقع، گسترش افقی و بی‌برنامه شهرها با افزایش جمعیت و رشد روزافزون شهرنشینی به کمبود زمین، تغییر اراضی مجاور، استفاده غیر اصولی و بدون برنامه از زمین و تغییر کاربری‌های منجر می‌شود (حاتمی‌نژاد و عشقی چهاربرج، ۱۳۹۵). تغییر کاربری اراضی بر میزان تقاضای زمین به منظور فعالیت‌های کشاورزی، جنگلداری، مناطق مسکونی صنعتی، مناطق گردشگری و فرسایش انسانی (آنتروپوژنیک) و تنوع چشم‌انداز و مناطق طبیعی تأثیرگذار است. در این میان یکی از مهم‌ترین تغییراتی که بسیار مورد توجه قرار دارد، تغییرات مناطق شهری و روستایی به علت گسترش فعالیت‌های اقتصادی انسان است. امروزه شهرنشینی به یکی از عوامل تغییردهنده سطح زمین تبدیل شده است (گاتمن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۴) و شهرهای ساحلی به دلیل موقعیت اقتصادی‌ای که دارند، بیشتر با روند تغییرات روبه‌رو هستند.

در این میان، شهر عسلویه به دلیل دسترسی به منابع و موقعیت اقتصادی‌ای که دارد، در طی سال‌های اخیر با رشد زیادی همراه بوده است و همین مسئله سبب شده تا بسیاری از کاربری‌های خط ساحلی به کاربری نواحی انسان‌ساخت تبدیل شوند؛ بنابراین آگاهی از انواع پوشش‌های سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن و به بیان دیگر چگونگی استفاده از زمین به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶) و سبب درک تغییرات و تحولات احتمالی آینده خواهد شد (جوکار ارسنجانی و همکاران، ۲۰۱۱). همین مسئله سبب شده است تا درمورد تغییرات کاربری‌های زمین‌ها در مناطق پژوهش‌های مختلفی صورت گیرد؛ به‌طوری که سینگ و خاندوری<sup>۴</sup> (۲۰۱۱) در پنجاب هند، روی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۴) در جنوب شرقی فرانسه و گبریل<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۴) در چین، روند تغییرات پوشش زمین را ارزیابی و اثرات آن را بر منطقه تحلیل کرده‌اند.

تغییرات پوشش زمین در بسیاری از مواقع ناشی از توسعه فیزیکی نواحی شهری است؛ به‌طوری که براساس پژوهش‌های صورت‌گرفته ازسوی سادھیرا<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۴) در منگاور هند، مالچفسکی<sup>۸</sup> (۲۰۰۶) در مکزیکوسیتی، آدمولو<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۷) در لاگوس، فرناندز<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۹) در مدیلین کلمبیا، سویونگ<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) در چین، یاکوب<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۱۱) در پکن، کایا و کوران<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۴) در استانبول، مقاهد<sup>۱۴</sup> و همکاران

1- Yang &amp; Li

2- Achmad

3- Gutman

4- Singh &amp; Khanduri

5- Roy

6- Gibreel

7- Sudhira

8- Malczewski

9- Ademola

10- Fernandez

11- Soyoung

12- Yaakup

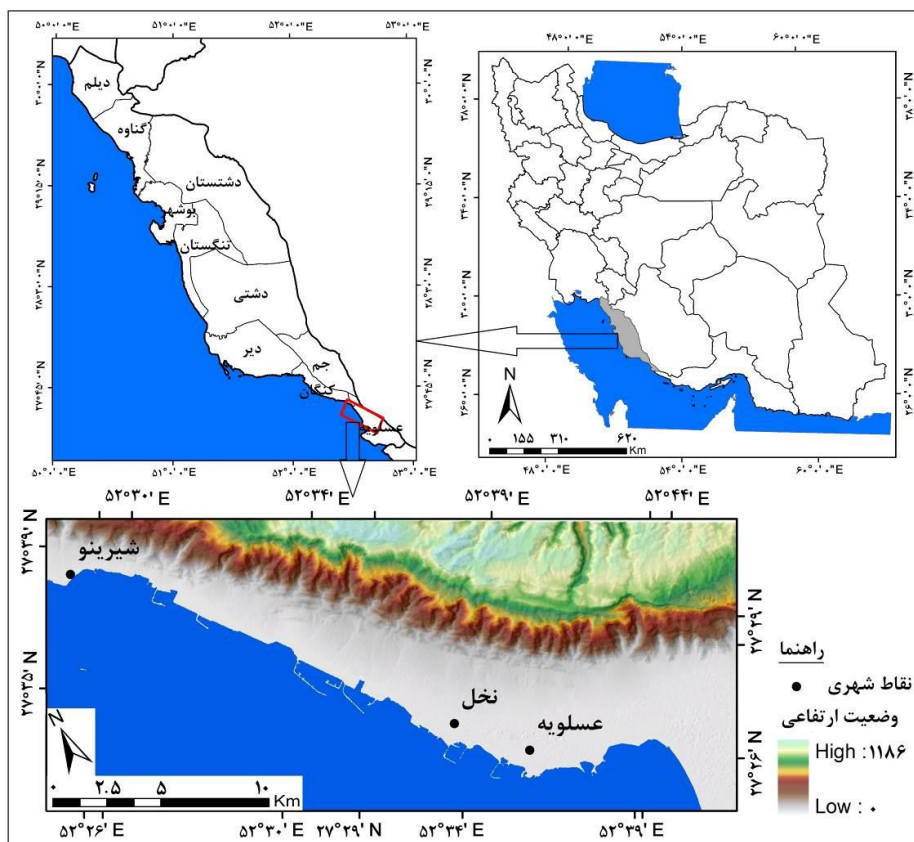
13- Kaya &amp; Curran

14- Megahed

(۲۰۱۵) در قاهره مصر، هان و جیا<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) در فوشان چین، کینان<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۶) در نیویورک، ژانگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۹) و وو<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در چین، شریفی کیا و همکاران (۱۳۸۸) در ماهنشان، شایسته و همکاران (۱۳۹۷) در کردکوی، نگهبان و همکاران (۱۳۹۸) در سنقر و شایان و همکاران (۱۳۹۴)، توسعه فیزیکی شهرها سبب تغییرات پوشش زمین و همچنین روند توسعه نواحی شهری به سمت مناطق مخاطره آفرین شده است؛ همچنین روند تغییرات پوشش زمین در مناطق ساحلی سبب تغییرات قابل توجهی در خطوط ساحلی می شود، به طوری که براساس پژوهش های غلامعلی فرد و همکاران (۱۳۹۳) در سواحل میانی استان بوشهر، احمدی و همکاران (۱۳۹۳) در سواحل بندر دیر، لرستانی و همکاران (۱۳۹۴) در سواحل دریای خزر و همچنین نگهبان و همکاران (۱۳۹۵) در محدوده ساحلی دریای عمان از چابهار تا بندر تنگ، تغییرات پوشش زمین و پیشروی به سمت خط ساحلی در طی سال های اخیر رشد زیادی داشته است. با توجه به موارد یادشده، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی روند تغییرات پوشش زمین شهر عسلویه و مناطق مجاور آن و همچنین ارزیابی تغییرات خط ساحلی از محدوده شرقی عسلویه تا روستای شیرینو است.

### معرفی منطقه مورد بررسی

محدوده مورد مطالعه از نظر تقسیمات سیاسی در جنوب شرقی استان بوشهر و شهرستان عسلویه قرار دارد و به طول ۳۳ کیلومتر از شهر عسلویه تا روستای شیرینو را شامل می شود (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

- 1- Han & Jia
- 2- Keenan
- 3- Zhang
- 4- Wu



مهم‌ترین شهرهای واقع در این محدوده، شهرهای عسلویه و نخل هستند که به ترتیب حدود ۷۴۰۰۰ و ۱۹۰۰۰ نفر جمعیت دارند. موقعیت شهر عسلویه و وضعیت اقتصادی آن سبب شده است تا نواحی شهری و روستایی واقع در محدوده، در حوضه نفوذ این شهر باشند. این محدوده از جنوب به خلیج فارس و از شمال به واحد کوهستان منتهی می‌شود. ساحل عسلویه به صورت ساحل ماسه‌ای و کم‌شیب است که همین مسئله پیش‌روی و پس‌روی دریا در این منطقه را میسر کرده است.

## مواد و روش‌ها

در نوشتار پیش رو به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر از تصاویر ماهواره‌ای لندست و مدل رقومی ارتفاعی سی متر SRTM<sup>۱</sup> استفاده شده است. نرم‌افزارهای مورد استفاده در پژوهش شامل Arc GIS، ENVI و IDRISI بوده‌اند؛ همچنین از مدل LCM<sup>۲</sup> نیز برای آنالیز تغییرات پوشش زمین استفاده شده است. جستار پیش رو در چند مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح مراحل پرداخته شده است:

**مرحله اول:** در این مرحله تصاویر مورد نظر تهیه شده است. با توجه به اینکه هدف از پژوهش حاضر ارزیابی تغییرات پوشش زمین از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ است، در این نوشتار از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ استفاده شده است (جدول ۱).

**مرحله دوم:** در این مرحله نقشه‌های پوشش زمین مربوط به سال‌های مورد مطالعه تهیه شده است. به منظور تهیه نقشه پوشش زمین در نرم‌افزار ENVI، ابتدا تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری روی تصاویر اعمال شده است و سپس با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال و در پنج کلاس (کاربری انسان‌ساخت، پوشش گیاهی، مراتع و اراضی بایر، ماسه‌زار و پهنه آبی)، نقشه‌های مورد نظر تهیه شده است. پس از تهیه نقشه‌ها، به منظور صحت‌سنجی نتایج به دست آمده، ابتدا با استفاده از تصاویر گوگل ارث<sup>۳</sup> صد نمونه برای سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ و همچنین دویست نمونه برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ به طور تصادفی انتخاب شده و سپس با از ضریب کاپا و صحت کلی، نقشه‌های تهیه شده صحت‌سنجی شده است.

**مرحله سوم:** پس از تهیه نقشه‌های پوشش زمین، به منظور آنالیز تغییرات صورت گرفته از نرم‌افزار IDRISI و مدل LCM استفاده شده است. این مدل به منظور ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین استفاده می‌شود. در این مدل با استفاده از نقشه‌های پوشش زمین دو دوره زمانی مختلف، میزان تغییرات صورت گرفته محاسبه و تجزیه و تحلیل می‌شود. بر این اساس، در پژوهش حاضر به منظور آنالیز تغییرات، نقشه‌های پوشش زمین در دوره‌های زمانی مختلف شامل ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ و ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ به صورت دو به دو وارد مدل LCM شده و سپس میزان تغییرات و نقشه تغییرات صورت گرفته تهیه شده است. در ادامه با توجه به نتایج به دست آمده از راه این مدل روند تغییرات پوشش زمین در محدوده مورد مطالعه تحلیل شده است.

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورد استفاده

| ردیف | تاریخ      | ماهواره | سنجنده |
|------|------------|---------|--------|
| ۱    | ۱۹۹۰/۰۷/۰۱ | لندست ۵ | TM     |
| ۲    | ۲۰۰۰/۰۶/۱۰ | لندست ۵ | TM     |
| ۳    | ۲۰۱۰/۰۶/۳۰ | لندست ۷ | ETM    |
| ۴    | ۲۰۱۹/۰۶/۱۵ | لندست ۸ | OLI    |

1- <https://dwtkns.com/srtm30m>

2- Land Change Modeler

3- Google Earth

## نتایج

### - تهیه نقشه‌های پوشش زمین

#### نقشه پوشش زمین سال ۱۹۹۰

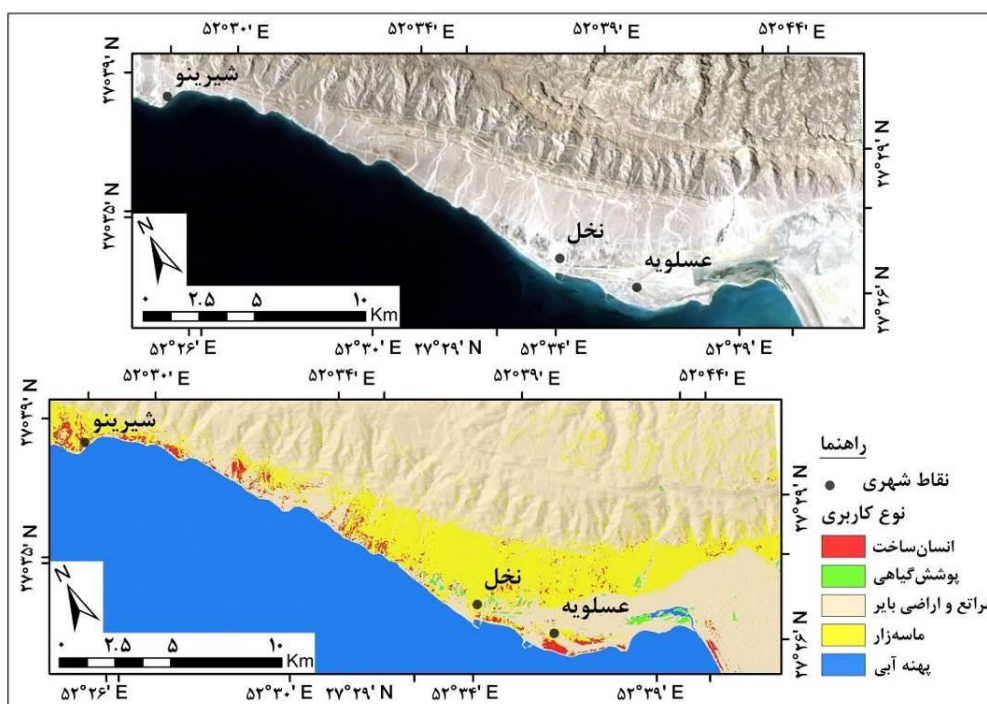
پس از تهیه نقشه پوشش زمین سال ۱۹۹۰، ضریب کاپا و صحت کلی آن به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۸۸ به دست آمده است. براساس نقشه پیش گفته، بخش زیادی از منطقه کاربری مراتع و اراضی بایر بوده است (شکل ۲)، به طوری که ۱۹۳/۱ کیلومتر مربع از وسعت محدوده مطالعاتی را دربر گرفته است. کاربری انسان ساخت (نواحی سکونت گاهی و تأسیسات و زیرساخت‌ها) ۵/۶ کیلومتر مربع از محدوده را شامل می‌شده که به طور عمده شامل نواحی سکونت گاهی شهر عسلویه و نخل می‌شود. کاربری پوشش گیاهی ۱/۶ کیلومتر مربع را دربر می‌گرفته که به صورت پراکنده در محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است و همچنین کاربری ماسه‌زار نیز ۵۹/۳ کیلومتر مربع را شامل بوده است.

#### نقشه پوشش زمین سال ۲۰۰۰

پس از تهیه نقشه پوشش زمین سال ۲۰۰۰، ضریب کاپا و صحت کلی آن به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۸۹ به دست آمد. براساس نقشه پیش گفته، پوشش زمین سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ با تغییراتی روبه‌رو شده است (شکل ۳) به طوری که کاربری نواحی انسان ساخت در این دوره با روند افزایشی مواجه شده و وسعت آن به ۸/۲ کیلومتر مربع و کاربری پوشش گیاهی نیز به ۴/۸ کیلومتر مربع افزایش یافته‌اند؛ همچنین کاربری ماسه‌زار نیز تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط اقلیمی در این دوره به ۸۲/۷ کیلومتر مربع افزایش یافته است. در این دوره، کاربری مراتع و اراضی بایر به دلیل توسعه نواحی انسان ساخت، پوشش گیاهی و ماسه‌زار، روند کاهشی داشته است و مساحت آن به ۱۶۴/۷ کیلومتر مربع کاهش یافته است.

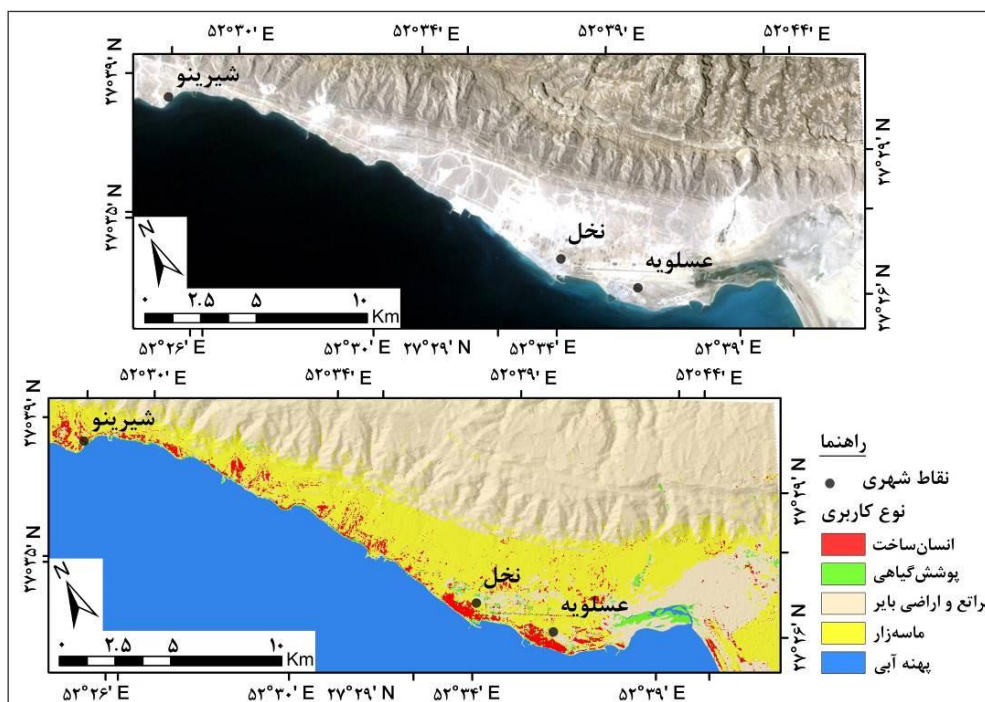
#### نقشه پوشش زمین سال ۲۰۱۰

پس از تهیه نقشه پوشش زمین سال ۲۰۱۰، ضریب کاپا و صحت کلی آن به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۹۰ به دست آمد.

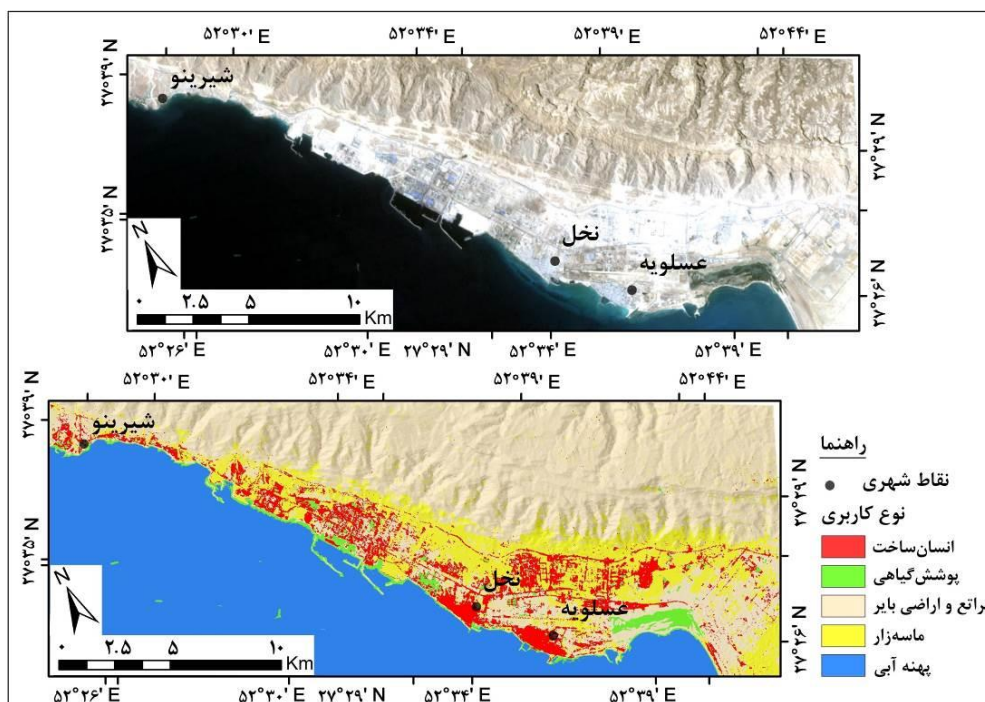


شکل ۲. نقشه پوشش زمین محدوده مورد مطالعه در سال ۱۹۹۰

براساس نقشه یادشده، در این دوره نیز کاربری‌های اراضی با تغییرات زیادی روبه‌رو شده (شکل ۴)؛ به‌طوری‌که کاربری نواحی انسان‌ساخت با توسعه قابل توجهی به ۱۶/۹ کیلومتر مربع افزایش یافته است. کاربری پوشش گیاهی نیز با ادامه روند افزایشی به ۷/۷ کیلومتر مربع افزایش یافته است. کاربری مراتع و اراضی بایر نیز روند افزایشی داشته و مساحت آن در این دوره ۱۷۴/۸ کیلومتر مربع بوده است؛ اما کاربری ماسه‌زار روند کاهشی داشته و مساحت آن در این دوره ۶۹/۲ کیلومتر مربع بوده است.



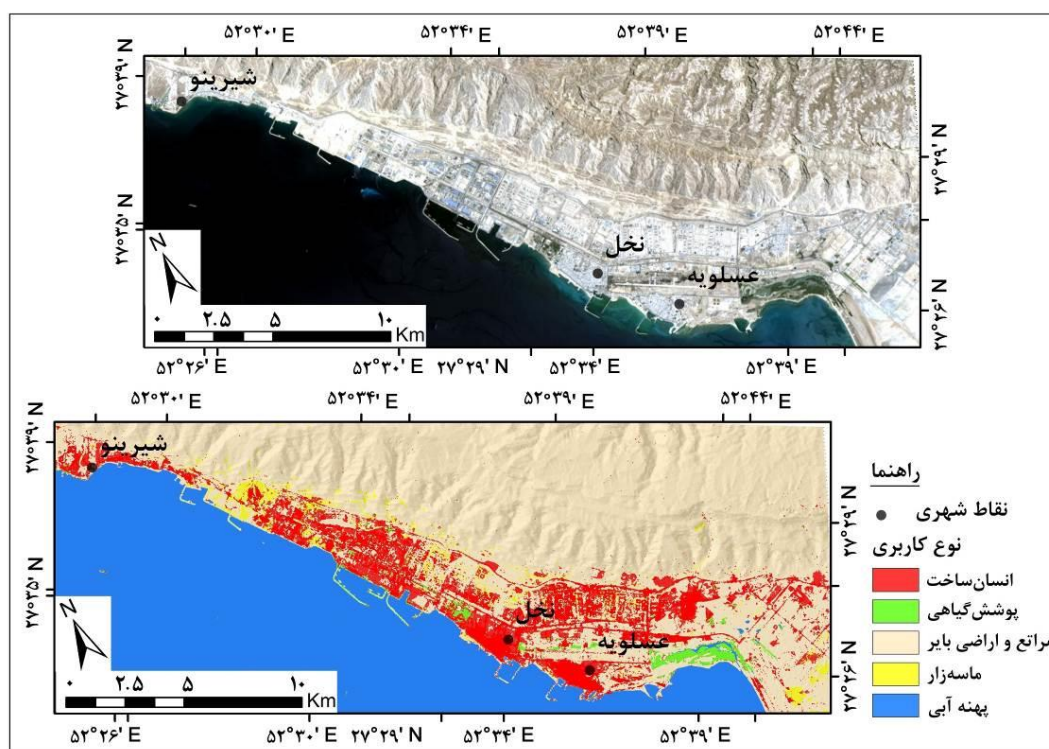
شکل ۳. نقشه پوشش زمین محدوده مطالعاتی در سال ۲۰۰۰



شکل ۴. نقشه پوشش زمین محدوده مورد مطالعه در سال ۲۰۱۰

## نقشه پوشش زمین سال ۲۰۱۹

پس از تهیه نقشه پوشش زمین سال ۲۰۱۹، ضریب کاپا و صحت کلی آن به ترتیب ۰/۹۱ و ۹۳٪ به دست آمد. براساس نقشه پیش گفته، کاربری نواحی انسان ساخت در این دوره بیشترین میزان توسعه را داشته است (شکل ۵) به طوری که مساحت آن در این دوره ده ساله که فعالیت های اقتصادی انسان در منطقه گسترش یافته و به شکل فعالیت های متنوعی از جمله تأسیسات تصفیه، انباشت و مخازن نگهداری گاز، احداث شهرک های اقامتی کارگران، گسترش راه های دسترسی به تأسیسات، احداث خطوط لوله گازرسانی و دیگر منابع انرژی و غیره به ۳۱/۵ کیلومتر مربع افزایش یافته و به ضرر آن، کاربری پوشش گیاهی در این دوره روند کاهشی داشته است و مساحت آن ۴/۵ کیلومتر مربع بوده است. کاربری مراتع و اراضی بایر در این دوره نیز روند افزایشی داشته و مساحت آن ۲۱۲/۹ کیلومتر مربع بوده است؛ همچنین با توجه به روند فعالیت های فرسایش آنتروپوژنیک و توسعه نواحی انسان ساخت، کاربری ماسه زار در این دوره با کاهش زیادی روبه رو شده و مساحت آن ۲۱ کیلومتر مربع شده است. در جدول ۲ مساحت کاربری های اراضی در طی دوره های زمانی مورد مطالعه نشان داده شده است. در نوشتار پیش رو، پس از تهیه نقشه های مورد نظر، به منظور صحت سنجی نتایج به دست آمده، از ضریب کاپا استفاده شده است (جدول ۳) که نتایج حاصل از آن، صحت نتایج به دست آمده را تأیید می کند.



شکل ۵. نقشه پوشش زمین محدوده مورد مطالعه در سال ۲۰۱۹

جدول ۲. مساحت کاربری های اراضی در طی دوره های زمانی مورد مطالعه (کیلومتر مربع)

| سال                               | انسان ساخت | پوشش گیاهی | مراتع و اراضی بایر | ماسه زار |
|-----------------------------------|------------|------------|--------------------|----------|
| ۱۹۹۰                              | ۵/۶        | ۱/۶        | ۱۹۳/۱              | ۵۹/۳     |
| ۲۰۰۰                              | ۸/۲        | ۴/۸        | ۱۶۴/۷              | ۸۲/۷     |
| ۲۰۱۰                              | ۱۶/۹       | ۷/۷        | ۱۷۴/۸              | ۶۹/۲     |
| ۲۰۱۹                              | ۳۱/۵       | ۴/۵        | ۲۱۲/۹              | ۲۱       |
| میزان تغییرات از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ | ۲۵/۹       | ۲/۹        | ۱۹/۸               | -۳۸/۳    |



جدول ۳. نتایج صحت‌سنجی نقشه‌های کاربری اراضی براساس ضریب کاپا

| سال  | تعداد کل نمونه | انسان ساخت |           | پوشش گیاهی |           | مراعات و زمین های بایر |           | ماسه زار   |           | پهنه آبی |   | صحت کلی | ضریب کاپا |
|------|----------------|------------|-----------|------------|-----------|------------------------|-----------|------------|-----------|----------|---|---------|-----------|
|      |                | نمونه صحیح | نمونه غلط | نمونه صحیح | نمونه غلط | نمونه صحیح             | نمونه غلط | نمونه صحیح | نمونه غلط |          |   |         |           |
|      |                |            |           |            |           |                        |           |            |           |          |   |         |           |
| ۱۹۰۰ | ۱۰۰            | ۱۷         | ۳         | ۱۸         | ۲         | ۱۷                     | ۳         | ۱۷         | ۳         | ۱۹       | ۱ | ۸۸      | ۰/۸۶      |
| ۲۰۰۰ | ۱۰۰            | ۱۹         | ۱         | ۱۷         | ۳         | ۱۶                     | ۴         | ۱۷         | ۳         | ۲۰       | ۰ | ۸۹      | ۰/۸۸      |
| ۲۰۱۰ | ۲۰۰            | ۳۸         | ۲         | ۳۷         | ۳         | ۳۲                     | ۸         | ۳۵         | ۵         | ۳۸       | ۲ | ۹۰      | ۰/۸۸      |
| ۲۰۱۹ | ۲۰۰            | ۳۹         | ۱         | ۳۷         | ۳         | ۳۶                     | ۴         | ۳۵         | ۵         | ۳۹       | ۱ | ۹۳      | ۰/۹۱      |

### ارزیابی تغییرات پوشش زمین

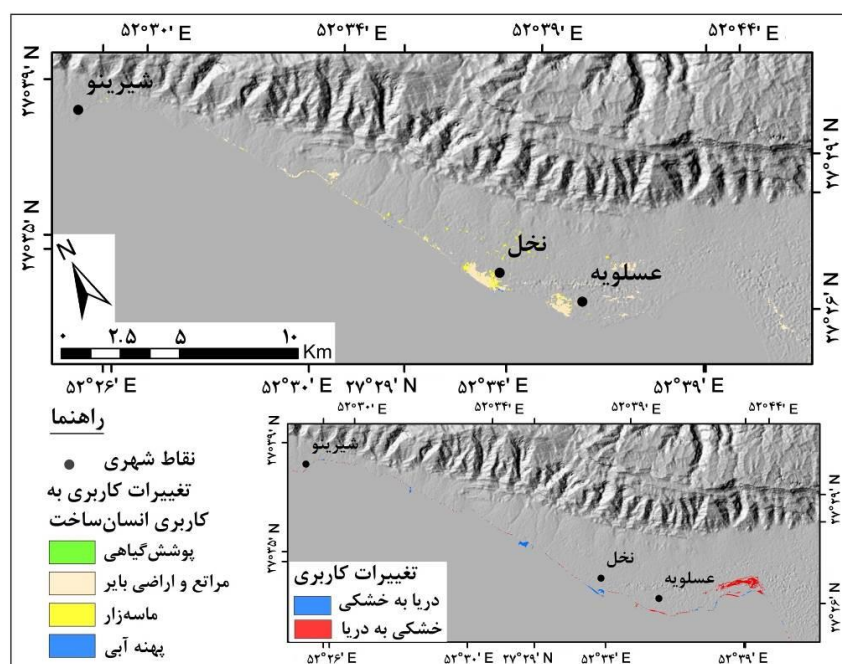
در پژوهش حاضر پس از تهیه نقشه‌های پوشش زمین، به واکاوی تغییرات صورت گرفته پرداخته شده است. با توجه به اینکه هدف از نوشتار پیش رو ارزیابی روند توسعه کاربری نواحی انسان ساخت و تغییرات خط ساحلی است؛ بنابراین روند تغییرات این کاربری ارزیابی شده است که در ادامه به تشریح نتایج به دست آمده پرداخته شده است:

### روند تغییرات پوشش زمین از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰

واکاوی تغییرات صورت گرفته طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ بیانگر این است که کاربری نواحی انسان ساخت در این دوره ۲/۶ کیلومتر مربع افزایش یافته است (جدول ۴ و شکل ۶)، براساس نتایج به دست آمده، ۲ کیلومتر مربع از کاربری مراعات و اراضی بایر، ۰/۱ کیلومتر مربع از کاربری پوشش گیاهی، ۰/۵ کیلومتر مربع از کاربری ماسه‌زار و ۰/۱ کیلومتر مربع از کاربری پهنه آبی به کاربری نواحی انسان ساخت تبدیل شده است. آنالیز مکانی تغییرات نیز بیانگر این است که بیشترین میزان تغییرات در نزدیکی شهرهای عسلویه و نخل صورت گرفته است.

جدول ۴. روند تغییرات پوشش زمین از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰

| تغییرات    | پوشش گیاهی به انسان ساخت | مراعات و اراضی بایر به انسان ساخت | ماسه‌زار به انسان ساخت | دریا به انسان ساخت | دریا به خشکی | خشکی به دریا |
|------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------|--------------|--------------|
| مساحت (km) | ۰/۱                      | ۲                                 | ۰/۵                    | ۱                  | ۱            | ۰/۳۹         |



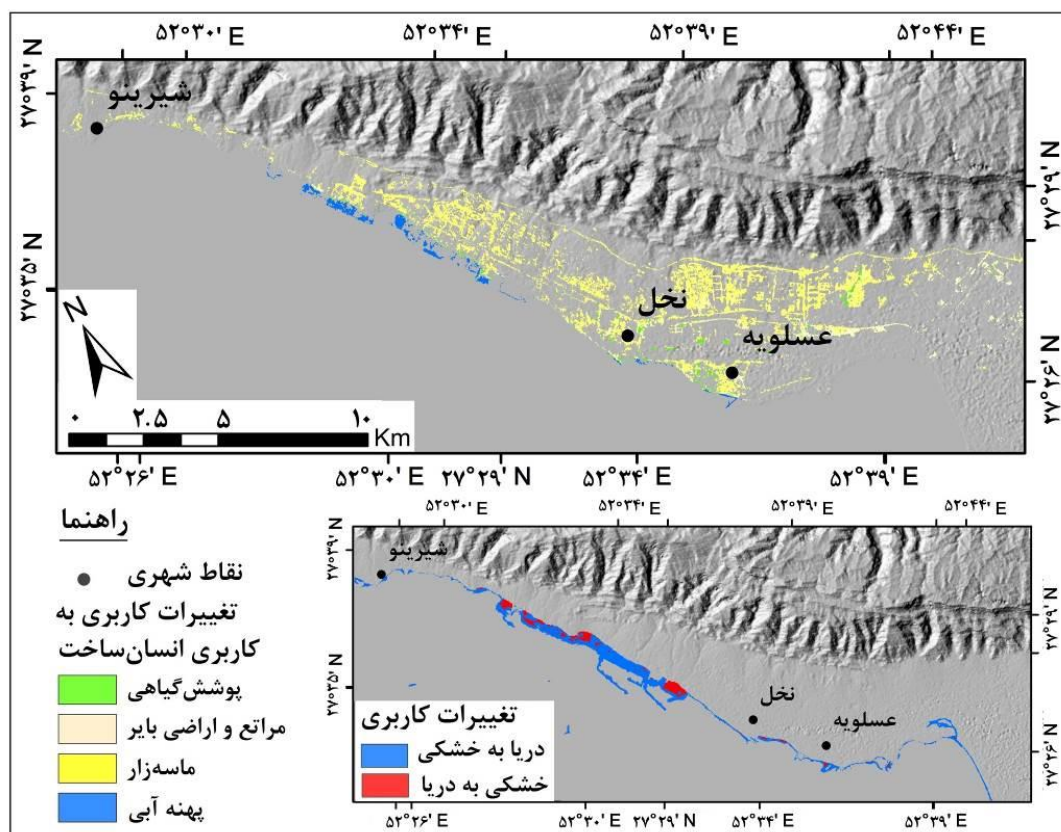
شکل ۶. نقشه تغییرات پوشش زمین به کاربری نواحی سکونت‌گاهی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰

### روند تغییرات پوشش زمین از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰

کاربری نواحی انسان ساخت در طی دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، با ۸/۷ کیلومتر مربع افزایش چشم‌گیری داشته است (جدول ۵ و شکل ۷). واکاوی تغییرات صورت گرفته بیانگر این است که بیشترین میزان تغییر کاربری به کاربری انسان ساخت مربوط به کاربری ماسه‌زار بوده است، به‌طوری که ۴/۱ کیلومتر مربع از پهنه ماسه‌زار به کاربری انسان ساخت تبدیل شده است؛ همچنین ۰/۵ از کاربری پوشش گیاهی، ۲/۲ از کاربری مراتع و اراضی بایر و ۱/۹ از پهنه دریا به کاربری نواحی انسان ساخت تبدیل شده است. آنالیز مکانی تغییرات در این دوره زمانی بیانگر تغییر قابل توجهی از کاربری ماسه‌زار به نواحی کاربری انسان ساخت در اطراف شهرهای عسلویه و نخل به علل افزایش فعالیت‌های مربوط به بهره‌برداری از منابع گاز منطقه و پیامدهای آن بوده است.

### روند تغییرات پوشش زمین از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۱۰

واکاوی تغییرات صورت گرفته بیانگر این است که در طی این دوره زمانی، کاربری نواحی انسان ساخت با ۱۴/۶ کیلومتر مربع افزایش روبه‌رو شده است (جدول ۶ و شکل ۸). بررسی تغییرات صورت گرفته بیانگر این است که ۱۰/۵ کیلومتر مربع از کاربری ماسه‌زار، ۲/۵ کیلومتر مربع از کاربری مراتع و زمین‌های بایر، ۰/۵ کیلومتر مربع از کاربری پوشش گیاهی و همچنین ۱ کیلومتر مربع از کاربری دریا به کاربری نواحی انسان ساخت تغییر یافته است. تجزیه و تحلیل مکانی تغییرات نیز بیانگر این است که در این دوره زمانی، گسترش کاربری انسان ساخت افزون بر شهر عسلویه و نخل در مناطقی از سواحل جنوب شرق عسلویه و نوار ساحلی روستای شیرینو صورت گرفته است. درواقع، روند توسعه ساخت و سازها و همچنین توسعه صنایع و تأسیسات مربوط به شرکت نفت در این دوره سبب پیشروی کاربری انسان ساخت به سمت دریا شده است.

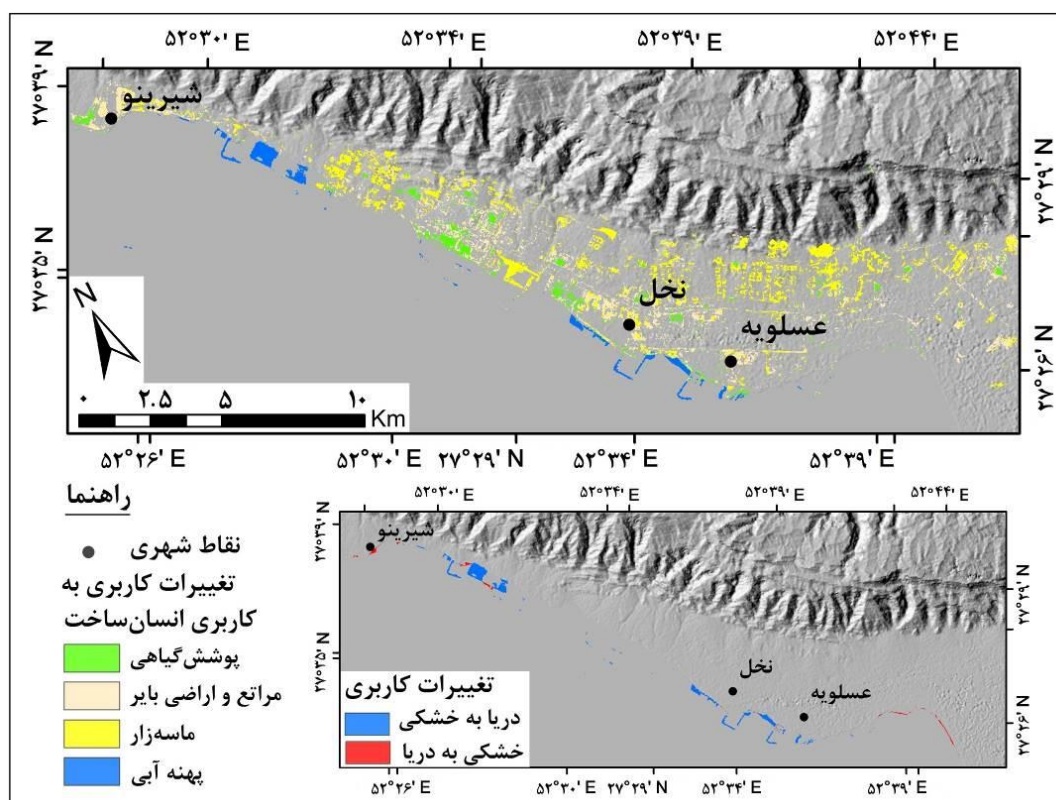


جدول ۵. روند تغییرات پوشش زمین از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰

| تغییرات    | پوشش گیاهی به انسان ساخت | مراتع و اراضی بایر به انسان ساخت | ماسهزار به انسان ساخت | دریا به انسان ساخت | دریا به خشکی | خشکی به دریا |
|------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------|--------------|
| مساحت (km) | ۰/۵                      | ۲/۲                              | ۴/۱                   | ۱/۹                | ۸/۵          | ۰/۱          |

جدول ۶. روند تغییرات پوشش زمین از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹

| تغییرات    | پوشش گیاهی به انسان ساخت | مراتع و اراضی بایر به انسان ساخت | ماسهزار به انسان ساخت | دریا به انسان ساخت | دریا به خشکی | خشکی به دریا |
|------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------|--------------|
| مساحت (km) | ۰/۵                      | ۲/۵                              | ۱۰/۵                  | ۱                  | ۱/۷          | ۰/۳          |



شکل ۸. نقشه تغییرات پوشش زمین به کاربری نواحی سکونتگاهی از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹

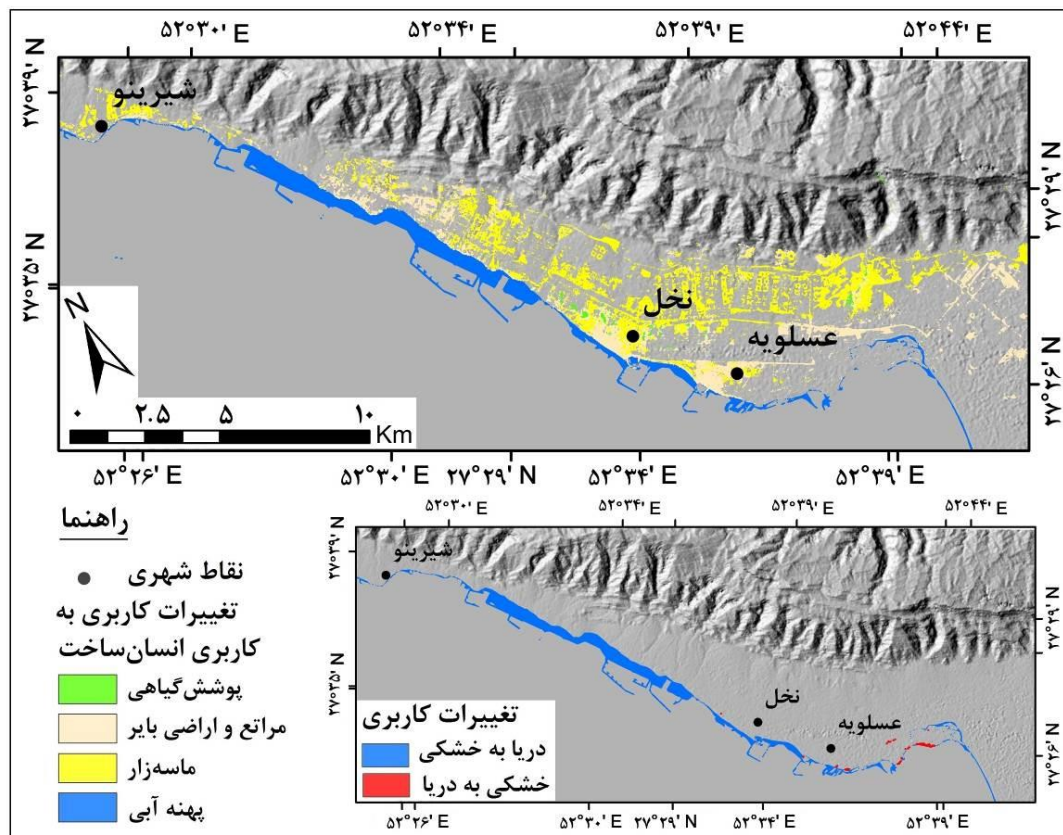
### روند تغییرات پوشش زمین از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹

واکوی تغییرات صورت گرفته بیانگر این است که در طی این دوره زمانی ۲۹ ساله، کاربری نواحی انسان ساخت با ۲۵/۹ کیلومتر مربع افزایش روبه‌رو شده است (جدول ۷ و شکل ۹). بررسی تغییرات صورت گرفته بیانگر این است که ۱۵/۱ کیلومتر مربع از کاربری ماسهزار، ۶/۷ کیلومتر مربع از کاربری مراتع و زمین‌های بایر، ۱/۱ کیلومتر مربع از کاربری پوشش گیاهی و همچنین ۳ کیلومتر مربع از کاربری دریا به کاربری نواحی انسان ساخت تغییر یافته است. تجزیه و تحلیل مکانی تغییرات نیز بیانگر این است که بیشترین میزان تغییرات در نزدیکی شهرهای عسلویه و نخل و نوار ساحلی صورت گرفته است (شکل ۱۰).

جدول ۷. روند تغییرات پوشش زمین از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹

| تغییرات    | پوشش گیاهی به انسان ساخت | مراتع و اراضی بایر به انسان ساخت | ماسهزار به انسان ساخت | دریا به انسان ساخت | دریا به خشکی | خشکی به دریا |
|------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------|--------------|
| مساحت (km) | ۱/۱                      | ۶/۷                              | ۱۵/۱                  | ۳                  | ۱۱/۲         | ۰/۸          |





شکل ۹. نقشه تغییرات پوشش زمین به کاربری نواحی سکونت‌گاهی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹



شکل ۱۰. تصویری از تغییر کاربری مراتع به کاربری انسان‌ساخت در منطقه مورد مطالعه

## بحث

طی سال‌های اخیر به موازات رشد جمعیت، نواحی سکونت‌گاهی و تأسیسات انسان‌ساخت نیز با توسعه زیادی همراه بوده است. در بسیاری از مواقع این توسعه سبب بروز یا تشدید مخاطرات شده یا اینکه نواحی سکونت‌گاهی را در



معرض مخاطرت قرار داده است (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۸). توسعه فیزیکی نواحی سکونت‌گاهی در مناطق مختلف به شکل‌های متفاوتی صورت می‌گیرد، درواقع در مناطق دور از دریا این توسعه با تغییرات سایر کاربری‌ها همراه است، اما در مناطق ساحلی افزون بر تغییرات پوشش زمین با تغییرات خط ساحلی نیز همراه است و سبب پیش‌روی خشکی به سمت دریا می‌شود؛ به‌طوری که براساس نتایج پژوهش حاضر، در کنار تغییرات پوشش زمین، خط ساحلی محدوده مورد مطالعه نیز با تغییرات زیادی همراه بوده است.

اهمیت مسئله توسعه فیزیکی نواحی سکونت‌گاهی و تغییرات پوشش زمین سبب شده تا در نوشتار پیش رو روند تغییرات پوشش زمین ساحل عسلویه ارزیابی شود. ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که شهر عسلویه همانند سایر شهرهای ایران از جمله ماهنشان (شریفی‌کیا و همکاران، ۱۳۸۸)، کردکوی (شایسته و همکاران، ۱۳۹۷) و سنقر (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۸) به‌موازات رشد جمعیتی که داشته، با توسعه فیزیکی قابل توجهی روبه‌رو شده است؛ اما شهر عسلویه برخلاف بسیاری از شهرها، در کنار توسعه فیزیکی ناشی از نواحی سکونت‌گاهی، با توسعه زیرساخت‌ها از جمله پالایشگاه‌ها و تأسیسات نیز همراه بوده است. درواقع، شهر عسلویه در کنار توسعه فیزیکی شهری، به‌دلیل موقعیت خاص اقتصادی‌ای که دارد از نظر زیرساخت‌های اقتصادی، با توسعه زیادی روبه‌رو شده و همین مسئله سبب شده است تا کاربری نواحی انسان‌ساخت در سواحل عسلویه با توسعه زیادی همراه باشد. نتایج ارزیابی تغییرات کاربری نواحی انسان‌ساخت در ساحل عسلویه بیانگر این است که کاربری نواحی انسان‌ساخت در سال ۱۹۹۰ حدود ۵/۶ کیلومتر مربع وسعت داشته که بخشی زیادی از آن مربوط به کاربری نواحی سکونت‌گاهی بوده است. روند توسعه نواحی سکونت‌گاهی و همچنین تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به شرکت نفت ایران، سبب شد تا وسعت کاربری نواحی انسان‌ساخت در سال ۲۰۰۰ به ۸/۲ و همچنین در سال ۲۰۱۰ به ۱۶/۹ کیلومتر مربع افزایش یابد؛ همچنین ادامه روند رشد این کاربری سبب شد تا در نهایت در سال ۲۰۱۹ وسعت این کاربری به ۳۱/۵ کیلومتر مربع افزایش یابد. ارزیابی روند مکانی تغییرات صورت‌گرفته بیانگر این است که تغییرات پوشش زمین در طی دوره‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ بیشتر به‌دلیل توسعه نواحی سکونت‌گاهی بوده است؛ اما در دوره‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ بیشتر به‌دلیل توسعه زیرساخت‌ها و تأسیسات مربوط به شرکت نفت بوده است.

با توجه به اینکه عسلویه در خط ساحلی قرار دارد و به‌دلیل اینکه محدوده مورد مطالعه از سمت شمال به‌وسیله واحد کوهستان محدوده شده است (شکل ۱۱)؛ همچنین به‌دلیل نوع کاربری انسان‌ساخت (پالایشگاه‌ها و سایر تأسیسات و زیرساخت‌های مربوط به شرکت نفت) منطقه، روند تغییرات کاربری ارضی بیشتر به سمت نوار ساحلی بوده است. نتایج ارزیابی‌ها در پژوهش حاضر بیانگر این است که همانند بسیاری از خطوط ساحلی کشور از جمله خطوط سواحل میانی بوشهر (غلامعلی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۳)، خط ساحلی بندر دیر (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳)، خط ساحلی دریای خزر (لرستانی و همکاران، ۱۳۹۴) و خط ساحلی چابهار تا کنارک (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۵)، خط ساحلی محدوده مورد مطالعه نیز با تغییرات بسیاری همراه بوده است؛ به‌طوری که در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ حدود ۱ کیلومتر مربع از دریا به خشکی (تحت تأثیر عوامل انسانی) و ۰/۳۹ کیلومتر مربع از خشکی به دریا (تحت تأثیر عوامل فرسایشی) تبدیل شده است. در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ حدود ۸/۵ کیلومتر مربع از دریا به خشکی و ۰/۱ کیلومتر مربع از خشکی به دریا تبدیل شده است. در طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ حدود ۱/۷ کیلومتر مربع از دریا به خشکی و ۰/۳ کیلومتر مربع از خشکی به دریا تبدیل شده است. موارد پیش‌گفته بیانگر این است که در طی این دوره ۲۹ ساله، ۱۱/۲ کیلومتر مربع از دریا به خشکی تبدیل شده است؛ بنابراین محدوده مطالعاتی در کنار تغییرات پوشش زمین، با تغییرات گسترده‌ای در خطوط ساحلی نیز همراه بوده است.



شکل ۱۱. محدودشدن توسعه فیزیکی شهر عسلویه از شمال به وسیله واحد کوهستان در منطقه مورد مطالعه

### نتیجه گیری

نتایج پژوهش بیانگر این است که محدوده مورد مطالعه با تغییرات زیادی هم در نوار ساحلی و هم در خط ساحلی روبه‌رو شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، موقعیت اقتصادی و همچنین وضعیت ژئومورفولوژی محدوده مطالعاتی سبب شده است تا در طی سال‌های اخیر کاربری‌های انسان‌ساخت با رشد زیادی همراه باشد و همین مسئله سبب تغییرات بسیاری در وضعیت پوشش زمین در این محدوده شده است، به‌طوری که براساس نتایج به‌دست‌آمده، کاربری نواحی انسان‌ساخت در طی دوره زمانی ۲۹ ساله، ۲۵/۹ کیلومتر مربع رشد داشته است. نتایج واکاوی تغییرات پوشش زمین به کاربری نواحی انسان‌ساخت بیانگر این است که در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹، ۱/۱ کیلومتر مربع از پوشش گیاهی، ۶/۷ کیلومتر مربع از مراتع و زمین‌های بایر، ۱۵/۱۶ کیلومتر مربع از ماسه‌زار و همچنین ۳ کیلومتر مربع از پهنه آبی به کاربری نواحی انسان‌ساخت تبدیل شده است.

تجزیه و تحلیل مکانی تغییرات نیز بیانگر این است که بیشترین میزان تغییرات در نزدیکی شهرهای عسلویه و نخل و نوار ساحلی صورت گرفته است؛ همچنین در نوشتار پیش رو روند تغییرات خط ساحلی نیز ارزیابی شده است، نتایج بیانگر این است که در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ به‌دلیل گسترش جاده‌ها روی دامنه‌های پرشیب مرتفعات منتهی به ساحل، بهره‌برداری از منابع سنگ‌های ساختمانی، ریزش طبیعی دامنه‌های دستکاری‌شده به داخل دریا، ریختن مقادیر قابل توجه سنگ به مناطق ساحلی برای احداث سکوی جاده، توسعه لنگرگاه‌ها و اسکله‌های بارگیری، گسترش پارکینگ‌ها و ایجاد فضاهای تفریحی در منطقه ساحلی با تغذیه ساحل (با سنگ، شن و ماسه)، ۱۱/۲ کیلومتر مربع از دریا به خشکی و همچنین به‌دلیل عوامل فرسایشی و بالآمدن سطح دریا، ۰/۸ کیلومتر مربع از خشکی به دریا تبدیل شده است. مجموع نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی تغییرات صورت‌گرفته بیانگر این است که توسعه نواحی سکونت‌گاهی، پالایشگاه‌ها و سایر زیرساخت‌های مربوط به شرکت گاز در محدوده مطالعاتی سبب شده است تا کاربری نواحی انسان‌ساخت با تغییرات قابل توجهی روبه‌رو شود که بخش زیادی از این تغییرات به‌سمت خط ساحلی بوده و باعث پیش‌روی خشکی به‌سمت دریا شده است.

## منابع

- احمدی، محمود؛ رامشت، محمدحسین؛ درفشی، خبات (۱۳۹۳). بررسی روند تغییرات خط ساحلی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: ساحل شهرستان بندر دیر، خلیج فارس). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۵ (۳)، ۶۳-۷۴.
- حاتمی‌نژاد، حسین؛ عشقی چهاربرج، علی (۱۳۹۵). مکان‌یابی بهینه توسعه فیزیکی شهر مراغه با تأکید بر پایداری شهری. *آمایش جغرافیایی فضا*، ۶ (۱۹)، ۱۵-۳۱.
- شایان، سیاوش؛ شکیبافر، محمدحسن؛ زارع، غلامرضا؛ رحیمی، حجت (۱۳۹۴). اثرات لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی بر محورهای توسعه فیزیکی شهرها، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۶ (۲)، ۱۴۷-۱۶۴.
- شایسته، کامران؛ عابدیان، سحر؛ گلدوی، سمیه (۱۳۹۷). مدل‌سازی رشد شهری با استفاده از روش رگرسیون لجستیک مبتنی بر مدل Geomod (مطالعه موردی: شهر کردکوی). *جغرافیا و توسعه*، ۱۶ (۵۱)، ۴۳-۶۴.
- شریفی‌کیا، محمد؛ معتمدی‌نیا، منیژه؛ شایان، سیاوش (۱۳۸۸). تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی ناشی از توسعه فیزیکی شهر ماهشان. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۳ (۱۶)، ۱۰۵-۱۲۶.
- غلامعلی‌فرد، مهدی؛ میرزایی، محسن؛ جورابیان شوشتری، شریف (۱۳۹۳). مدل‌سازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف (مطالعه موردی: سواحل میانی استان بوشهر). *مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۵ (۱)، ۶۱-۷۴.
- کرم، امیر؛ محمدی، اعظم (۱۳۸۸). ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و ارضی پیرامونی برپایه فاکتورهای طبیعی و روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP). *جغرافیای طبیعی*، ۱ (۴)، ۵۹-۷۴.
- کریمی، شیماء؛ میرزاعلی، محمد؛ موسی‌زاده، حسین؛ قیاسی، سمیرا؛ تبریزی، امید (۱۳۹۶). آشکارسازی تغییرات فیزیکی شهر با استفاده از تصاویر LandsatETM و مدل زنجیره MARKOV یک مطالعه در شهر اردبیل. *جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۷ (۲)، ۱۷۵-۱۸۹.
- لرستانی، قاسم؛ اسماعیلی، رضا؛ اعتمادی، فاطمه (۱۳۹۴). بررسی میزان تغییرات خط ساحلی دریای خزر در مصب رودخانه‌ها (مطالعه موردی: مصب رودخانه‌های هراز، بابلرود و تالار)، *جغرافیا و آمایش فضا*، ۵ (۱۸)، ۱۲۳-۱۳۶.
- نگهبان، سعید؛ رستمی، دانا؛ گنجائیان، حمید (۱۳۹۵). پایش تغییرات خط ساحلی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: محدوده ساحلی دریای عمان از چابهار تا بندر تنگ). *پژوهش‌های کمی*، ۵ (۱)، ۲۷-۴۲.
- نگهبان، سعید؛ گنجائیان، حمید؛ ابراهیمی، عطیرین؛ اسامی، کامیار (۱۳۹۸). پایش و پیش‌بینی روند تغییرات نواحی سکونت‌گاهی با استفاده از تصاویر چندزمانه (مطالعه موردی: شهر سنقر). *فیزیک زمین و فضا*، ۴۵ (۲)، ۳۴۳-۳۵۴.

## References

- Achmad, A., Hasyim, S., Dahlan B. & AuliaDwira, N. (2015). Modeling of urban growth in tsunami-prone city using logistic regression: Analysis of Banda Aceh, Indonesia. *Applied geography*, 1 (62), 237-246.
- Ademola, N., Braimoh, K. & Onishi T. (2007). Spatial determinants of urban land use change in Lagos. *Land Use Policy*, 1 (24), 502-515.
- Ahmadi, M., Ramesht, M. H. & Darfashi, K. (2014). Investigating the trend of shoreline changes using remote sensing techniques and geographic information system (Case study: coast of Bandar Deir city, Persian Gulf). *Geography and Environmental Planning*, 25 (3), 74-63 (In Persian)
- Fernandez, V. B. (2009). *Geo-information for measuring vulnerability to earthquake: a fitness for use approach*. Ph.D. thesis, ITC, Netherland.
- Gholam Ali Fard, M., Mirzaei, M. & Jourabian Shoushtari, S. (2014). Modeling Land cover changes using artificial neural network and Markov chain (Case study: Middle coasts of Bushehr province). *Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources*, 5 (1), 74-61 (In Persian)

- Gibreel, T. M., Herrmann, S., Berkhoff, K., Nuppenau, E. A. & Rinn, A. (2014). Farm Types as an Interface between an Agro-Economical Model and CLUE-Naban Land Change Model: Application for Scenario Modeling". *Ecological Indicators*, 1 (36), 766-778.
- Gutman, G., Janetos, A. C., Justice, C. O., Moran, E. F., Mustard, J. F., Rindfuss, R. R., Skole, D., Turner, B. L. & Cochrane, M. A. (2004). Remote sensing and digital image processing. *Land Change Science*, 6 (1), 1-15.
- Han, Y. & Jia, H. (2016). Simulating the spatial dynamics of urban growth with an integrated modeling approach: A case study of Foshan, China. *Ecological Modelling*, 1 (353), 107-116.
- Hatami Nejad, H. & Eshghi Chaharborj, A. (2016). Optimal location of physical development of Maragheh city with emphasis on urban sustainability. *Spatial Planning*, 6 (19), 31-15 (In Persian)
- Jokar Arsanjani, J., Kainz, W. & Mousivand, A. (2011). Tracking Dynamic Land Use Change Using Spatially Explicit Markov Chain Based on Cellular Automata: the Case of Tehran. *International Journal of Image and Data Fusion*, 1 (2), 329-345.
- Karam, A. & Mohammadi, A. (2009). Assessment and zoning of land suitability for physical development of Karaj city and surrounding land based on natural factors and Analytic Hierarchy Process (AHP) method. *Quarterly Journal of Natural Geography*, 1 (4), 74-59 (In Persian)
- Karimi, S., Mirza Ali, M., Musazadeh, H., Ghiyasi, S. & Tabrizi, O. (2017). Detection of Physical Changes in the City Using LandsatETM Images and the MARKOV Chain Model A Study in Ardabil. *Quarterly Journal of Geography and Regional Planning*, 7 (2), 189-175 (In Persian)
- Kaya, S. & Curran, P. J. (2014). Modeling Spatial Changes in Suburban Areas of Istanbul Using Landsat 5 TM Data, FIG Congress 2014 Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance Kuala Lumpur. *Malaysia*, 1 (8), 16-21.
- Keenan, J. M., Wilson, L. & Hsieh, M. (2016). Using design technology to explore the implications of the New York City zoning amendment for quality and affordability. *Architectural Science Review*, 59 (6), 496-506.
- Lorestani, Q., Ismaili, R. & Etemadi, F. (2015). A Study of the Changes in the Caspian Sea Coastline at the Estuary of Rivers (Case Study: Estuary of Haraz, Babolrood and Talar Rivers). *Geography and Spatial Planning*, 5 (18), 136-123 (In Persian)
- Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for landuse suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4 (8), 270-277.
- Megahed, Y., Cabral, P., Silva, J. & Caetano, M. (2015). Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region Egypt. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, ISSN 2220-9964.
- Negahban, S., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A. & Emami, K. (2019). Monitoring and Predicting the Trend of Residential Areas Using Multi-Time Images (Case Study: Songhar City). *Earth and Space Physics*, 45 (2), 343-354 (In Persian)
- Negahban, S., Rostami, D. & Ganjaeian, H. (2016). Monitoring Coastline Changes Using Remote Sensing (Case Study: Oman Sea Coastline from Chabahar to Bandar Tang). *Quantitative Research*, 5 (1), 42-27 (In Persian)
- Roy, H. G. Fox, D. M. & Emsellem, K. (2014). Predicting Land Cover Change in a Mediterranean Catchment at Different Time Scales. *Lect Notes Comput Sc Springer*, 1 (5), 315-330
- Sharifikia, M., Motamednia, M. & Shayan, S. (2009). Spatial analysis of geomorphological hazards due to physical development of Mahneshan city. *Applied Research in Geographical Sciences*, 13 (16), 126-105 (In Persian)
- Shayan, S., Shakibafar, M. H., Zare, G. & Rahimi, H. (2015). Effects of Geomorphological Landforms on the Axes of Physical Development of Cities. *Geography and Environmental Planning*, 26 (2), 164-147 (In Persian)
- Shayesteh, K., Abedian, S. & Goldavi, S. (2018). Modeling Urban Growth Using Logistic Regression Method Based on Geomod Model (Case Study: Kordkoy City). *Geography and Development*, 16 (51), 64-43 (In Persian)

- Singh, P. & Khanduri, K. (2011). Landuse and land cover change detection through Remote Sensing& GIS technology: case study of pathankot and dhar kalan tehsils, Punjab/international. *Geometrics and Geosciences*, 1 (4), 839-846.
- Soyoung, P., Seongwoo, J., Shinyup, K. & Chuluong, C. (2011). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and Urban Planning*, 5 (99), 104-114.
- Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V. & Jagadish, K. S. (2004). Urban sprawl: metrics, dynamics using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5 (1), 29-39
- Wu, S., Liang, Z. & Li, S. (2019). Relationships between urban development level and urban vegetation states: A global perspective. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1 (38), 215-222.
- Yaakup, A., Johar, F., Maidin, M. & Ahmad, E. (2011). GIS and Decision Support System for Malaysian Development Plan Studies. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1 (21), 1-26.
- Yang, X. & Li, J. (2013). *Advances in mapping from remote sensor imagery: techniques and applications*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Zhang, G., Zheng, D., Wu, H., Wang, J. & Li, S. (2019). Assessing the role of high-speed rail in shaping the spatial patterns of urban and rural development: A case of the Middle Reaches of the Yangtze River, China. *Science of The Total Environment*, 1 (33), 1-11.



## Analyzing Tangible and Intangible Effects of Kermanshah Ezgeleh Earthquake on Landforms

Hamid Ganjaeian<sup>1</sup>, Mojtaba Yamani<sup>1\*</sup>, Abolghasem Goorabi<sup>1</sup>, Mehran Maghsoudi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

### INFO ARTICLE

Article Type: Research article

#### Article history:

Received 5 August 2020

Accepted 11 September 2020

Available online 15 September 2020

#### Keywords:

Earthquake, Landform, Vertical Displacement, Radar Interference, Ezgeleh.

**Citation:** Ganjaeian, H., Yamani, M., Goorabi<sup>1</sup>, A., Maghsoudi, M. (2020). Analyzing Tangible and Intangible Effects of Kermanshah Ezgeleh Earthquake on Landforms. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (2), 89-103.

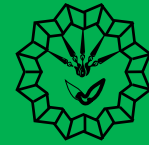
doi: [10.22126/GES.2020.5571.2274](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5571.2274)

### ABSTRACT

Earthquakes are one of the most important environmental hazards that always lead to a lot of damage. In addition to the effects that earthquakes on residential areas, they also have many tangible and intangible effects on landforms that can cause hazards. Due to the importance of the issue, the current study investigates the tangible and intangible effects of herd earthquakes on landforms in the Ezgeleh region. The research data includes the 30-meter SRTM digital elevation model, digital data layers, Sentinel 1 images, and information obtained through field visits. The most important research tools include ARCGIS software (for mapping and final output) and GMT (for radar interference). This research has been done in 3 stages. In the first stage, using the radar interferometry method, the amount of vertical displacement of the area is calculated. In the second stage, the vertical displacement of the landforms of the region has been evaluated and in the third stage, the tangible effects of the earthquake on the landforms of the region have been investigated. The results of the research indicate that under the influence of earthquakes, the area had a displacement of between -613 and +917 mm. Due to the vertical displacement that has occurred in the region, the landforms of the region have also faced a lot of displacement so that the plains in the region have been affected by this displacement in which the highest displacement with 382 to 917 mm elevation is related to Zahab plain. Unlike the plains of the region in which the movement and changes have been mostly imperceptible, the slopes located in the region, in addition to the imperceptible effects, have also encountered many tangible effects. Therefore, many slopes of the region, including the slopes located near the villages of Ramaki Ramazan, Meleh Kaboud and Ghouchbashi have Inadslace, as well as the slopes near Piran waterfall and Baba Yadegar valley have Debriz.

\*. Corresponding author E-mail address:

[myamani@ut.ac.ir](mailto:myamani@ut.ac.ir)



## تحلیل اثرات محسوس و نامحسوس زمین لرزه منطقه ازگله کرمانشاه بر لندفرمها

حمید گنجائیان<sup>۱</sup>، مجتبی یمانی<sup>۱\*</sup>، ابوالقاسم گورابی<sup>۱</sup>، مهران مقصودی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

### چکیده

### مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۵ مرداد ۱۳۹۹

پذیرش ۲۱ شهریور ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۲۵ شهریور ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

زمین لرزه، لندفرم، جابه‌جایی عمودی،  
تداخل‌سنجی راداری، ازگله.

/استناد: گنجائیان، حمید؛ یمانی، مجتبی؛  
گورابی، ابوالقاسم؛ مقصودی، مهران  
(۱۳۹۹). تحلیل اثرات محسوس و  
نامحسوس زمین لرزه منطقه ازگله  
کرمانشاه بر لندفرمها. جغرافیا و پایداری  
محیط، ۱۰ (۲)، ۸۹-۱۰۳.

doi: [10.22126/GES.2020.5571.2274](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5571.2274)

زمین لرزه یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که همواره با خسارت‌های زیادی همراه است. زمین لرزه افزون بر اثراتی که در نواحی سکونت‌گاهی دارد، روی لندفرمها نیز اثرات محسوس و نامحسوس زیادی می‌گذارد که می‌تواند سبب بروز مخاطرات شود. با توجه به اهمیت موضوع، در نوشتار پیش رو اثرات محسوس و نامحسوس زمین لرزه ازگله بر لندفرمهای منطقه بررسی شده است. داده‌های پژوهش شامل مدل رقومی ارتفاعی سی متر SRTM، لایه‌های اطلاعاتی رقومی، تصاویر سنتینل ۱ و اطلاعات به‌دست‌آمده از راه بازبینی میدانی است. مهم‌ترین ابزارهای پژوهش شامل نرم‌افزار آرک جی.آی.اس. به‌منظور تهیه نقشه و خروجی‌های نهایی و GMT (برای انجام تداخل‌سنجی راداری) است. جستار حاضر در سه مرحله انجام شده است؛ در مرحله اول با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری، میزان جابه‌جایی عمودی منطقه محاسبه شده است. در مرحله دوم جابه‌جایی عمودی لندفرمهای منطقه ارزیابی شده و در مرحله سوم، با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از روش تداخل‌سنجی راداری و بازبینی میدانی، اثرات محسوس زمین لرزه بر لندفرمهای منطقه بررسی شده است. نتایج پژوهش بیانگر این است که تحت تأثیر زمین لرزه ازگله منطقه بین ۶۱۳- تا ۹۱۷+ میلی‌متر جابه‌جایی داشته است. با توجه به جابه‌جایی عمودی رخ داده در منطقه، لندفرمهای منطقه نیز با جابه‌جایی زیادی روبه‌رو شده‌اند به‌طوری که دشت‌های واقع در منطقه نیز تحت تأثیر این جابه‌جایی بوده‌اند که بیشترین میزان جابه‌جایی با ۳۸۲ تا ۹۱۷ میلی‌متر بالا آمدگی مربوط به دشت ذهاب بوده است. برخلاف دشت‌های منطقه که جابه‌جایی و تغییرات صورت گرفته در آن‌ها به‌طور عمده به‌صورت نامحسوس بوده است، دامنه‌های واقع در منطقه افزون بر اثرات نامحسوس با اثرات محسوس زیادی نیز روبه‌رو شده‌اند، به‌طوری که بسیاری از دامنه‌های منطقه از جمله دامنه‌های واقع در نزدیک روستاهای رمکی، رمضان، مله‌کبود و قوچ‌باشی با زمین لغزش و همچنین دامنه‌های نزدیک به آبشار پیران و دره بابایادگار با ریزش روبه‌رو شده‌اند.

## مقدمه

یکی از مخاطراتی که با خسارت‌های زیادی همراه است، زمین‌لرزه است (یوسف<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰: ۱؛ روی و ماستاگار<sup>۲</sup>، ۲۰۲۰: ۲؛ التائی و البوسودا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۹). زمین‌لرزه‌های بزرگ یکی از ویران‌گرترین بلایای طبیعی هستند که اغلب منجر به تلفات گسترده و مرگ‌ومیر زیاد می‌شوند (یزدانیان<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ ساوادا<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ پن<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ ژئو<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۸)؛ همچنین در پی وقوع این نوع زلزله، زیرساخت‌های انسانی با آسیب شدید روبه‌رو خواهند شد (فارفل<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۱؛ بارتلز و ون رویان<sup>۹</sup>، ۲۰۱۲). زلزله‌های تکتونیکی در هر جای زمین که در آن انرژی کرنشی کشسانی به‌میزان کافی برای گسترش شکستگی در امتداد صفحه گسل ذخیره شده باشد، رخ خواهند داد و با توجه به اینکه فلات ایران روی نوار لرزه‌خیز آلپ - هیمالیا قرار گرفته است، حدود ۸٪ از زلزله‌های دنیا و حدود ۱۷٪ از زلزله‌های بزرگ دنیا روی آن اتفاق می‌افتد (زارع و کامران‌زاده، ۱۳۹۳). با توجه به موارد پیش‌گفته، زمین‌لرزه مخاطره طبیعی ناگهانی‌ای است که بخشی‌های زیادی از ایران در معرض آن قرار دارند. یکی از زمین‌لرزه‌هایی که طی سال‌های اخیر در ایران رخ داد و سبب واردآوردن خسارت‌های جانی و مالی زیادی شد، زمین‌لرزه ۷/۳ ریشتری از گله کرمانشاه در تاریخ ۲۱ آبان ۱۳۹۶ (۲۰۱۷/۱۱/۱۲) بوده است. این زمین‌لرزه با پیامدهای محسوس و نامحسوس زیادی همراه بوده است؛ از جمله پیامدهای محسوس آن می‌توان به تخریب نواحی سکونت‌گاهی، راه‌ها، پل‌ها و سایر تأسیسات و همچنین حرکات دامنه‌ای اشاره کرد که سبب کشته و زخمی شدن هزاران نفر در غرب استان کرمانشاه شد؛ اما این زمین‌لرزه، افزون بر اثراتی که بر نواحی سکونت‌گاهی داشته است، اثرات محسوس و نامحسوس زیادی نیز بر لندفرم‌های منطقه داشته است. از آثار نامحسوس آن می‌توان به جابه‌جایی عمودی زمین و از آثار محسوس آن نیز به حرکات دامنه‌ای رخ داده اشاره کرد. با توجه به اینکه هر کدام از این آثار می‌تواند اثرات منفی زیادی در منطقه داشته باشد، در پژوهش حاضر بررسی شده‌اند.

جابه‌جایی عمودی ناشی از زمین‌لرزه و همچنین حرکات دامنه‌ای پس از وقوع زمین‌لرزه، از جمله مهم‌ترین اثرات محسوس و نامحسوس زمین‌لرزه بر لندفرم‌ها به‌شمار می‌رود و همین مسئله سبب شده است تا واجدیان و همکاران (۱۳۹۰)، کرمی و همکاران (۱۳۹۶) و گورابی (۱۳۹۹) به‌ترتیب اثرات محسوس و نامحسوس زمین‌لرزه‌های بم (۱۳۸۲)، ورزقان (۱۳۹۱) و از گله (۱۳۹۶) را بررسی کنند. به‌منظور ارزیابی جابه‌جایی‌های صورت گرفته از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها روش تداخل‌سنجی راداری است. کاربرد این روش سبب شده است تا بوزانو<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۱۵)، هو<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶)، دیو<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷)، نگوین‌هائو و تاکوا<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۹)، ژائو<sup>۱۴</sup> و همکاران (۲۰۱۹)، ژانگ<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۱۹)، هیو<sup>۱۶</sup> و همکاران (۲۰۱۹)،

1- Yousuf

2- Roy &amp; Mastagar

3- Al-Taei &amp; Albusoda

4- Yazdaniyan

5- Sawada

6- Pan

7- Xu

8- Farfel

9- Bartels &amp; Van Rooyen

10- Bozzano

11- Ho

12- Du

13- Nguyen Hao &amp; Takewaka

14- Zhao

15- Zhang

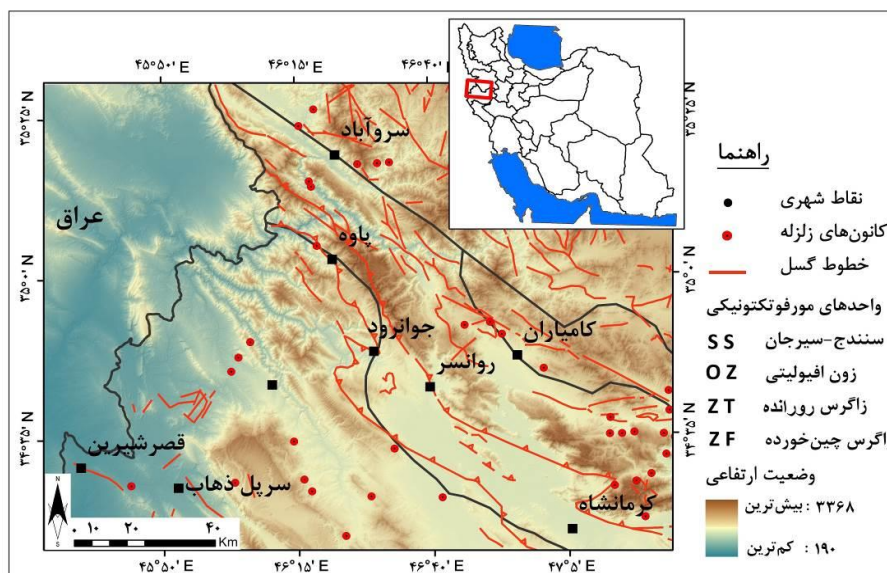
16- Hu



اصلان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹)، مهرابی و پورخسرانی (۱۳۹۷) و مقصودی و همکاران (۱۳۹۸) از این روش برای محاسبه میزان جابه‌جایی عمودی زمین استفاده کنند؛ همچنین در بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته از جمله ابیر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵)، سیگنا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۵)، باتسون<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۵) و یانگ<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۹) از این روش برای ارزیابی جابه‌جایی عمودی مناطق شهری و لندفرم‌های منطقه استفاده شده است. با توجه به موارد یادشده، هدف از نوشتار پیش رو ارزیابی اثرات محسوس و نامحسوس زمین‌لرزه ازگله کرمانشاه با استفاده از تصاویر راداری و روش تداخل‌سنجی راداری است.

### معرفی منطقه مورد بررسی

محدوده مورد مطالعه از نظر تقسیمات سیاسی در غرب ایران و بین دو استان کردستان و کرمانشاه قرار دارد و شهرهای سروآباد و کامیاران (در استان کردستان)، پاوه، جوانرود، روانسر، سرپل ذهاب، قصرشیرین و کرمانشاه (در استان کرمانشاه)، از شهرهای مهم در محدوده مورد بررسی هستند (شکل ۱). انتخاب محدوده مورد مطالعه متناسب با اهداف پژوهش، موقعیت کانون زمین‌لرزه ازگله و همچنین موقعیت تصاویر راداری بوده است. این محدوده از نظر تقسیمات صورت گرفته از سوی آقاناتی (۱۳۸۵)، در محدوده زاگرس چین‌خورده و زاگرس مرتفع قرار دارد و همچنین بخش‌های شمال شرقی آن نیز در پهنه سنج - سیرجان واقع شده است. قرار گرفتن این منطقه در نوار زاگرس و مجاورت با گسل‌های اصلی مانند گسل اصلی زاگرس، سبب شده است تا این محدوده پتانسیل لرزه‌خیز بالایی داشته باشد، به‌طوری که بیش از ۵۰٪ از زمین‌لرزه‌های ایران در نوار زاگرس ثبت شده است. از نظر ژئومورفولوژی بخش زیادی از محدوده را واحد کوهستان و دشت‌های میان‌کوهی دربر گرفته است و از نظر اقلیمی نیز با توجه به اختلاف ارتفاعی زیادی که دارد (حدود ۳۰۰۰ متر)، دارای تنوع اقلیمی زیادی است؛ به‌طوری که نیمه شمالی و کوهستان‌های شاهو و کوسالان زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های معتدل و مناطق جنوبی تابستان گرم و خشک و زمستان‌های سرد و نیمه‌مرطوب دارد.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

- 1- Aslan
- 2- Abir
- 3- Cigna
- 4- Bateson
- 5- Yang

## مواد و روش‌ها

داده‌های پژوهش شامل مدل رقومی ارتفاعی سی متر SRTM، لایه‌های اطلاعاتی رقومی، تصاویر سنتینل ۱ (مربوط به تاریخ‌های ۲۰۱۷/۱۱/۰۷ و ۲۰۱۷/۱۱/۱۹) و اطلاعات به‌دست‌آمده از راه بازدیدهای میدانی است. مهم‌ترین ابزارهای پژوهش شامل نرم‌افزار آرک جی.آی.اس.<sup>۱</sup> (به‌منظور تهیه نقشه و خروجی‌های نهایی) و GMT (به‌منظور انجام تداخل‌سنجی راداری) است. در جستار پیش رو به‌منظور بررسی اثرات زمین‌لرزه از گله بر لندفرم‌های منطقه مراحل زیر انجام شده است:

- **مرحله اول:** در این مرحله به‌منظور بررسی اثرات غیر مستقیم زمین‌لرزه از گله، ابتدا با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری، میزان جابه‌جایی عمودی منطقه محاسبه شده است. روش تداخل‌سنجی راداری یکی از روش‌هایی است که در اندازه‌گیری جابه‌جایی عمودی زمین به‌کار می‌رود، در این روش، تصاویر مختلف راداری که مقادیر فاز و دامنه موج برگشتی از عارضه به‌سمت سنجنده دارند، با یکدیگر تلفیق شده و تصویری به‌نام تداخل‌نگاشت<sup>۲</sup> تولید می‌شود. تداخل‌نگاشت تصویری است که از اختلاف فاز دو تصویر به‌دست آمده در دو زمان مختلف که از نظر هندسی به‌طور دقیق بر روی هم منطبق شده‌اند، حاصل می‌شود (دنیل<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). لازم به ذکر است که ثبت هندسی دو تصویر طی دو مرحله به‌صورت دقیق انجام می‌شود (هانسن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۱). در یک تداخل‌نگاشت، اطلاعات اختلاف فاز دو تصویر که گویای اختلاف فاصله عارضه تا سنجنده در دو زمان تصویربرداری است، وجود دارد. به‌کمک مقدار اختلاف فاز می‌توان متغیرهای مختلف از جمله میزان جابه‌جایی سطح زمین تا کسری از سانتی‌متر و اطلاعات توپوگرافی سطح زمین را با دقت ده متر استخراج کرد. در پژوهش حاضر به‌منظور انجام تداخل‌سنجی راداری از دو تصویر سنتینل ۱ استفاده شده است (جدول ۱).

- **مرحله دوم:** پس از محاسبه میزان جابه‌جایی عمودی منطقه، میزان جابه‌جایی عمودی رخ داده در لندفرم‌های محدوده مورد مطالعه (دشت‌ها و دامنه‌ها) بررسی شده است که به‌عنوان اثرات نامحسوس زمین‌لرزه بر لندفرم‌ها به‌شمار می‌رود.

- **مرحله سوم:** در این مرحله اثرات محسوس زمین‌لرزه بر روی لندفرم‌ها ارزیابی شده است. روش کار به این صورت است که ابتدا نقشه میزان پیوستگی منطقه، پیش از وقوع زمین‌لرزه تهیه شده است. برای این منظور از تصاویر مربوط به تاریخ‌های ۲۰۱۷/۱۰/۲۶ و ۲۰۱۷/۱۱/۰۷ استفاده شده است. درواقع، به این صورت مناطقی که پیوستگی پایین دارند (بدون تأثیر زمین‌لرزه) شناسایی شده‌اند؛ سپس نقشه پیوستگی منطقه مربوط به پیش و پس از زمین‌لرزه (۲۰۱۷/۱۰/۲۶ و ۲۰۱۷/۱۱/۰۷) تهیه شده است. با استفاده از این روش، مناطقی که بدون تأثیر زمین‌لرزه پیوستگی پایینی داشته‌اند، شناسایی شده‌اند.

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورد استفاده

| بیس لاین | پلاریزیشن | حالت مداری | نوع | تاریخ      | ماهواره  |
|----------|-----------|------------|-----|------------|----------|
| ۰        | VV        | نزولی      | SLC | ۲۰۱۷/۱۱/۰۷ | سنتینل ۱ |
| ۱۴/۲     | VV        | نزولی      | SLC | ۲۰۱۷/۱۱/۱۹ | سنتینل ۱ |

1- Arc GIS

2- Interferogram

3- Daniel

4- Hanssen

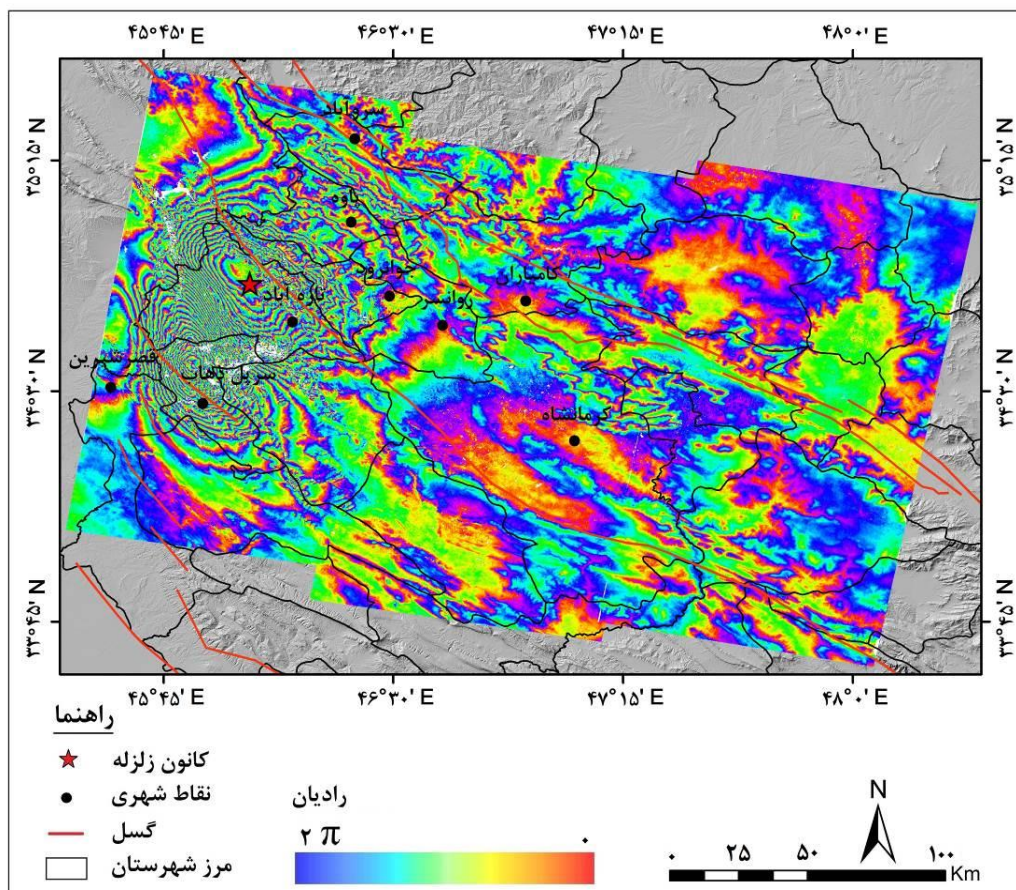
پس از شناسایی مناطق دارای پیوستگی پایین، مناطقی که پیش از زمین‌لرزه دارای پیوستگی بالا بوده‌اند، ولی پس از زمین‌لرزه پیوستگی آن‌ها پایین بوده، به‌عنوان مناطق آسیب‌دیده و دارای حرکت شناسایی شده است. پس از شناسایی این مناطق، نتایج، با نتیجه‌های به‌دست‌آمده از بازدیدهای میدانی (در بازدیدهای میدانی با استفاده از مصاحبه و همچنین مشاهدات میدانی، مناطقی که با حرکات دامنه‌ای روبه‌رو شده بودند، شناسایی شدند) مقایسه شده و سپس موقعیت دقیق مناطقی که با حرکات دامنه‌ای لغزش و ریزش روبه‌رو شده‌اند، شناسایی شده است.

## نتایج

### ارزیابی میزان جابه‌جایی عمودی منطقه

یکی از روش‌های بررسی تغییرات ناشی از زمین‌لرزه، استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری است. در این پژوهش به‌منظور تهیه نقشه میزان جابه‌جایی عمودی منطقه، ابتدا نقشه اینترفروگرام منطقه تهیه شده است (شکل ۲). بررسی نقشه اینترفروگرام تهیه‌شده بیانگر این است که مناطق غربی محدوده مطالعاتی که منطبق بر کانون زمین‌لرزه است، بیشترین تغییرات را داشته است.

پس از تهیه نقشه اینترفروگرام و انجام پیش‌پردازش‌های لازم، نقشه میزان جابه‌جایی عمودی منطقه تهیه شده است (شکل ۳). براساس نقشه جابه‌جایی منطقه، تحت تأثیر زمین‌لرزه ازگله، نیمه شمالی منطقه دچار فرونشست و نیمه جنوبی منطقه نیز با بالاآمدگی روبه‌رو شده است که براساس نتایج به‌دست‌آمده، ماکزیمم میزان فرونشست ۶۱۳ میلی‌متر بوده که بیشترین میزان آن در کانون زمین‌لرزه بوده و به‌سمت اطراف از میزان آن کاسته شده است و همچنین ماکزیمم میزان بالاآمدگی نیز ۹۱۷ میلی‌متر بوده است.

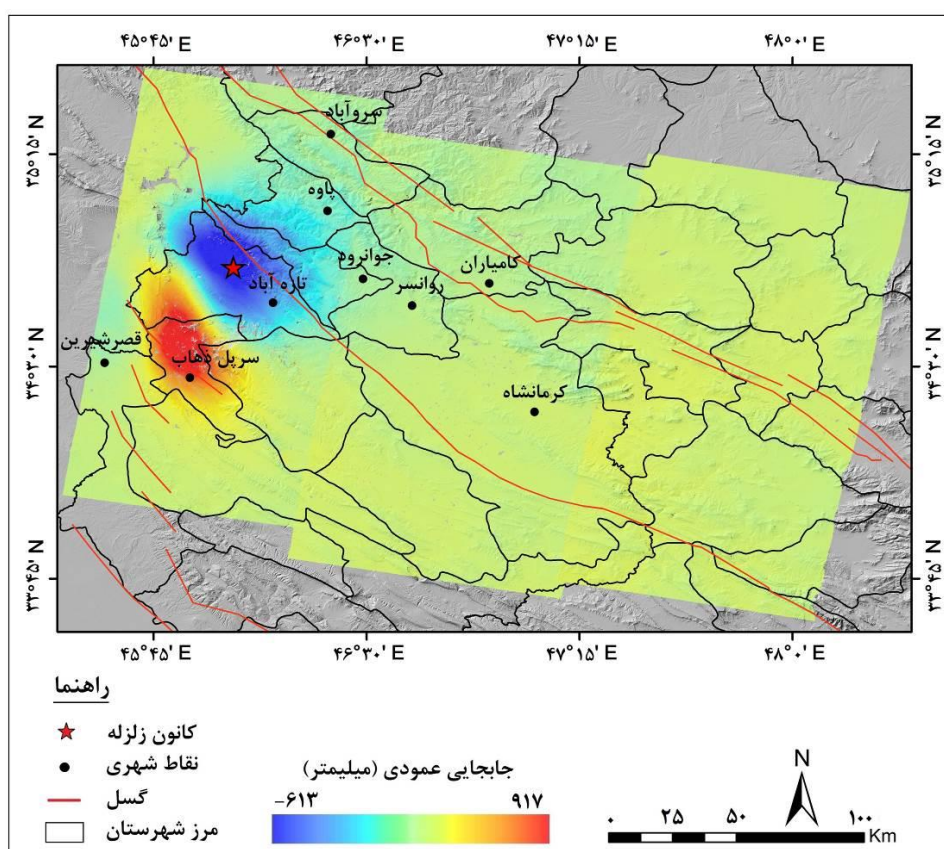


شکل ۲. نقشه اینترفروگرام منطقه مورد مطالعه (تصاویر پیش و پس از زمین‌لرزه)

بیشترین میزان آن نزدیک به کانون زمین‌لرزه بوده و به سمت اطراف از میزان آن کاسته شده است. نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی میزان جابه‌جایی عمودی منطقه، بیانگر تأثیر قابل توجه زمین‌لرزه ازگله در جابه‌جایی عمودی منطقه است که با توجه به اهمیت موضوع، در ادامه تأثیر این جابه‌جایی بر منطقه ارزیابی شده است.

### ارزیابی اثرات زمین‌لرزه بر لندفرم‌های منطقه

شکل زمین در گذر زمان تغییر می‌کند و این تغییرات می‌تواند به صورت دوره‌ای یا غیر دوره‌ای باشد. تغییر شکل زمین ممکن است مربوط به فرایندهای تکتونیکی مانند زمین‌لرزه، گسل، آتشفشان، زمین‌لغزش و فرایندهای انسانی مانند فعالیت معادن و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی باشد (آگوستان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از انواع تغییرات شکل زمین مربوط به جابه‌جایی عمودی سطح زمین، یعنی فرونشست و بالاآمدگی است (دکلارک<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷) که می‌توانند تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله زمین‌لرزه ایجاد شود؛ از زمین‌لرزه‌هایی که سبب ایجاد تغییرات زیادی در منطقه شد، زمین‌لرزه ازگله بوده است. این زمین‌لرزه سبب ایجاد تغییرات ارتفاع در واحدهای دشت، دامنه و نواحی کوهستانی شده است. این اثرگذاری در بسیاری از مناطق کاملاً محسوس (مانند دشت ذهاب که با تخریب گسترده نواحی سکونت‌گاهی همراه بوده است)، قابل مشاهده و در سطح گسترده‌ای صورت گرفته است و در مناطقی نیز به صورت نامحسوس (مانند دشت کرمانشاه که شواهد خاصی نداشته) بوده است. با توجه به اینکه بیشترین میزان تأثیر زمین‌لرزه ازگله روی واحدهای دشت و دامنه بوده است، در این بخش تغییرات شکل گرفته بر این واحدها بررسی خواهد شد.

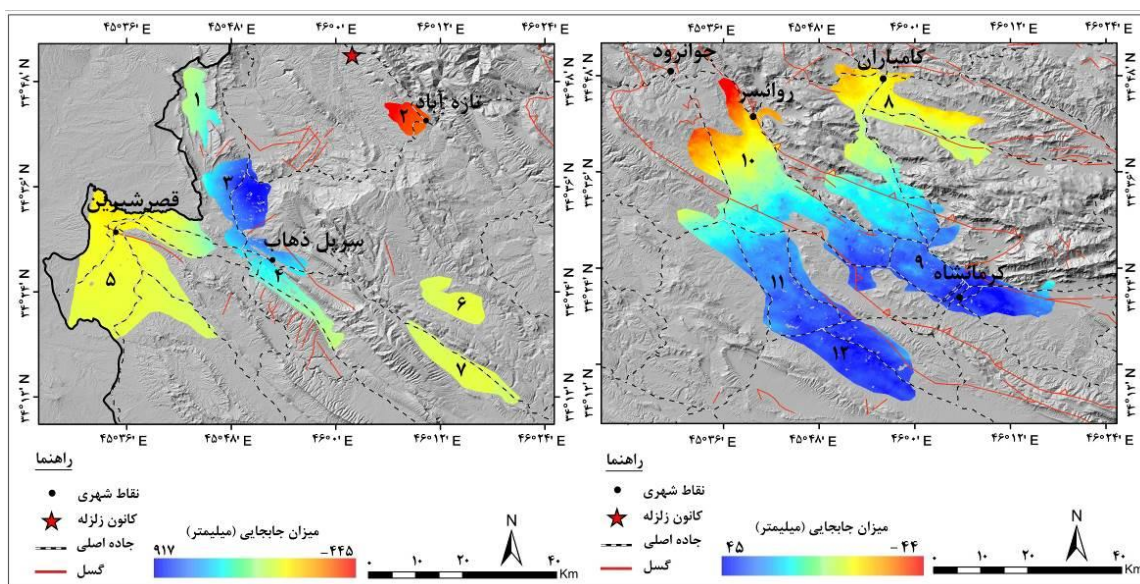


شکل ۳. نقشه میزان جابه‌جایی عمودی منطقه (پیش و پس از زمین‌لرزه)



## ارزیابی تأثیر زمین لرزه ازگله بر دشت‌ها

یکی از واحدهای ژئومورفولوژی که تحت تأثیر زمین لرزه ازگله قرار گرفته است، واحد دشت‌های منطقه است. نتایج ارزیابی‌ها بیانگر این است که این زمین لرزه به‌طور مستقیم سبب جابه‌جایی عمودی دشت‌های منطقه شده است که ارزیابی میزان جابه‌جایی صورت گرفته در هر کدام از این دشت‌ها بسیار مهم خواهد بود. درواقع ارزیابی‌های صورت گرفته روی دشت‌های منطقه بیانگر این است که در میزان جابه‌جایی عمودی منطقه، باید تمامی عوامل در نظر گرفته شود؛ برای مثال نمی‌توان فرونشست رخ داده در منطقه‌ای را فقط به افت سطح آب‌های زیرزمینی نسبت داد؛ زیرا براساس نتایج پژوهش حاضر، بسیاری از دشت‌ها تحت تأثیر حرکات تکتونیکی با فرونشست یا بالآمدگی روبه‌رو شده‌اند؛ بنابراین تغییرات صورت گرفته در هر کدام از دشت‌ها می‌تواند محاسبات مختلفی در برنامه‌ریزی‌های عمرانی، ازجمله محاسبه میزان افت سطح آب زیرزمینی را با مشکل و خطا مواجه کند. ارزیابی جابه‌جایی صورت گرفته ناشی از زمین لرزه ازگله در دشت‌های منطقه بیانگر این است که تحت تأثیر این رخداد، دشت‌های منطقه بین ۹۱۷ تا ۴۴۵- میلی‌متر جابه‌جایی داشته‌اند (شکل ۴). با توجه به اینکه کانون زمین لرزه در غرب محدوده مورد مطالعه بوده، بیشترین میزان تأثیر آن نیز در دشت‌های این منطقه بوده است. ارزیابی محاسبات صورت گرفته بیانگر این است که بیشترین میزان جابه‌جایی در دشت ذهاب رخ داده است، به‌طوری که این دشت تحت تأثیر زمین لرزه ازگله بین ۳۸۲ تا ۹۱۷ میلی‌متر بالآمدگی داشته است (جدول ۲).



شکل ۴. نقشه جابه‌جایی عمودی دشت‌های محدوده مورد مطالعه

جدول ۲. محاسبه میزان جابه‌جایی عمودی (برحسب میلی‌متر) دشت‌ها محدوده مورد مطالعه بر اثر زمین لرزه ازگله

| موقعیت در نقشه | نام دشت   | حداکثر جابه‌جایی | حداقل جابه‌جایی | موقعیت در نقشه | نام دشت  | حداکثر جابه‌جایی | حداقل جابه‌جایی |
|----------------|-----------|------------------|-----------------|----------------|----------|------------------|-----------------|
| ۱              | سرقلعه    | +۴۱۶             | +۱۴۷            | ۷              | کرند     | +۷۶              | +۸              |
| ۲              | حر        | -۴۳۸             | -۲۹۴            | ۸              | کامیاران | -۲۳              | -۳              |
| ۳              | ذهاب      | +۹۱۷             | +۳۸۲            | ۹              | کرمانشاه | +۴۳              | -۶              |
| ۴              | دیره      | +۵۸۲             | +۱۲۰            | ۱۰             | روانسر   | -۴۳              | +۶              |
| ۵              | قصر شیرین | +۳۰۶             | -۹۶             | ۱۱             | سنجایی   | +۲۹              | -۱۰             |
| ۶              | بیونج     | +۶۱              | +۴              | ۱۲             | ماهیدشت  | +۴۱              | +۱۲             |

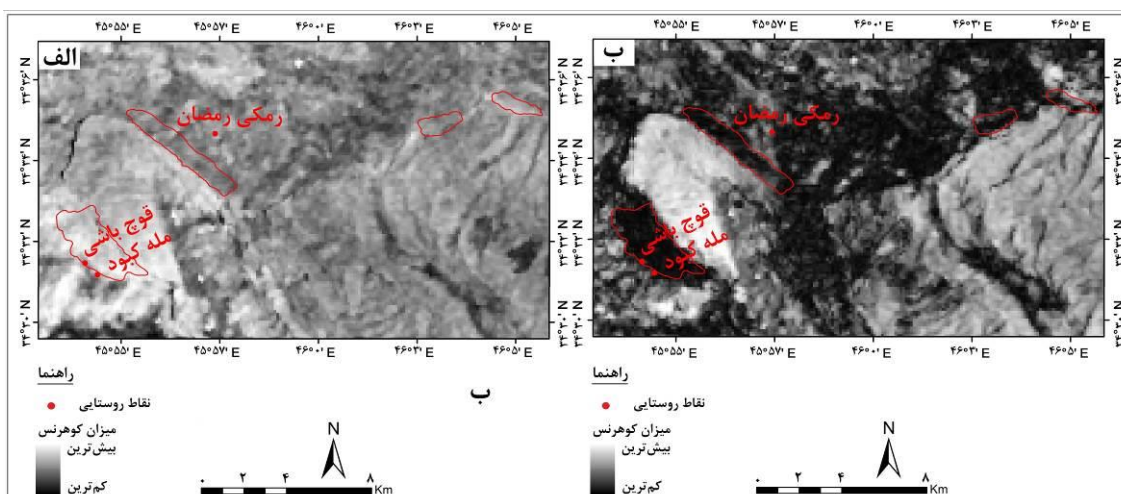
### ارزیابی تأثیر زمین‌لرزه ازگله بر دامنه‌ها

یکی دیگر از اثرات زمین‌لرزه ازگله، تأثیر مستقیم بر وقوع حرکات دامنه‌ای بوده است. این زمین‌لرزه با توجه به قدرتی که داشته است، سبب تحریک دامنه‌های مستعد لغزش و ریزش شده و در نتیجه منجر به وقوع زمین‌لغزش و ریزش در آن دامنه‌ها شده است. اثر این زمین‌لرزه بر دامنه‌های منطقه به صورت محسوس و نامحسوس بوده است، به طوری که زمین‌لرزه ازگله در بسیاری از دامنه‌ها، سبب جابه‌جایی عمودی شده است؛ ولی لغزش و حرکات دامنه‌ای محسوسی مشاهده نشده است، همچنین در بعضی از نواحی همانند دامنه‌های روستای مله‌کبود، زمین‌لرزه سبب وقوع حرکات دامنه‌ای شده است که کاملاً محسوس است. در ادامه به تشریح حرکات دامنه‌ای رخ داده در منطقه تحت تأثیر زمین‌لرزه ازگله پرداخته شده است.

### تأثیر زمین‌لرزه ازگله بر وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه

یکی از تأثیرات زمین‌لرزه، وقوع حرکات دامنه‌ای از نوع لغزش بوده است. زمین‌لرزه ازگله در ایجاد لغزش در مناطق مختلفی از محدوده مورد مطالعه تأثیر داشته است؛ از جمله مناطقی که با لغزش قابل توجهی روبه‌رو بوده، دامنه‌های ارتفاعات ریجاب و همچنین دامنه‌های شمالی دالاهو بوده است. در نوشتار پیش رو به منظور بررسی مناطقی که با لغزش مواجه شده است، از تصاویر راداری و بازدیدهای میدانی استفاده شده است. روش کار به این صورت است که ابتدا نقشه میزان پیوستگی منطقه، پیش از وقوع زمین‌لرزه تهیه شده؛ برای این منظور از تصاویر مربوط به تاریخ‌های ۲۰۱۷/۱۰/۲۶ و ۲۰۱۷/۱۱/۰۷ استفاده شده است. در واقع، به این صورت مناطقی که دارای پیوستگی پایین هستند (بدون تأثیر زمین‌لرزه) شناسایی شده است (شکل ۵ الف). سپس نقشه پیوستگی منطقه مربوط به پیش و پس از زمین‌لرزه (۲۰۱۷/۱۱/۰۷ و ۲۰۱۷/۱۱/۱۹) تهیه شده است (شکل ۵ ب). با استفاده از این روش، مناطقی که بدون تأثیر زمین‌لرزه دارای پیوستگی پایینی بوده‌اند، شناسایی شده‌اند.

بررسی نقشه میزان پیوستگی منطقه پس از وقوع زمین‌لرزه، بیانگر این است که میزان پیوستگی بسیاری از مناطق تحت تأثیر وقوع زمین‌لرزه پایین آمده که این به دلیل تأثیر مستقیم زلزله و ایجاد آشفستگی و حرکات زمین از جمله زمین‌لغزش در منطقه بوده است. پس از تهیه نقشه پیوستگی تصاویر، نقشه اینترفروگرام نیز تهیه شده است. به منظور تهیه اینترفروگرام، ابتدا نقشه اینترفروگرام با ضریب پیوستگی ۰/۱۲ (شکل ۶ الف) تهیه شده است که در این اینترفروگرام، مناطقی که با لغزش روبه‌رو شده‌اند، به دلیل اینکه پیوستگی خیلی پایینی دارند، ماسک شده‌اند و دارای پیکسل‌های بدون ارزش هستند.



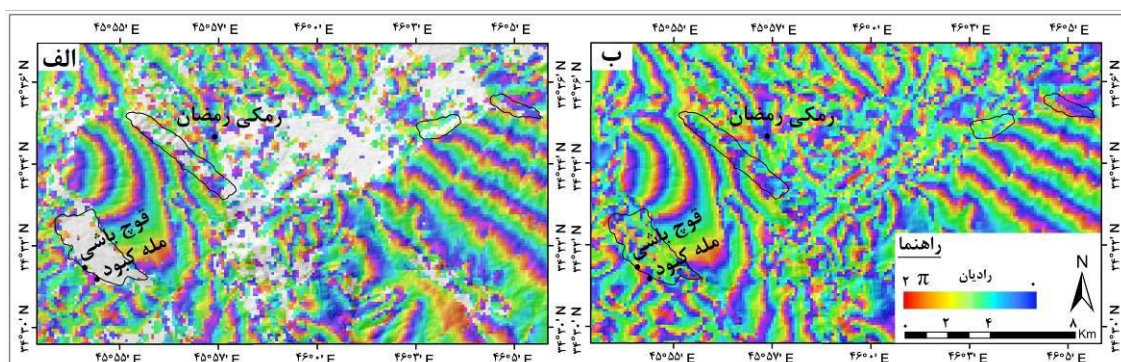
شکل ۵. نقشه پیوستگی تصاویر در دامنه‌های ریجاب: الف: پیش از وقوع زمین‌لرزه؛ ب: پس از وقوع زمین‌لرزه

در مرحله بعد، نقشه اینترفروگرام با ضریب پیوستگی  $0/00001$  تهیه شده است (شکل ۶ ب). پس از تهیه نقشه اینترفروگرام، نقشه میزان جابه‌جایی عمودی منطقه نیز تهیه شد (شکل ۷) که براساس آن، دامنه‌های ریباج تحت تأثیر زمین‌لرزه ازگله با بالآمدگی روبه‌رو شده است، این بالآمدگی تحت تأثیر زمین‌لغزش قرار گرفته و روند بالآمدگی را تغییر داده است.

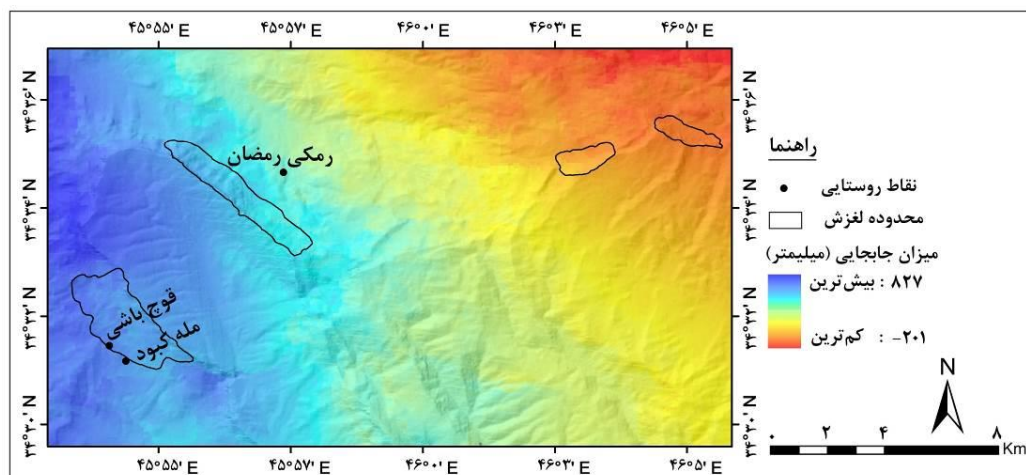
### تأثیر زمین‌لرزه ازگله در وقوع ریزش‌های منطقه

زمین‌لرزه ازگله افزون بر ایجاد لغزش در منطقه، سبب وقوع ریزش‌های زیادی نیز شده که بیشتر آن‌ها در نزدیکی کانون زمین‌لرزه و در دامنه‌های مجاور راه‌های ارتباطی بوده است. علت این مسئله وجود مناطق پوشیده شده از مصالح منفصل لغزش‌های قدیمی، خردشدگی تکنیکی شدید، شیب تند دامنه‌ها به‌علت تفاوت شدت فرسایش بین لایه‌های سخت رویی و لایه‌های نرم‌تر زیرین و غیره بوده است. با توجه به اهمیت موضوع، در پژوهش حاضر به سه مورد از مهم‌ترین ریزش‌های رخ داده ناشی از زمین‌لرزه ازگله پرداخته شده است. با توجه به اینکه ریزش‌ها به‌صورت پراکنده و در ابعاد کوچک‌تری نسبت به لغزش‌ها رخ داده است، نقشه پیوستگی منطقه مربوط به پیش و پس از زمین‌لرزه نشان داده شده است (شکل ۸).

پس از تهیه نقشه پیوستگی تصاویر، نقشه اینترفروگرام تصاویر با ضریب پیوستگی  $0/12$  و  $0/00001$  تهیه شده است (شکل ۹). پس از تهیه نقشه اینترفروگرام، نقشه میزان جابه‌جایی عمودی منطقه نیز تهیه شده است (شکل ۱۰) که بر اساس آن، منطقه دارای ریزش حدود  $664$  میلی‌متر بالآمدگی و  $106$  میلی‌متر فرونشست داشته است.

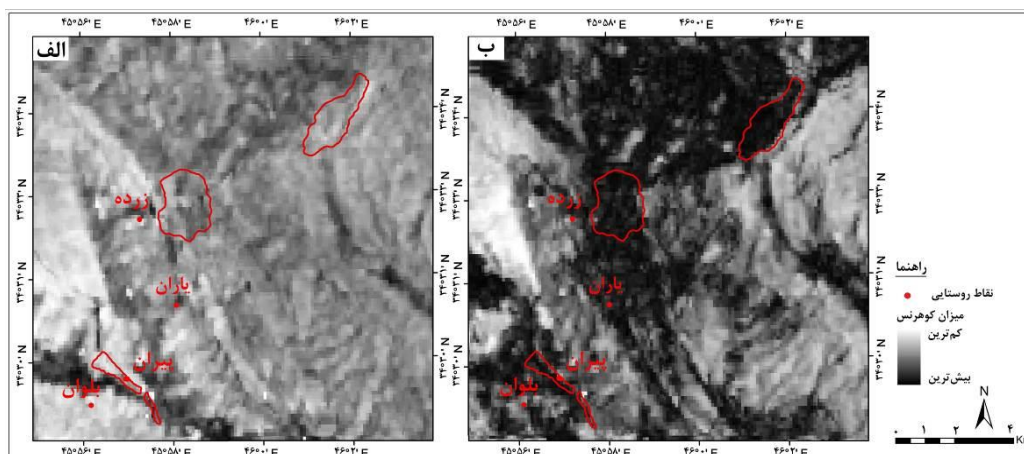


شکل ۶. نقشه اینترفروگرام دامنه‌های ریباج: الف: ضریب پیوستگی  $0/12$ ؛ ب: ضریب پیوستگی  $0/00001$

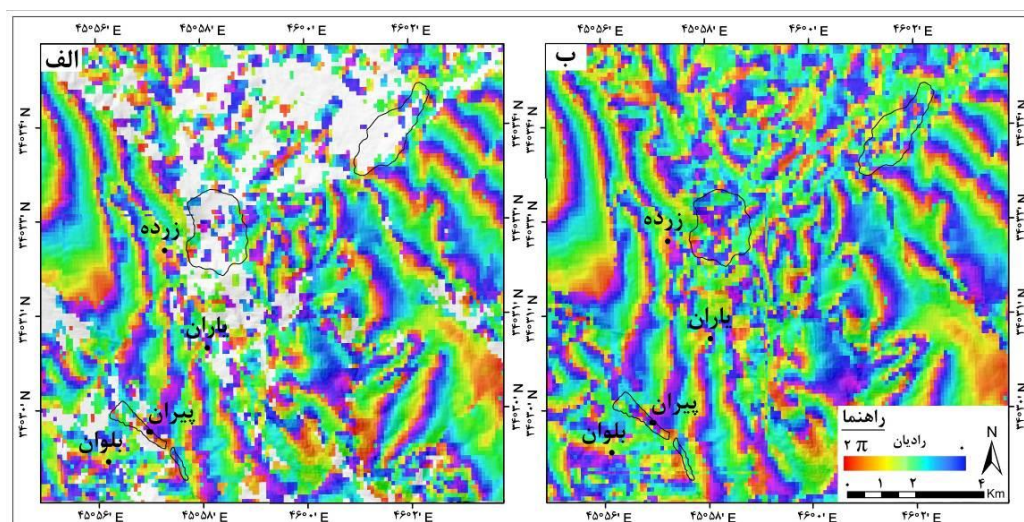


شکل ۷. نقشه میزان جابه‌جایی عمودی منطقه از تاریخ  $2017/11/07$  تا  $2017/11/19$

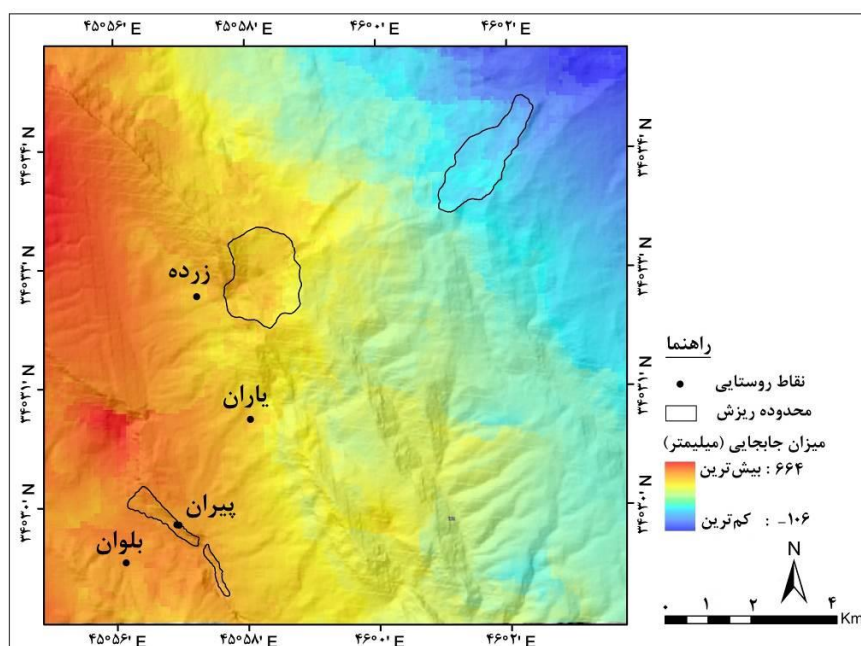




شکل ۸. نقشه پیوستگی مناطقی که دارای ریزش بوده است؛ الف: پیش از وقوع زمین‌لرزه؛ ب: پس از وقوع زمین‌لرزه



شکل ۹. نقشه اینترفروگرام مناطقی که دارای ریزش بوده است؛ الف: ضریب پیوستگی ۰/۱۲؛ ب: ضریب پیوستگی ۰/۰۰۰۰



شکل ۱۰. نقشه میزان جابه‌جایی عمودی منطقه از تاریخ ۲۰۱۷/۱۱/۰۷ تا ۲۰۱۷/۱۱/۱۹



## بحث

زمین‌لرزه مخاطره طبیعی ناگهانی است که بخشی‌های زیادی از ایران در معرض آن قرار دارند. یکی از زمین‌لرزه‌هایی که در طی سال‌های اخیر در ایران رخ داد و سبب وارد شدن خسارات جانی و مالی زیادی شد، زمین‌لرزه ۷/۳ ریشتری ازگله کرمانشاه در تاریخ ۱۳۹۶/۰۸/۲۱ بوده است. این زمین‌لرزه با عوارض محسوس و نامحسوس زیادی همراه بوده است (گورابی، ۱۳۹۹)؛ از جمله عوارض محسوس آن می‌توان به تخریب نواحی سکونت‌گاهی، راه‌ها، پل‌ها و سایر تأسیسات و همچنین حرکات دامنه‌ای اشاره کرد که سبب کشته و زخمی شدن هزاران نفر در غرب استان کرمانشاه شد؛ اما این زمین‌لرزه، در کنار آثار محسوسی که برجای گذاشته است، آثار نامحسوسی نیز داشته است که توجه به آن‌ها بسیار مهم خواهد بود. از آثار نامحسوس زمین‌لرزه ازگله می‌توان به جابه‌جایی عمودی منطقه اشاره کرد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۹) که سبب جابه‌جایی عمودی نواحی سکونت‌گاهی از جمله مناطق شهری شده است؛ همچنین این جابه‌جایی بر لندفرم‌های ژئومورفولوژی از جمله دشت‌ها و دامنه‌های واقع در محدوده مورد مطالعه نیز تأثیرات زیادی داشته است که این تأثیرات می‌تواند در بلندمدت آثار زیان‌باری در منطقه داشته باشد.

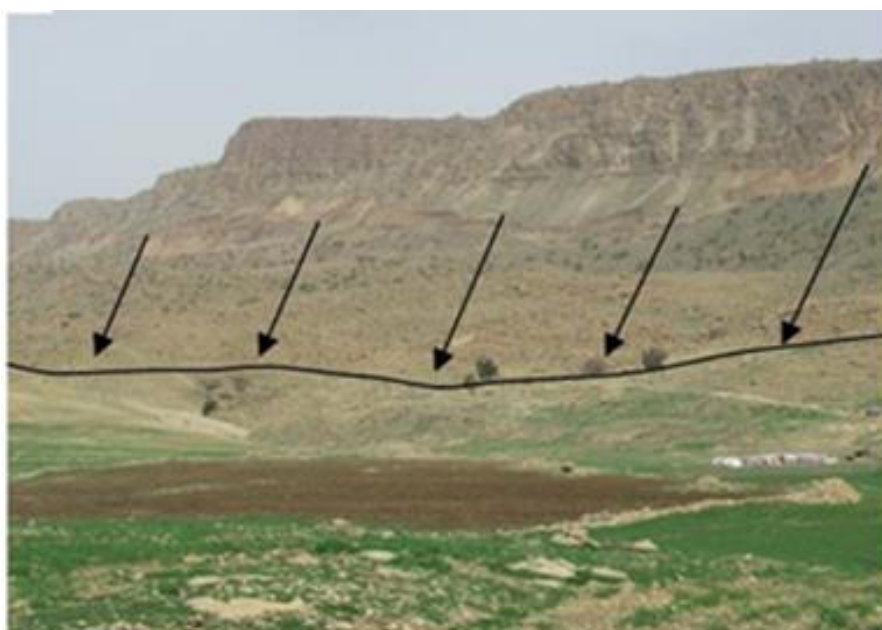
نتایج بررسی اثرات نامحسوس زمین‌لرزه ازگله بیانگر این است که این زمین‌لرزه نسبت به بسیاری از زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران از جمله زمین‌لرزه بم (سال ۱۳۸۲) که بین ۲۶- تا ۲۷+ میلی‌متر جابه‌جایی عمودی داشته است (واجیدیان و همکاران، ۱۳۹۰)، با جابه‌جایی عمودی بیشتری روبه‌رو شده است؛ به‌طوری که نتایج حاصل از تداخل‌سنجی راداری نشان داده است که محدوده مورد مطالعه بین ۶۱۳- تا ۹۱۷+ میلی‌متر جابه‌جایی عمودی داشته است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۹). بررسی جابه‌جایی عمودی منطقه بیانگر این است که شهرهای واقع در منطقه نیز از زمین‌لرزه ازگله متأثر بوده‌اند، به‌طوری که شهر سرپل‌ذهاب با بالا آمدگی بین ۳۱۹ تا ۶۷۶ میلی‌متر روبه‌رو شده که همین مسئله سبب تخریب گسترده این شهر شده است.

زمین‌لرزه ازگله اثرات زیادی بر لندفرم‌های منطقه داشته است. یکی از اثرات مهم آن، جابه‌جایی عمودی دشت‌های واقع در منطقه است. درواقع تحت تأثیر زمین‌لرزه ازگله، دشت‌های واقع در منطقه با جابه‌جایی عمودی قابل توجهی روبه‌رو شده‌اند؛ به‌طوری که دشت‌های نزدیک به کانون زمین‌لرزه از جمله دشت ذهاب بین ۳۸۲ تا ۹۱۷ میلی‌متر بالا آمدگی داشته است. جابه‌جایی عمودی دشت‌ها افزون بر آثار زیان‌باری که در بلندمدت دارند، در کوتاه‌مدت نیز می‌تواند در بسیاری از محاسبات همچون محاسبه سطح آب زیرزمینی، میزان افت سطح آب و غیره اثرگذار باشد.

زمین‌لرزه‌ها افزون بر اثرات نامحسوسی که بر لندفرم‌ها دارند، با اثرات محسوس زیادی نیز همراه هستند. همانند زمین‌لرزه بم در سال ۱۳۸۲ (مهرابی و زعفرانی، ۱۳۹۸) و زمین‌لرزه ورزقان در سال ۱۳۹۱ (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶) که زمین‌لرزه باعث تأثیر بر لندفرم‌ها از جمله دامنه‌ها شد، زمین‌لرزه ازگله نیز اثرات زیادی بر دامنه‌های منطقه برجای گذاشته است. درواقع، یکی دیگر از اثرات مهم زمین‌لرزه ازگله، ایجاد ناپایداری در دامنه‌ها و وقوع زمین‌لغزش و ریزش در دامنه‌های منطقه بوده است (گورابی، ۱۳۹۹). زمین‌لرزه ازگله با توجه به قدرتی که داشته است، نسبت به زمین‌لرزه‌های بم و ورزقان با تخریب و اثرگذاری بیشتری بر دامنه‌ها همراه بوده و همچنین میزان اثرگذاری آن در گستره بیشتری بوده است. درواقع، قدرت زیاد این زمین‌لرزه سبب تحریک دامنه‌های مستعد لغزش و ریزش شده و در نتیجه منجر به وقوع زمین‌لغزش و ریزش در آن دامنه‌ها شده است. اثر این زمین‌لرزه بر دامنه‌های منطقه به‌صورت محسوس و نامحسوس بوده است، به‌طوری که زمین‌لرزه ازگله در بسیاری از دامنه‌ها، سبب جابه‌جایی عمودی شده، ولی لغزش و حرکات دامنه‌ای محسوسی مشاهده نشده است؛ همچنین در

برخی از نواحی همانند از جمله دامنه‌های روستای رمکی رمضان، مله کبود و قوچ‌باشی، زمین‌لرزه سبب وقوع حرکات دامنه‌ای شده است که بسیار محسوس است (شکل ۱۱).

زمین‌لرزه از گله افزون بر ایجاد لغزش در منطقه، سبب وقوع ریزش‌های زیادی نیز شده است که بیشتر آن‌ها در نزدیکی کانون زمین‌لرزه و در دامنه‌های مجاور راه‌های ارتباطی از جمله مناطق نزدیک آبشار پیران بوده است (شکل ۱۲). علت این مسئله وجود مناطق پوشیده شده از مصالح منفصل لغزش‌های قدیمی، خردشدگی تکتونیکی شدید، شیب تند دامنه‌ها به علت تفاوت شدت فرسایش بین لایه‌های سخت رویی و لایه‌های نرم‌تر زیرین و غیره بوده است.



شکل ۱۱. تصویری از زمین‌لغزش روستای مله کبود بر اثر زمین‌لرزه از گله



شکل ۱۲. تصویری از ریزش رخ داده در مناطق نزدیک آبشار پیران بر اثر زمین‌لرزه از گله

### نتیجه‌گیری

یکی از اثرات مهم زمین‌لرزه‌ها، تأثیر بر لندفرم‌های منطقه است. با توجه به بزرگای زمین‌لرزه، لندفرم‌ها با تغییرات محسوس و نامحسوسی روبه‌رو می‌شوند که می‌توانند سبب بروز خسارت‌های زیادی شوند. درمورد اثرات زمین‌لرزه، پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته که بیشتر این مطالعات، اثرات محسوس زمین‌لرزه و میزان خسارات وارد شده را بررسی کرده‌اند؛ اما در نوشتار پیش رو اثرات محسوس و نامحسوس زمین‌لرزه بر لندفرم‌های منطقه ارزیابی شده است. نتایج پژوهش حاضر بیانگر این است که تحت تأثیر زمین‌لرزه ازگله، نیمه شمالی منطقه دچار فرونشست و نیمه جنوبی نیز با بالآمدگی روبه‌رو شده است که براساس نتایج به‌دست‌آمده، ماکزیمم میزان فرونشست ۶۱۳ میلی‌متر بوده است که بیشترین میزان آن در کانون زمین‌لرزه بوده است و به سمت اطراف از میزان آن کاسته شده و همچنین ماکزیمم میزان بالآمدگی نیز ۹۱۷ میلی‌متر بوده است که بیشترین میزان آن نزدیک به کانون زمین‌لرزه بوده و به سمت اطراف از میزان آن کاسته شده است.

با توجه به جابه‌جایی عمودی رخ داده در منطقه، لندفرم‌های منطقه نیز با جابه‌جایی زیادی مواجه شده‌اند؛ به‌طوری که دشت‌های واقع در منطقه نیز تحت تأثیر این جابه‌جایی بوده‌اند که بیشترین میزان جابه‌جایی با ۳۸۲ تا ۹۱۷ میلی‌متر بالآمدگی مربوط به دشت ذهاب بوده است. برخلاف دشت‌های منطقه که جابه‌جایی و تغییرات صورت گرفته در آن‌ها به‌طور عمده به‌صورت نامحسوس بوده است، دامنه‌های واقع در منطقه افزون بر اثرات نامحسوس با اثرات محسوس زیادی نیز روبه‌رو شده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از روش تداخل‌سنجی راداری و همچنین بازدیدهای میدانی بیانگر این است که بسیاری از دامنه‌های منطقه از جمله دامنه‌های واقع در نزدیک روستاهای رمکی رمضان، مله‌کبود و قوچ‌باشی با زمین‌لغزش مواجه شده‌اند و همچنین بسیاری از دامنه‌ها، همچون دامنه‌های نزدیک به آبشار پیران و دره بابایادگار با ریزش روبه‌رو شده‌اند. مجموع نتایج حاصله از پژوهش بیانگر این است که زمین‌لرزه ازگله اثرات محسوس و نامحسوس زیادی بر منطقه داشته است که در بسیاری از مناطق از جمله دامنه‌های مله‌کبود این اثرات به‌صورت محسوس بوده است و در بسیاری از مناطق نیز مانند دشت‌های منطقه، این اثرات به‌صورت نامحسوس (فقط با جابه‌جایی عمودی) بوده است. اثرات نامحسوس زمین‌لرزه در دشت‌ها افزون بر آثار زیان‌باری که در بلندمدت دارند، در کوتاه‌مدت نیز می‌تواند در بسیاری از محاسبات از جمله محاسبه سطح آب زیرزمینی، میزان افت سطح آب و غیره اثرگذار باشد؛ همچنین این اثرات در دامنه‌ها نیز می‌تواند سبب گسیختگی و ناپایداری دامنه‌ها شود و زمینه را برای وقوع حرکات دامنه‌ای بعدی فراهم آورد.

### منابع

- آقاباتی، سیدعلی (۱۳۸۵). زمین‌شناسی/ایران. تهران: انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- زارع، مهدی؛ کامران‌زاد، فرناز (۱۳۹۳). پراکندگی لرزه‌خیزی در ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۱ (۴)، ۳۹-۵۸.
- کریمی، فریبا؛ بیاتی‌خطیبی، مریم؛ ملکی، شهرام (۱۳۹۶). بررسی مخاطرات ناشی از زلزله اهر ورزقان در حوضه سرندچای و پیرامون آن. مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۶ (۱۴)، ۱۵۳-۱۶۸.
- گورابی، ابوالقاسم (۱۳۹۹). کمی‌سازی زمین‌لغزش بزرگ مله‌کبود ناشی زمین‌لرزه ۷/۳ سال ۱۳۹۶ کرمانشاه با استفاده از اینترفرومتری. مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱ (۶۰)، ۱-۲۰.
- مقصودی، یاسر؛ امانی، رضا؛ احمدی، حسن (۱۳۹۸). بررسی رفتار فرونشست زمین در منطقه غرب تهران با استفاده از تصاویر سنجنده سنتینل ۱ و تکنیک تداخل‌سنجی راداری مبتنی بر پراکنش‌گرهای دائمی. مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵ (۱)، ۲۹۹-۳۱۳.

مهرابی، حمید؛ زعفرانیه، سعید (۱۳۹۸). تخمین وسعت تخریب ناشی از زلزله با استفاده از تداخل‌سنجی راداری و تصاویر نوری (مطالعه موردی: زلزله ۱۳۸۲ بم). *نشریه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، ۷ (۴)، ۱۵۷-۱۷۳.

مهرابی، علی؛ پورخسروانی، محسن (۱۳۹۷). اندازه‌گیری میزان جابه‌جایی سطح زمین ناشی از زلزله ۱۳۸۳ داهوئیه (زرنده) استان کرمان و شناسایی گسل عامل آن با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری. *مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۷ (۱)، ۶۱-۷۳.

واجدیان، ساناز؛ سراجیان، محمدرضا؛ منصوری، بابک (۱۳۹۰). استخراج میدان جابه‌جایی سه‌بعدی با استفاده از فن تداخل‌سنجی رادار با دریچه مصنوعی (SAR)؛ بررسی موردی گسل بم. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۷ (۲)، ۸۳-۹۶.

## References

- Abir, I. A., Khan, S. D., Ghulam, A., Tariq, S. & Shah, M. T. (2015). Active tectonics of western Potwar Plateau-Salt Range, northern Pakistan from InSAR observations and seismic imaging. *Remote Sensing of Environment*, 168 (1), 265-275.
- Aghanbati, S. A. (1385). Geology of Iran. *Publications of the Geological Survey and Mineral Exploration of Iran*. (In Persian)
- Agustan, A., Sulaiman, A. & Ito, A. (2016). Measuring Deformation in Jakarta through Long Term Synthetic Aperture Radar (SAR) Data Analysis. *2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing (ICOIRS)*.
- Al-Taie A. J. & Albusoda, B. S. (2019). Earthquake hazard on Iraqi soil: Halabjah earthquake as a case study. *Geodesy and Geodynamics*, 10 (3), 196-204.
- Aslan, G., Cakir, Z., Lasserre, C. & Renard, F. (2019). Investigating Subsidence in the Bursa Plain, Turkey, Using Ascending and Descending Sentinel-1 Satellite Data. *Remote Sensing*, 11 (1), 1-17.
- Bartels, S. A. & Van Rooyen, M. J. (2012). Medical complications associated with earthquakes. *Lancet*, 379 (9817), 748-757.
- Bateson, L., Cigna, F., Boon, D. & Sowter, A. (2015). The application of the Intermittent SBAS (ISBAS) InSAR method to the South Wales Coalfield, UK. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 34 (1), 249-257.
- Bozzano, F., Esposito, C., Franchi, S., Mazzanti, P., Perissin, D. & Rocca, A. (2015). Understanding the subsidence process of a quaternary plain by combining geological and hydrogeological modelling with satellite InSAR data: the acque albule plain case study. *Remote Sensing of Environment*, 168 (1), 219-238.
- Cigna, F., Novellino, A., Colm, J. Sowter, A. (2015). Intermittent SBAS (ISBAS) InSAR with COSMO-SkyMed X-band high resolution SAR data for landslide inventory mapping in Piana degli Albanesi (Italy). In: SPIE Proceedings: SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques XIV. *Amsterdam, Netherlands*, 22 Sep.
- Daniel, R. C., Maisons, C., Carnec, S., Mouelic, L., King, C. & Hosford, S. (2003). Monitoring of slow ground deformation by ERS radar interferometry on the Vauvert salt mine (France) Comparison with ground-based measurement. *Remote Sensing of Environment*, 88 (4), 468-478.
- Declercq, P., Walstra, J., Gérard, P., Pirard M E., Perissin, D., Meyvis, B. & Devleeschouwer, X. (2017). A Study of Ground Movements in Brussels (Belgium) Monitored by Persistent Scatterer Interferometry over a 25-Year Period. *Geosciences*, 7 (4), 1-17.
- Du, Y., Feng, G., Peng, X. & Li, Z. (2017). Subsidence Evolution of the Leizhou Peninsula, China, Based on InSAR Observation from 1992 to 2010. *Applied Sciences*, 7 (5), 1-18
- Farfel, A., Assa, A., Amir, I., Bader, I., Bartal, C. & Kreiss, Y. (2011). Haiti earthquake 2010: a field hospital pediatric perspective, *Eur J Pediatr*, 170 (4), 519-525.
- Gorabi, A. (1399). Quantification of the Great Landslide caused by the Kermanshah earthquake on 7/3/2017 using interferometry. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 21 (60), 1-20 (In Persian).
- Hanssen, R. F. (2001). *Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Ho, D. T. D., Tran, C. Q., Nguyen, A. D. & Le, T. T. (2016). Measuring ground subsidence in Hanoi city by radar interferometry. *Science and Technology Development Journal*, 19 (2), 122-129.
- Hu, B., Chen, X. & Zhang, X. (2019). Using Multisensor SAR Datasets to Monitor Land Subsidence in Los Angeles from 2003 to 2017. *Sensors*, 1 (1), 1-15.
- Karami, F., Bayati Khatibi, M. & Maleki, S. (2017). Investigation of hazards caused by Ahar Varzeqan earthquake in and around Sarand Chay basin, *Journal of Natural Environment Hazard*, 6 (14), 168-153. (In Persian)
- Maghsoudi, Y., Amani, R. & Ahmadi, H. (1398). Investigation of land subsidence behavior in the western region of Tehran using Sentinel 1 sensor images and radar interferometry technique based on permanent dispersants. *Journal of Research in Water Resources Iran*, 15 (1), 313-299. (In Persian)
- Mehrabi, A. & Pourkhosravani, M. (1397). Measuring the amount of surface displacement caused by the 2004 Dahouieh (Zarand) earthquake in Kerman province and identifying its fault using radar interferometry method. *Journal of Quantitative Geomorphological Research*, 7 (1), 63-71. (In Persian)
- Mehrabi, H. & Zaefaranieh, S. (2009). Estimating the extent of earthquake damage using radar interferometry and optical images (Case study: 2003 Bam earthquake). *Journal of Spatial Information Technology Engineering*, 7 (4), 157-173. (In Persian)
- Nguyen Hao, Q. & Takewaka, S. (2019). Detection of Land Subsidence in Nam Dinh Coast by Dinsar Analyses, *International Conference on Asian and Pacific Coasts*, pp: 1287-1294.
- Pan, S. T., Cheng, Y.Y. & Lin, C. H. (2019). Extrication time and earthquake-related mortality in the 2016 Taiwan earthquake. *Journal of the Formosan Medical Association*, 118 (11), 1504-1514.
- Roy, T. & Matsagar, V. (2020). Probabilistic assessment of steel buildings installed with passive control devices under multi-hazard scenario of earthquake and wind. *Structure and Infrastructure Engineering*, 85 (1), 1-17
- Sawada, Y., Nakazawa, H., Take, W. A. & Kawabata, T. (2019). Full scale investigation of GCL damage mechanisms in small earth dam retrofit applications under earthquake loading. *Geotextiles and Geomembranes*, 47 (4), 502-513.
- Vajdian, S., Serajian, M. R. & Mansoori, B. (2011). Extraction of three-dimensional displacement field using artificial radar interferometer (SAR) technique; Case study of Bam fault. *Journal of Earth and Space Physics*, 37 (2), 83-96. (In Persian)
- Xu, Z., Lu, X., Cheng, Q., Guan, H., Deng, L. & Zhang, Z. (2018). A smart phone-based system for post-earthquake investigations of building damage. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27 (1), 214-222.
- Yang, C., Han, B., Zhao, C., Du, J., Zhang, D. & Zhu, S. (2019). Co- and post-seismic Deformation Mechanisms of the MW 7.3 Iran Earthquake (2017) Revealed by Sentinel-1 InSAR Observations, *Remote sensing*, 11 (418), 1-17.
- Yazdanian, M., Ingham, J. M., Lomax, W., Wood, R. & Dizhur, D. (2020). Damage observations and remedial options for approximately 1500 legged and flat-based liquid storage tanks following the 2016 Kaikōura earthquake. *Structures*, 24 (1), 357-376.
- Yousuf, M., Bukhari, S. K., Bhat, G. R., Ali, A. (2020). Understanding and managing earthquake hazard visa viz disaster mitigation strategies in Kashmir valley, NW Himalaya. *Progress in Disaster Science*, 5 (1), 1-11.
- Zare, M. & Kamranzade, F. (2014). Seismic scattering in Iran. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 1 (4), 39-58. (In Persian)
- Zhang, Y., Liu, Y., Jin, M., Jing, Y., Liu, Y., Liu, Y., Sun, W., Wei, J. & Chen, Y. (2019). Monitoring Land Subsidence in Wuhan City (China) using the SBAS-InSAR Method with Radarsat-2 Imagery Data. *Sensors*, 19 (3), 1-16
- Zhao, Q., Ma, G., Wang, Q., Yang, T., Liu, M., Gao, W., Falabella, F., Mastro, P. & Pepe, A. (2019). Generation of long-term InSAR ground displacement time-series through a novel multi-sensor data merging technique: The case study of the Shanghai coastal area. *Photogrammetry and Remote Sensing*, 154 (1), 10-27.





## Evaluation the Distribution of Effective Factors on Habitat Diversity in Kermanshah Protected Areas

Peyman Karami<sup>1</sup>, Kamran Shayesteh<sup>1\*</sup>, Nasrullah Rastegar-Pouyani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Malayer, Hamedan, Iran

<sup>2</sup>Department of Biology, Faculty of Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran

### ARTICLE INFO

Article Type: Research article

#### Article history:

Received 15 March 2020

Accepted 17 May 2020

Available online 16 September 2020

#### Keywords:

Surrogate of Biodiversity;  
Topography, Protected Areas;  
Habitat Diversity;  
Kermanshah Provinces.

**Citation:** Karami, P., Shayesteh, K., Rastegar-Pouyani, N. (2020). Evaluation the Distribution of Effective Factors on Habitat Diversity in Kermanshah Protected Areas. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (2), 105-123. doi: [10.22126/GES.2020.5117.2216](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5117.2216)

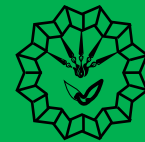
### ABSTRACT

Destruction and habitat fragmentation are considered as the most challenging issues of biodiversity and establishment of protected areas is one of preventive methods to reduce biodiversity. Therefore, there are different criteria to choose it. Kermanshah province has covered different habitats due to its diverse ecologic condition. The current study aims to evaluate and compare the distribution of effective indices on habitat diversity in protected areas of Kermanshah province. In this regard, Surrogates such as altitude, slope, aspect, roughness of altitude, Shortwave Infrared Water Stress Index (SIWSI), Compound Topographic Index (CTI), normalized different vegetation index (NDVI), vegetation type and Roughness of NDVI have been used as Biodiversity surrogates. Since the protected areas should be indicative samples of their surroundings, all the mentioned variables were prepared for Kermanshah province area and then all maps for slope and cover type were divided into 10 classes based on Jenks method. Shannon-Wiener (H), Simpson (D) and Macintosh (D) indices were used for diversity analysis, and Pielou (J') and Macintosh (E) indices were used for richness analysis. The results show that in terms of diversity indices for slope, CTI, altitude, NDVI, roughness of altitude, Roughness of NDVI, SIWSI and slope, Hashilan no hunting area, Ghalajeh protected area, Nava Koh no hunting area, Dalakhani and Amroleh no hunting area, Bistoon protected area and Bistoon Wildlife Refuge have the highest diversity indices, respectively. The slope and CTI variables share most similarity in terms of distribution of classes among the protected areas, and the vegetation type variable has had the least similarity among the protected areas. Among the hunting-banned and protected areas, the highest diversity exists in the Amroleh and Dalakhani and Bistoon protected area, respectively. The results of this study can be useful in choosing the correct complementary protected logic.

\*. Corresponding author E-mail address:

[ka\\_shayesteh@yahoo.com](mailto:ka_shayesteh@yahoo.com)





## ارزیابی توزیع عوامل مؤثر بر تنوع زیست‌گاهی در مناطق حفاظت‌شده استان کرمانشاه

پیمان کرمی<sup>۱</sup>، کامران شایسته<sup>۱\*</sup>، نصراله رستگار پویانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

<sup>۲</sup>گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

### چکیده

### مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۵ اسفند ۱۳۹۸

پذیرش ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۲۶ شهریور ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

جانشین‌های تنوع زیستی، توپوگرافی، مناطق حفاظت‌شده، تنوع زیست‌گاهی، استان کرمانشاه.

استناد: کرمی، پیمان؛ شایسته، کامران؛ رستگار پویانی، نصراله (۱۳۹۹). ارزیابی توزیع عوامل مؤثر بر تنوع زیست‌گاهی در مناطق حفاظت‌شده استان کرمانشاه. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۲)، ۱۰۵-۱۲۳.

doi: [10.22126/GES.2020.5117.2216](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5117.2216)

تخریب و تکه‌تکه‌شدن زیست‌گاه یکی از چالش‌های مهم تنوع زیستی به‌شمار می‌رود و استقرار مناطق حفاظت‌شده، از روش‌های جلوگیری از کاهش و از بین رفتن تنوع زیستی است که معیارهای مختلفی نیز برای انتخاب آن وجود دارد. استان کرمانشاه به دلیل شرایط متنوع اکولوژیک، زیست‌گاه‌های مختلفی را دربر گرفته است. هدف از نوشتار پیش رو ارزیابی و مقایسه توزیع شاخص‌های مؤثر بر تنوع زیست‌گاهی در مناطق حفاظت‌شده استان کرمانشاه است. در این راستا از جانشین‌های ارتفاع، شیب، جهت شیب، زبری ارتفاع، شاخص رطوبت سطحی خاک، آمیختگی توپوگرافی، شاخص تراکم، تیپ و زبری تراکم پوشش گیاهی به مثابه جانشین‌های تنوع استفاده شد. از آنجاکه مناطق حفاظت‌شده باید نمونه‌های شاخصی از محیط پیرامون خود باشند، تمام متغیرهای پیش گفته به‌ازای محدوده استان کرمانشاه تهیه شده و سپس تمام نقشه‌ها به‌جز جهت شیب و تیپ پوشش گیاهی براساس روش جنکز به ده طبقه تقسیم شدند. از شاخص‌های شانون-وینر (H)، سیمپسون (D) و مکینتاش (D) برای تحلیل تنوع و از شاخص‌های پایلو (J) و مکینتاش (E) برای تحلیل غنا استفاده شد. نتایج نشان داد که از نظر شاخص‌های تنوع، جهت، آمیختگی توپوگرافی، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی، زبری ارتفاع، زبری پوشش گیاهی، رطوبت خاک و شیب به‌ترتیب در مناطق شکارممنوع هشیلان، منطقه حفاظت‌شده قلاج، منطقه شکارممنوع نواکوه، منطقه شکارممنوع امروله و دالاخانی، منطقه حفاظت‌شده بیستون و پناه‌گاه حیات‌وحش بیستون بیشترین مقدار تنوع را دارند. متغیرهای جهت شیب و شاخص آمیختگی توپوگرافی، بیشترین شباهت را از نظر توزیع طبقات و متغیر تیپ پوشش گیاهی کمترین شباهت را در میان مناطق حفاظت‌شده دارند. از بین مناطق شکارممنوع و مناطق حفاظت‌شده، بیشترین تنوع به‌ترتیب در منطقه امروله و دالاخانی و منطقه حفاظت‌شده بیستون وجود دارد. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در راستای انتخاب صحیح مناطق حفاظت‌شده مکمل، کارآمد باشد.

## مقدمه

از دهه ۱۹۶۰ رشد شتابنده تخریب زیست گاه و تهدیدهای به وجود آمده برای تنوع زیستی به دلایل مختلف، منجر به افزایش نگرانی‌ها برای باقی ماندن تنوع زیستی در میان طرفداران محیط زیست شده است (جعفری و همکاران، ۱۳۸۹). از این رو تنها راه حفاظت از زیست گاه‌های طبیعی و بکر، ایجاد مناطق حفاظت شده است (باهولا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). پایه و اساس حفاظت از تنوع زیستی، مناطق حفاظت شده دریا و خشکی هستند (بهرامی نژاد و همکاران، ۱۳۹۷). این مناطق به منزله ابزاری در مقابل فشارهای توسعه به شمار می‌روند (کالسن<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) و بر اساس معیارهای ذهنی و عینی به منظور حفاظت از تنوع زیستی انتخاب می‌شوند (ورگلیو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). مناطق حفاظت شده شامل پارک‌های ملی، سیمای حفاظت شده و انواع بی‌شماری از ذخیره گاه‌ها هستند (لورینگتون<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). از نقش‌های آن‌ها می‌توان به حفظ تنوع زیستی، حفاظت از میراث فرهنگی، نگهداری از خدمات اکوسیستم و مزایای اقتصادی - اجتماعی اشاره کرد (لی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۳).

مدیریت مناطق حفاظت شده به مثابه ابزاری برای حفاظت پهنه‌های شکننده در پهنای جهان بر این فرض استوار است که این مناطق ارزش‌هایی دارند که مستلزم حفاظت است (سعیدی و میرکریمی، ۱۳۹۲). یکی از مسائل مهم پیرامون انتخاب مناطق حفاظت شده و پارک‌ها، چگونگی احداث این گونه مناطق و اولویت بندی آن‌ها برای حفاظت است؛ به گونه‌ای که بتوان به موازات پیوستن مناطق جدید به شبکه مناطق حفاظت شده، حداکثر تنوع را حفظ کرد. برای دستیابی به این هدف لازم است تنوع زیستی این مناطق اندازه گیری شود تا امکان مقایسه فراهم آید (ملکیان و همای، ۱۳۹۱). در اندازه گیری تنوع زیستی، نیازی به تعریف یا مفهوم مطلق یا سنجش دقیق از تنوع زیستی نیست و تنها مقایسه تنوع در دو منطقه A و B کافی است (جعفری و همکاران، ۱۳۸۹)؛ اما زمانی که هدف، اندازه گیری تنوع زیستی است، مشخص کردن معیار برای کمی سازی و محاسبه، مسئله ساز می‌شود و این پرسش شکل می‌گیرد که چه معیاری انتخاب شود که افزون بر قابلیت کمی سازی، بتوان اطلاعات آن را نیز به دست آورد.

جانشین‌ها<sup>۶</sup> معیارهایی هستند که به منظور ارزیابی تنوع زیستی به کار می‌روند و به عنوان ویژگی اکوسیستم در نظر گرفته می‌شوند (بارتون<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). جانشین‌ها بر دو نوع کلی پیش‌بینی کننده فیزیکی<sup>۸</sup> مانند اقلیم، خاک، واحد/ سیستم/ تیپ اراضی و واقعی<sup>۹</sup> یا زیستی هستند (جعفری و همکاران، ۱۳۸۹؛ سرکا<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۵). در مطالعات دیگر این جانشین‌ها پنج معیار اصلی شامل زیست گاه، گونه، جنبه‌های مدیریتی، اقتصادی و اجتماعی را شامل می‌شوند (شریفی<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). کمی سازی جانشین‌های فیزیکی و زیستی در مناطق حفاظت شده یکی از روش‌های کسب اطلاعات در خصوص این مناطق است. در صورتی که بتوان جانشین‌های یاد شده را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، کمی و سپس با استفاده از شاخص‌های اندازه گیری تنوع، توزیع فضایی آن‌ها را مقایسه کرد، عمل تصمیم‌گیری برای مقایسه و انتخاب این مناطق با کارایی مؤثرتری انجام

1- Bhola

2- Carlson

3- Vergilio

4- Leverington

5- Li

6- Surrogates

7- Barton

8- Estimator Surrogates

9- True Surrogates

10- Sarkar

11- Sharifi

خواهد شد؛ برای مثال عمل روی هم‌گذاری نقشه‌ها و رسیدن به یگان‌های محیط‌زیستی از راه تلفیق نقشه‌های طبقات ارتفاع، شیب، خاک و پوشش گیاهی (ریاضی و جعفری، ۱۳۹۸) به‌منزله یکی از روش‌های انتخاب مناطق حفاظت‌شده قلمداد می‌شود.

در برخی مطالعات این جانشین‌های تنوع به‌عنوان معیارهای مناسبی در فرایندهای تجزیه و تحلیل چندمتغیره مد نظر قرار می‌گیرند (شاپوترا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ هبتماریم<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۶؛ مارتینز<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های مطلوبیت زیست‌گاه<sup>۴</sup> به‌همراه الگوریتم‌های یادگیری ماشینی مانند BHSR<sup>۵</sup> و SCP<sup>۶</sup> (ژانگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۷) و الگوریتم‌های مذاب شبیه‌سازی‌شده (اسفنده و همکاران، ۱۳۹۶؛ تیمونت و اوبکسس<sup>۸</sup>، ۲۰۲۰) نیز از دیگر روش‌های مؤثر برای شناسایی، ارزیابی و مقایسه مناطق حفاظت‌شده به‌شمار می‌روند؛ اما در برخی پژوهش‌ها نیز ممکن است جانشین تنوعی در نظر گرفته شود و طبقات مختلف توزیع آن برای شناسایی مناطق مد نظر باشد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۶).

استان کرمانشاه دارای یازده منطقه حفاظت‌شده است که این مناطق با چیدمان‌های مختلف پهنه‌هایی را با برچسب حفاظت دربر گرفته‌اند و تاکنون پژوهشی روی فاکتورهای محیطی (فیزیکی و زیستی) توزیع‌یافته در مرز این مناطق به‌قصد مقایسه شباهت‌ها و تفاوت‌ها انجام نگرفته است؛ از این‌رو، هدف اصلی نوشتار پیش رو، بررسی توزیع و ارزیابی جانشین‌های فیزیکی و زیستی در مناطق حفاظت‌شده استان و مقایسه آن‌ها با یکدیگر است.

### معرفی منطقه مورد بررسی

استان کرمانشاه در منتهی‌الیه غربی کشور قرار دارد و از سه طرف با استان‌های کردستان، همدان، لرستان و ایلام و از سمت شرق نیز با کشور عراق هم‌جوار است. مختصات آن در طول جغرافیایی  $39^{\circ} 20'$  شرقی تا  $45^{\circ} 58'$  شرقی و از عرض جغرافیایی  $33^{\circ} 37' 8''$  شمالی تا  $35^{\circ} 17' 8''$  شمالی است. در این استان یازده منطقه در مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست وجود دارد که شش منطقه آن شکارممنوع (قراویز، نواکوه، امروله، دالاخانی، هشیلان و زله‌زرد)، چهار منطقه حفاظت‌شده (بیستون، قلاجه، بدر و پریشان و بوزین مرخیل) و یک پناه‌گاه حیات‌وحش (بیستون) است (شکل ۱). از آنجاکه مناطق بزرگ‌تر در طراحی مناطق حفاظت‌شده مزیت نسبی دارند (هورتال<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۹؛ کادمون و آلوچ<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۷) و سیمای سرزمین یکسان دارای ویژگی‌های مشابه از نظر دربرگیری جانشین‌های تنوع هستند، دو منطقه شکارممنوع امروله و دالاخانی با ادغام مرز یکی شدند تا با افزایش مساحت، ویژگی‌های آن‌ها باهم جمع شده و کیفیت پوشش این مناطق از عوامل محیطی را بهتر نمایان سازد. مناطق حفاظت‌شده قلاجه و بدر و پریشان جزء مناطق مشترک بین استان‌های کرمانشاه و ایلام و کردستان هستند. از آنجاکه تصمیم‌گیری مدیریتی مناطق حفاظت‌شده به مرزهای استان محدود است؛ در نوشتار پیش رو تأکید روی بخش‌هایی از این مناطق بود که در مرز استان کرمانشاه قرار دارند.

1- Syahputra

2- Habtemariam

3- Martinez

4- Species Distribution Modelling

5- Biodiversity Hotspots of Species Richness

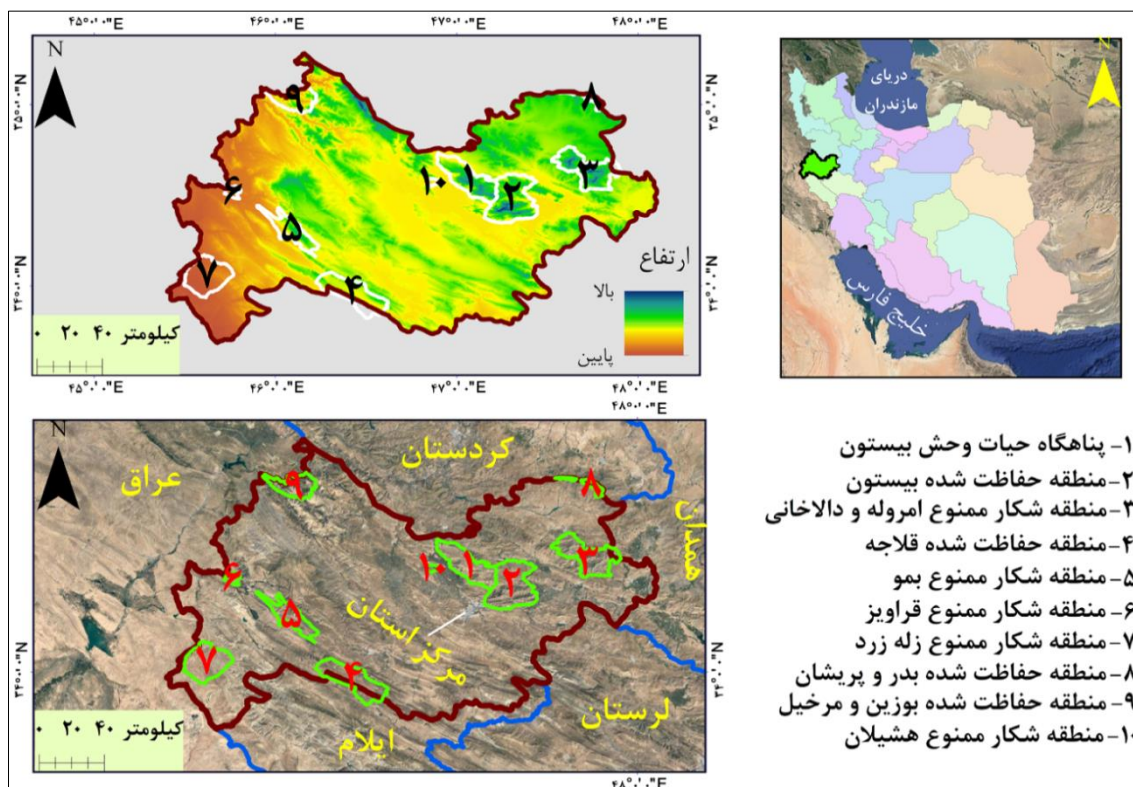
6- Systematic Conservation Planning

7- Zhang

8- Timonet & Abecasis

9- Hortal

10- Kadmon & Allouche



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه و مناطق حفاظت شده

## مواد و روش ها

### جانشین های تنوع

بسیاری از گونه های گیاهی و جانوری از نظر توزیع و پراکندگی توصیف نشده و حتی شناخت از گونه های توصیف شده نیز به اندازه کافی نیست. این امر چالش مهمی در راستای شناسایی مناطقی است که درخور حفاظت هستند. شناسایی و بررسی جانشین های تنوع مناسب این امکان را می دهد که بتوان زیست گاه های باقی مانده برای این گونه ها را شناسایی کرد (پرسی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴). با استفاده از مطالعات انجام گرفته (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۹؛ فنیل و پریش<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵؛ سان<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۲؛ خانمحمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ کرمی و اسماعیلی، ۱۳۹۸؛ کوهبنانی و یزدانی، ۱۳۹۷؛ آلبوکرکی و بیر<sup>۴</sup>، ۲۰۱۸) جانشین هایی که معرف تنوع زیست گاهی هستند، شناسایی شدند. این جانشین ها شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، آمیختگی توپوگرافی<sup>۵</sup>، زبری<sup>۶</sup> ارتفاع، رطوبت سطح خاک<sup>۷</sup>، شاخص تراکم پوشش گیاهی<sup>۸</sup>، زبری تراکم پوشش گیاهی و تیپ پوشش گیاهی هستند.

مدل رقومی از ماهواره استر با دقت ۳۰×۳۰ متر از USGS (۲۰۱۴) تهیه شد. متغیرهای شیب، جهت شیب، زبری ارتفاع (فیلتر مجاورت ۳×۳) و آمیختگی توپوگرافی (فیلتر مجاورت ۳×۳) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع در

1- Pressey

2- Funnell & Parish

3- Sun

4- Albuquerque & Beier

5- Compound Topographic Index (CTI)

6- Roughness

7- Shortwave Infrared Water Stress Index (SIWSI)

8- Normalized Different Vegetation Index (NDVI)

نرم‌افزار SAGA 2.1.4\_Win تهیه شدند. رطوبت سطح زمین که از آن با عنوان شاخص آمیختگی توپوگرافی نیز یاد می‌شود، از مشارکت شیب و جریان بالادست ایجاد می‌شود (مارابی و همکاران، ۱۳۹۶). رطوبت خاک از بافت خاک تأثیرپذیری دارد و خود رطوبت خاک نیز منجر به تغییرات در شکل‌دهی و تهویه ساختمان خاک می‌شود (خلیل‌پور و جلیوند، ۱۳۹۶). در این مطالعه شاخص رطوبت خاک (فنشولت و سنت هولت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳) با استفاده تصاویر ماهواره لندست ۸ در محیط سامانه گوگل‌ارث انجین<sup>۲</sup> تهیه شد (گورلیک<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). به این منظور از باندهای ۵ و ۷ ماهواره لندست ۸ در طول یک سال استفاده و نقشه میانگین رطوبت خاک وارد تحلیل شد. نقشه شاخص تراکم پوشش گیاهی نیز به صورت میانگین یک‌ساله از تمام محدوده استان در سامانه گوگل‌ارث انجین آماده و مورد استفاده قرار گرفت. متغیر زبری تراکم پوشش گیاهی با استفاده از شاخص تراکم پوشش و فیلتر مجاورت ۳×۳ به منظور آشکارسازی روند تغییرات ارزش شاخص تراکم پوشش در بین کاربری/پوشش‌های مختلف آماده و همچنین متغیر تیپ پوشش گیاهی حاصل از طرح شناخت رویش گاه‌های اکولوژیک کشور از اداره کل منابع طبیعی استان تهیه شد.

مناطق حفاظت‌شده باید از نظر دربرگیری ویژگی‌های زیست‌گاهی به نسبت محیط‌های پیرامون خود دارای غنا و تنوع بیشتری باشند. از این‌رو، به منظور ارزیابی این کارایی مناطق حفاظت‌شده استان، تمام جانشین‌های تنوع در مرز استان کرمانشاه تهیه و سپس تمام این جانشین‌ها با استفاده از دستور طبقه‌بندی مجدد<sup>۴</sup> با الگوریتم جنکز یا شکست طبیعی به ده کلاس، طبقه‌بندی شدند. در این الگوریتم پیکسل‌های که داخل یک گروه قرار می‌گیرند بیشترین شباهت را دارند. نقشه جهت در ۹ طبقه و نقشه تیپ پوشش گیاهی نیز در ۲۴ تیپ مختلف تهیه شد. تمام داده‌ها با ابعاد سلولی ۱۰۰×۱۰۰ آماده‌سازی و تحلیل شدند. مرز مناطق روی نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده قرار گرفت و سپس برش<sup>۵</sup> انجام گرفت. برای محاسبه شاخص‌های تنوع به دو مؤلفه تعداد و نوع نیاز است. در پژوهش حاضر نوع برابر با طبقات جانشین‌های تنوع و تعداد برابر کل پیکسل‌هایی که در هر طبقه قرار دارد، در نظر گرفته شد. شکل ۲ متغیرهای زیست‌گاهی مورد استفاده را نمایش می‌دهد. در متغیرهای پیوسته رنگ آبی به حد بالا و رنگ قهوه‌ای به حد پایین نقشه اشاره دارد.

پس از اجرای عمل طبقه‌بندی مجدد روی جانشین‌های پیوسته تنوع زیستی به ده طبقه، در هر طبقه از این متغیرها مقداری از متغیر اصلی حضور دارد (جدول ۱) که دامنه نوسان هریک متناسب با واحد نقشه ابتدایی است. نقشه جهت شیب و طبقات پوشش گیاهی به عنوان متغیرهای گسسته در جدول ۱ لحاظ نشده‌اند.

### شاخص‌های تنوع

به منظور بررسی تنوع از شاخص‌های شانون-وینر (H)، سیمپسون (D) و مکینتاش (D) و جهت محاسبه یکنواختی نیز به وسیله شاخص‌های پایلو (J) و مکینتاش (E) انجام گرفت. شاخص‌های تنوع و غنا در نرم‌افزار SDR-IV (سی‌بی و هندرسون<sup>۶</sup>، ۲۰۰۶) محاسبه شد. مطالعات پیشین نشان داده که شاخص سیمپسون حساسیت بیشتری به فراوانی (پیکسل‌های هر طبقه) دارد و تابع شانون وینر به فراوانی طبقات نادر در سطح جامعه یا نمونه مورد نظر، حساس‌تر است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۳) در کنار استفاده از شاخص‌های تنوع به منظور بررسی و رتبه‌دهی تنوع

1- Fensholt & Sandholt

2- Google Earth Engine

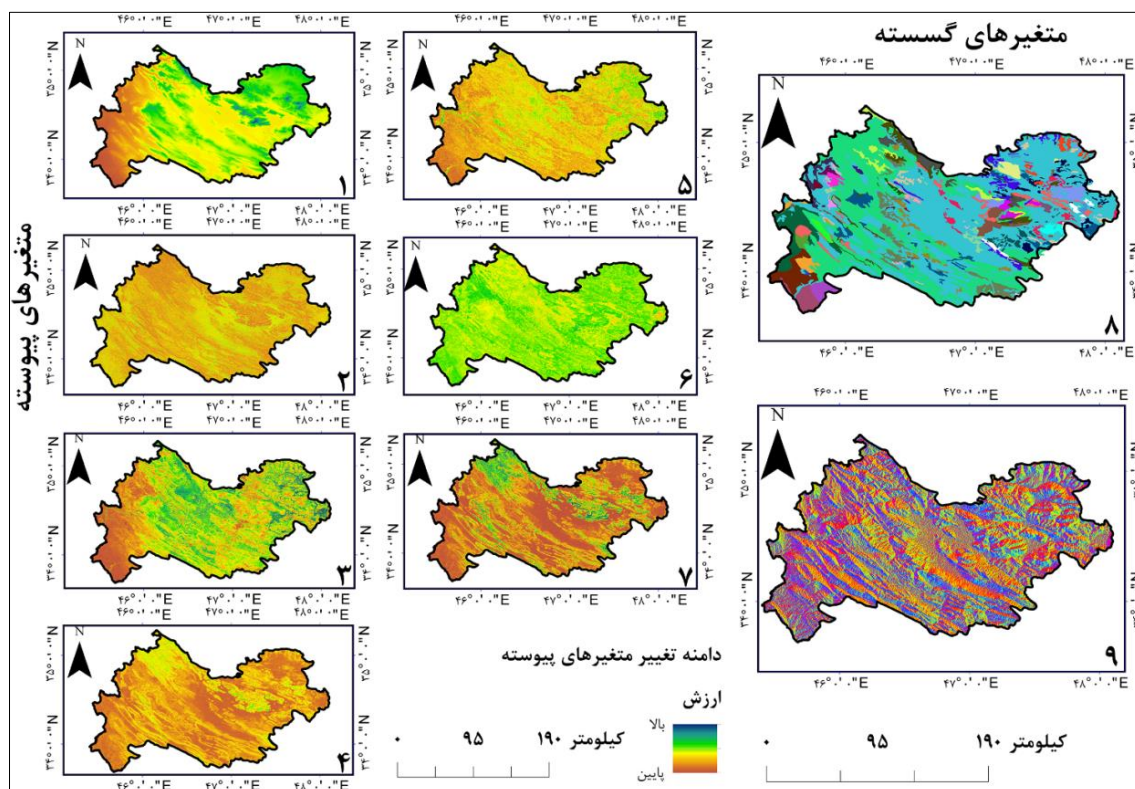
3- Gorelick

4- Reclassify

5- Clip Data Management

6- Seaby & Henderson

بین مناطق مختلف از روش رینی<sup>۱</sup> استفاده شد تا مشخص شود که براساس رتبه‌دهی کدامیک از مناطق حفاظت‌شده، از نظر تنوع جانشین رتبه بالاتری دارند. به‌منظور بررسی تشابهات طبقات جانشین‌های زیست‌گاهی (جدول ۱) درمیان مناطق مختلف از تحلیل تشابهات<sup>۲</sup> استفاده شد.



شکل ۲. متغیرهای زیست‌گاهی مورد استفاده ۱: ارتفاع؛ ۲: نمایه آمیختگی توپوگرافی (CTI)؛ ۳: شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI)؛ ۴: زبری ارتفاع؛ ۵: زبری تراکم پوشش گیاهی؛ ۶: رطوبت خاک (SIWSI)؛ ۷: شیب؛ ۸: تیپ پوشش گیاهی (۴۴ تیپ پوشش گیاهی)؛ ۹: جهت شیب (۹ طبقه)

جدول ۱. دامنه تغییر طبقات مختلف جانشین‌های تنوع زیست‌گاهی

| طبقات | ۱         | ۲           | ۳              | ۴          | ۵         | ۶              | ۷            |
|-------|-----------|-------------|----------------|------------|-----------|----------------|--------------|
| ۱     | ۱۰۸-۴۷۳   | ۲/۲۴-۴/۸۷   | -۰/۶۹ -- -۰/۲۱ | ۰-۱/۷۳     | ۰/۰۲-۰/۱۲ | -۰/۵۳ -- -۰/۳۰ | -۰/۵۵        |
| ۲     | ۴۷۳-۸۰۰   | ۴/۸۷-۵/۷۲   | -۰/۲۱ -- -۰/۰۱ | ۱/۷۳-۲/۶۳  | ۰/۱۲-۰/۱۶ | -۰/۳۰ -- -۰/۲۴ | ۵/۵۵-۱۱/۳۹   |
| ۳     | ۸۰۰-۱۱۴۲  | ۵/۷۲-۶/۵۷   | -۰/۰۱ -- -۰/۱۴ | ۲/۶۳-۳/۳۵  | ۰/۱۶-۰/۲۰ | -۰/۲۴ -- -۰/۲۰ | ۱۱/۳۹-۱۸/۱۵  |
| ۴     | ۱۱۴۲-۱۳۹۶ | ۶/۵۷-۷/۴۳   | -۰/۱۴ -- -۰/۲۱ | ۳/۳۵-۴/۳۷  | ۰/۲۰-۰/۲۳ | -۰/۲۰ -- -۰/۱۷ | ۱۸/۱۵-۲۵/۸۳  |
| ۵     | ۱۳۹۶-۱۵۵۸ | ۷/۴۳-۸/۲۸   | -۰/۲۱ -- -۰/۲۸ | ۴/۳۷-۵/۱۴  | ۰/۲۳-۰/۲۶ | -۰/۱۷ -- -۰/۱۴ | ۲۵/۸۳-۳۴/۵۸  |
| ۶     | ۱۵۵۸-۱۷۲۸ | ۸/۲۸-۹/۳۳   | -۰/۲۸ -- -۰/۳۵ | ۵/۱۴-۵/۹۱  | ۰/۲۶-۰/۳۰ | -۰/۱۴ -- -۰/۱۱ | ۳۴/۵۸-۴۴/۵۷  |
| ۷     | ۱۷۲۸-۱۹۱۴ | ۹/۳۳-۱۰/۴۴  | -۰/۳۵ -- -۰/۴۳ | ۵/۹۱-۶/۶۸  | ۰/۳۰-۰/۳۳ | -۰/۱۱ -- -۰/۰۸ | ۴۴/۵۷-۵۶/۱۶  |
| ۸     | ۱۹۱۴-۲۱۴۲ | ۱۰/۴۴-۱۱/۶۹ | -۰/۴۳ -- -۰/۵۱ | ۶/۶۸-۷/۵۲  | ۰/۳۳-۰/۳۷ | -۰/۰۸ -- -۰/۰۵ | ۵۶/۱۶-۷۱/۰۴  |
| ۹     | ۲۱۴۲-۲۴۹۵ | ۱۱/۶۹-۱۳/۲۰ | -۰/۵۱ -- -۰/۶۳ | ۷/۵۲-۸/۷۴  | ۰/۳۷-۰/۴۱ | -۰/۰۵ -- -۰/۰۱ | ۷۱/۰۴-۹۷/۰۵  |
| ۱۰    | ۲۴۹۵-۳۳۶۲ | ۱۳/۲۰-۱۹/۰۴ | -۰/۶۳ -- -۱    | ۸/۷۴-۱۶/۴۶ | ۰/۴۱-۰/۶۸ | -۰/۰۱ -- -۰/۳۲ | ۹۷/۰۵-۳۱۶/۴۲ |

\* کد موجود در جدول براساس شماره متغیرهای یادشده در شکل ۲ است.

1- Renyi

2- Similarity

## نتایج

## شاخص‌های تنوع

شاخص تنوع بالاتر برای جانسین‌ها در هر منطقه حفاظت‌شده به این معنا است که غنا (تعداد طبقه یا نوع) و یکنواختی (فراوانی نسبی پیکسل‌های هر طبقه) آن جانسین در آن منطقه بالا است. براساس نتایج مقایسه شاخص‌های تنوع، در شاخص زیست‌گاهی جهت شیب، منطقه شکارممنوع هشیلان بیشترین تنوع را دارد؛ به‌گونه‌ای که مقادیر شاخص‌های شانون-وینر، سیمپسون و مکینتاش برای این منطقه به‌ترتیب برابر ۲/۰۹، ۸/۰۲ و ۰/۶۶ محاسبه شد. شاخص رطوبت سطح نیز برای منطقه حفاظت‌شده قلاجه با مقادیر ۱/۹۷، ۶/۲۲ و ۰/۶۰، برای شاخص‌های شانون-وینر، سیمپسون و مکینتاش در بالاترین مقدار خود بوده است. براساس نتایج، مقادیر شاخص‌های پیش‌گفته برای عامل ارتفاع به‌ترتیب در مناطق شکارممنوع نواکوه و پناه‌گاه حیات‌وحش بیستون بیشترین مقدار را دارند (جدول ۲).

جدول ۲. شاخص‌های تنوع پارامترهای زیست‌گاهی

| Diversity                    | امروله و دالاخانی | بدر و پریشان | نواکوه | منطقه حفاظت‌شده بیستون | پناه‌گاه حیات‌وحش بیستون | منطقه یوزین و مرخیل | منطقه قلاجه | منطقه قراویز | منطقه هشیلان | منطقه زله‌زد | تمام نمونه‌ها | اشتباه استاندارد چک نایف |
|------------------------------|-------------------|--------------|--------|------------------------|--------------------------|---------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------------------|
| جهت شیب                      |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |              |               |                          |
| شانون-وینر (H)               | ۲/۰۶              | ۱/۸۷         | ۲/۰۰   | ۲/۰۴                   | ۲/۰۱                     | ۲/۰۰                | ۱/۹۳        | ۲/۰۱         | ۲/۰۹         | ۲/۰۰         | ۲/۰۵          | ۰/۰۱                     |
| سیمپسون (D)                  | ۷/۷۴              | ۵/۹۰         | ۶/۸۷   | ۷/۴۵                   | ۷/۰۷                     | ۷/۰۴                | ۶/۱۵        | ۷/۱۱         | ۸/۰۲         | ۶/۹۷         | ۷/۵۷          | ۰/۲۱                     |
| مکینتاش (D)                  | ۰/۶۴              | ۰/۵۹         | ۰/۶۲   | ۰/۶۳                   | ۰/۶۲                     | ۰/۶۲                | ۰/۶۰        | ۰/۶۳         | ۰/۶۶         | ۰/۶۲         | ۰/۶۳          | ۰/۰۰                     |
| آمیختگی توپوگرافی (CTI)      |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |              |               |                          |
| شانون-وینر (H)               | ۱/۸۶              | ۱/۷۶         | ۱/۷۸   | ۱/۸۰                   | ۱/۸۹                     | ۱/۵۴                | ۱/۹۷        | ۱/۸۸         | ۱/۶۸         | ۱/۸۸         | ۱/۹۱          | ۰/۰۶                     |
| سیمپسون (D)                  | ۵/۳۶              | ۴/۷۷         | ۴/۸۶   | ۴/۹۲                   | ۵/۶۲                     | ۳/۵۴                | ۶/۲۲        | ۵/۵۱         | ۴/۵۸         | ۵/۵۱         | ۵/۸۶          | ۰/۵۴                     |
| مکینتاش (D)                  | ۰/۵۷              | ۰/۵۵         | ۰/۵۴   | ۰/۵۵                   | ۰/۵۸                     | ۰/۴۷                | ۰/۶۰        | ۰/۵۸         | ۰/۵۴         | ۰/۵۷         | ۰/۵۸          | ۰/۰۱                     |
| ارتفاع                       |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |              |               |                          |
| شانون-وینر (H)               | ۱/۴۸              | ۰/۸۹         | ۱/۹۷   | ۱/۸۹                   | ۱/۹۱                     | ۱/۸۴                | ۱/۳۷        | ۰/۰۹         | ۰            | ۰/۵۸         | ۲/۲۵          | ۰/۱۳                     |
| سیمپسون (D)                  | ۴/۱۹              | ۲/۱۵         | ۶/۸۰   | ۶/۳۹                   | ۶/۶۴                     | ۵/۳۷                | ۳/۴۸        | ۱/۰۳         | ۱/۰۰         | ۱/۶۴         | ۹/۱۱          | ۱/۳۲                     |
| مکینتاش (D)                  | ۰/۵۱              | ۰/۳۲         | ۰/۶۲   | ۰/۶۰                   | ۰/۶۱                     | ۰/۵۷                | ۰/۴۶        | ۰/۰۱         | ۰            | ۰/۲۲         | ۰/۶۷          | ۰/۰۰                     |
| شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |              |               |                          |
| شانون-وینر (H)               | ۱/۸۲              | ۱/۷۱         | ۱/۴۷   | ۱/۵۷                   | ۱/۶۶                     | ۱/۷۳                | ۱/۶۲        | ۰/۸۷         | ۱/۵۸         | ۰/۶۵         | ۱/۸۸          | ۰/۱۵                     |
| سیمپسون (D)                  | ۵/۵۲              | ۴/۸۸         | ۳/۸    | ۴/۱۰                   | ۴/۵۲                     | ۵/۱۴                | ۳/۴۳        | ۱/۷۲         | ۴/۱۷         | ۱/۶۳         | ۵/۸۸          | ۱/۰۵                     |
| مکینتاش (D)                  | ۰/۵۷              | ۰/۵۵         | ۰/۴۹   | ۰/۵۰                   | ۰/۵۳                     | ۰/۵۶                | ۰/۵۲        | ۰/۲۴         | ۰/۵۲         | ۰/۲۱         | ۰/۵۸          | ۰/۰۴                     |
| تبپ پوشش گیاهی               |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |              |               |                          |
| شانون-وینر (H)               | ۱/۴۳              | ۱/۳۶         | ۰/۹۸   | ۲/۰۷                   | ۱/۸۳                     | ۰/۰۲                | ۰/۸۵        | ۰/۶۸         | ۰/۰۵         | ۱/۲۹         | ۲/۳۶          | ۰/۳۴                     |
| سیمپسون (D)                  | ۲/۱۹              | ۳/۲۲         | ۱/۹۳   | ۶/۹۳                   | ۵/۴۸                     | ۱/۰۰                | ۲/۱۱        | ۱/۹۵         | ۱/۰۱         | ۳/۲۰         | ۶/۸۸          | ۲/۸۲                     |
| مکینتاش (D)                  | ۰/۴۴              | ۰/۴۴         | ۰/۲۸   | ۰/۶۲                   | ۰/۵۷                     | ۰                   | ۰/۳۱        | ۰/۲۸         | ۰            | ۰/۴۴         | ۰/۶۱          | ۰/۰۸                     |
| زبری ارتفاع (Roughness)      |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |              |               |                          |
| شانون-وینر (H)               | ۲/۱۳              | ۱/۸۶         | ۲/۰۲   | ۲/۱۵                   | ۲/۲۲                     | ۱/۷۲                | ۱/۹۹        | ۱/۶۳         | ۰/۴۲         | ۱/۴۰         | ۲/۲۱          | ۰/۰۳                     |
| سیمپسون (D)                  | ۷/۹۷              | ۵/۸۳         | ۷/۰۴   | ۷/۷۸                   | ۸/۶۶                     | ۴/۸۲                | ۶/۵۶        | ۴/۵۲         | ۱/۳۷         | ۳/۶          | ۸/۷۳          | ۰/۴۰                     |
| مکینتاش (D)                  | ۰/۶۴              | ۰/۵۹         | ۰/۶۲   | ۰/۶۴                   | ۰/۶۶                     | ۰/۵۴                | ۰/۶۱        | ۰/۵۳         | ۰/۱۱         | ۰/۴۷         | ۰/۶۶          | ۰                        |



ادامه جدول ۲. شاخص‌های تنوع پارامترهای زیست‌گاهی

| زبری تراکم پوشش گیاهی |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| شانون-وینر (H)        | ۲/۰۶ | ۲    | ۱/۶۶ | ۱/۷۴ | ۱/۸۳ | ۱/۸۲ | ۱/۹۱ | ۱/۶۷ | ۱/۹۴ | ۱/۲۳ | ۱/۹۳ |
| سیمپسون (D)           | ۷    | ۶/۵۹ | ۴/۵۰ | ۴/۹۵ | ۵/۴۱ | ۵/۲۶ | ۵/۹۳ | ۴/۲۸ | ۶/۳۰ | ۲/۹۰ | ۶/۰۷ |
| مکینتاش (D)           | ۰/۶۲ | ۰/۶۲ | ۰/۵۳ | ۰/۵۵ | ۰/۵۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۹ | ۰/۵۲ | ۰/۶۱ | ۰/۴۱ | ۰/۵۹ |
| رطوبت خاک (SIWSI)     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| شانون-وینر (H)        | ۱/۸۴ | ۱/۸۳ | ۱/۸۰ | ۱/۹۳ | ۱/۹۸ | ۱/۸۴ | ۱/۷۷ | ۱/۶۱ | ۲/۰۱ | ۱/۶۳ | ۱/۹۵ |
| سیمپسون (D)           | ۵/۳۷ | ۵/۲۴ | ۵/۴۸ | ۶/۱۲ | ۶/۶۲ | ۵/۵۸ | ۵/۲۵ | ۴/۴۷ | ۶/۷۷ | ۴/۵۲ | ۶/۲۷ |
| مکینتاش (D)           | ۰/۵۷ | ۰/۵۷ | ۰/۵۷ | ۰/۵۹ | ۰/۶۱ | ۰/۵۸ | ۰/۵۶ | ۰/۵۳ | ۰/۶۲ | ۰/۵۳ | ۰/۶۰ |
| درصد شیب              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| شانون-وینر (H)        | ۲/۱۷ | ۱/۹۵ | ۲/۰۹ | ۲/۲۰ | ۲/۳۳ | ۱/۸۶ | ۱/۹۵ | ۱/۵۹ | ۰/۱۲ | ۱/۱۹ | ۲/۱۹ |
| سیمپسون (D)           | ۸/۴۴ | ۶/۴۸ | ۷/۶۵ | ۸/۴۵ | ۸/۹۱ | ۵/۵۰ | ۶/۲۸ | ۴/۴۶ | ۱/۰۴ | ۲/۷۶ | ۸/۵۲ |
| مکینتاش (D)           | ۰/۶۵ | ۰/۶۱ | ۰/۶۴ | ۰/۶۵ | ۰/۶۶ | ۰/۵۷ | ۰/۶۰ | ۰/۵۳ | ۰/۰۲ | ۰/۴۰ | ۰/۶۵ |

شاخص غنا به ارزیابی فراوانی نسبی پیکسل‌های هر طبقه از جانشین‌های تنوع در جدول ۱ در میان مناطق می‌پردازد و هر قدر توزیع فراوانی پیکسل‌های طبقات مختلف یک جانشین در طبقات مختلف همگن‌تر باشد، این شاخص‌ها مقادیر بالاتری را نمایش می‌دهند. براساس شاخص پیلو و مکینتاش، تنوع در غنای جهت شیب در منطقه شکارممنوع هشیلان به نسبت سایر مناطق حفاظت‌شده بالاتر است (جدول ۳). مقادیر این شاخص‌ها به ترتیب برابر ۰/۹۵ و ۰/۹۶ محاسبه شد. شاخص غنای آمیختگی توپوگرافی نیز نشان داد که غنای این شاخص در منطقه حفاظت‌شده قلاجه با مقادیر ۰/۸۵ و ۰/۸۷ در بالاترین رتبه قرار دارد. اندازه‌گیری این شاخص برای عامل ارتفاع نیز نشان داد که منطقه حفاظت‌شده بمو بیشترین مقدار غنا را دارد.

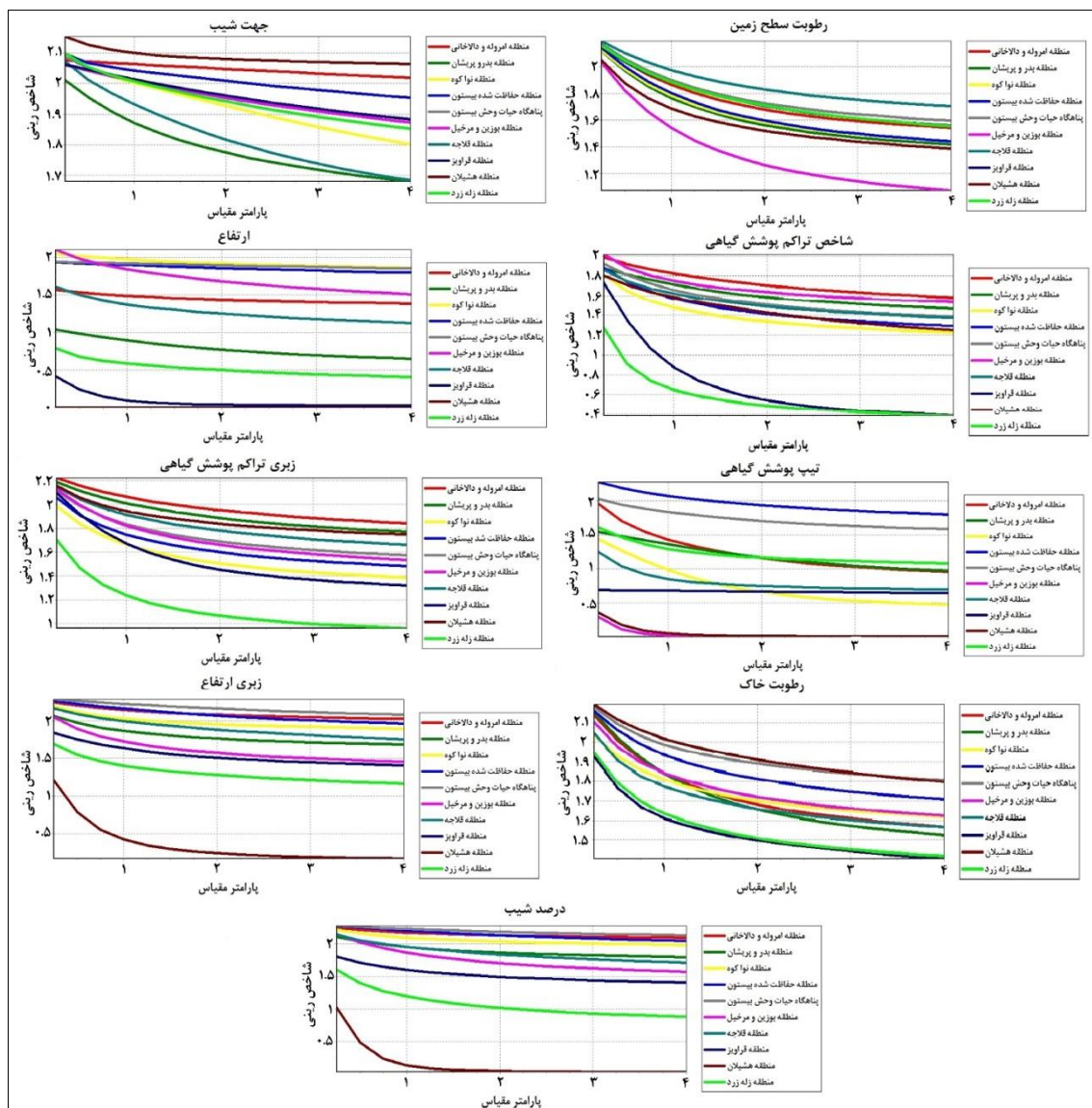
جدول ۳. محاسبه غنای پارامترهای زیست‌گاهی

| Diversity                    | امروزه و دال‌خانی | بدر و پریشان | نواکوه | منطقه حفاظت‌شده پیستون | پناه‌گاه حیات وحش پیستون | منطقه بوزین و مرخیل | منطقه قلاجه | منطقه فراوین | منطقه هشیلان | منطقه زلزرد | تمام نمونه‌ها | اشتباه استاندارد جکی نایف |
|------------------------------|-------------------|--------------|--------|------------------------|--------------------------|---------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|---------------------------|
| جهت شیب                      |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |             |               |                           |
| پیلو (J')                    | ۰/۹۳              | ۰/۸۵         | ۰/۹۱   | ۰/۹۲                   | ۰/۹۱                     | ۰/۹۱                | ۰/۸۷        | ۰/۹۱         | ۰/۹۵         | ۰/۹۱        | ۰/۹۳          | ۰                         |
| مکینتاش (E)                  | ۰/۹۹              | ۰/۹۰         | ۰/۹۵   | ۰/۹۵                   | ۰/۹۳                     | ۰/۹۶                | ۰/۸۹        | ۰/۹۶         | ۰/۹۶         | ۰/۹۳        | ۰/۹۵          | ۰                         |
| آمیختگی توپوگرافی (CTI)      |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |             |               |                           |
| پیلو (J')                    | ۰/۸۰              | ۰/۷۶         | ۰/۷۷   | ۰/۷۸                   | ۰/۸۲                     | ۰/۶۶                | ۰/۸۵        | ۰/۸۱         | ۰/۷۳         | ۰/۸۱        | ۰/۸۳          | ۰/۰۲                      |
| مکینتاش (E)                  | ۰/۸۳              | ۰/۷۹         | ۰/۷۹   | ۰/۸۰                   | ۰/۸۴                     | ۰/۶۸                | ۰/۸۷        | ۰/۸۳         | ۰/۷۷         | ۰/۸۳        | ۰/۸۵          | ۰/۰۲                      |
| ارتفاع                       |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |             |               |                           |
| پیلو (J')                    | ۰/۶۵              | ۰/۳۸         | ۰/۸۵   | ۰/۸۲                   | ۰/۸۳                     | ۰/۸۰                | ۰/۵۹        | ۰/۰۴         | ۰            | ۰/۲۵        | ۰/۹۷          | ۰/۰۵                      |
| مکینتاش (E)                  | ۰/۹۲              | ۰/۷۵         | ۰/۹۵   | ۰/۹۷                   | ۰/۹۸                     | ۰/۸۳                | ۰/۷۸        | ۰/۰۶         | ۰            | ۰/۵۲        | ۰/۹۷          | ۰/۰۳                      |
| شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |             |               |                           |
| پیلو (J')                    | ۰/۷۹              | ۰/۷۴         | ۰/۶۴   | ۰/۶۸                   | ۰/۷۲                     | ۰/۷۶                | ۰/۷۰        | ۰/۳۸         | ۰/۶۸         | ۰/۲۸        | ۰/۸۱          | ۰/۰۶                      |
| مکینتاش (E)                  | ۰/۸۸              | ۰/۸۷         | ۰/۷۵   | ۰/۷۸                   | ۰/۸۱                     | ۰/۸۱                | ۰/۸۱        | ۰/۳۵         | ۰/۸۱         | ۰/۳۳        | ۰/۸۵          | ۰/۰۶                      |
| تیب پوشش گیاهی               |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |             |               |                           |
| پیلو (J')                    | ۰/۴۵              | ۰/۴۲         | ۰/۳۱   | ۰/۶۵                   | ۰/۵۷                     | ۰                   | ۰/۲۶        | ۰/۳۱         | ۰/۰۱         | ۰/۴۰        | ۰/۷۴          | ۰/۱۰                      |
| مکینتاش (E)                  | ۰/۶۳              | ۰/۸۰         | ۰/۵۰   | ۰/۸۸                   | ۰/۸۵                     | ۰/۰۱                | ۰/۵۶        | ۰/۹۷         | ۰/۰۳         | ۰/۷۴        | ۰/۷۷          | ۰/۰۹                      |
| زبری ارتفاع (Roughness)      |                   |              |        |                        |                          |                     |             |              |              |             |               |                           |
| پیلو (J')                    | ۰/۹۲              | ۰/۸۰         | ۰/۸۷   | ۰/۹۳                   | ۰/۹۶                     | ۰/۷۴                | ۰/۸۶        | ۰/۷۰         | ۰/۱۸         | ۰/۶۰        | ۰/۹۵          | ۰/۰۱                      |
| مکینتاش (E)                  | ۰/۹۴              | ۰/۸۷         | ۰/۹۱   | ۰/۹۴                   | ۰/۹۶                     | ۰/۷۹                | ۰/۸۹        | ۰/۸۵         | ۰/۱۹         | ۰/۷۶        | ۰/۹۶          | ۰/۰۱                      |

ادامه جدول ۳. محاسبه غنای پارامترهای زیست گاهی

| زبری شاخص تراکم پوشش گیاهی |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| پایلو (J')                 | ۰/۸۹ | ۰/۸۷ | ۰/۷۲ | ۰/۷۵ | ۰/۷۹ | ۰/۷۹ | ۰/۸۳ | ۰/۷۲ | ۰/۸۴ | ۰/۵۳ | ۰/۸۳ |
| مکینتاش (E)                | ۰/۹۱ | ۰/۸۹ | ۰/۷۹ | ۰/۸۰ | ۰/۸۳ | ۰/۸۲ | ۰/۸۶ | ۰/۷۵ | ۰/۸۷ | ۰/۶۳ | ۰/۸۶ |
| رطوبت خاک (SIWSI)          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| پایلو (J')                 | ۰/۷۹ | ۰/۷۹ | ۰/۷۸ | ۰/۸۴ | ۰/۸۶ | ۰/۷۹ | ۰/۷۷ | ۰/۶۹ | ۰/۸۷ | ۰/۷۱ | ۰/۸۵ |
| مکینتاش (E)                | ۰/۸۳ | ۰/۸۲ | ۰/۸۵ | ۰/۸۷ | ۰/۸۹ | ۰/۸۴ | ۰/۸۲ | ۰/۷۹ | ۰/۸۹ | ۰/۷۹ | ۰/۸۷ |
| درصد شیب                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| پایلو (J')                 | ۰/۹۴ | ۰/۸۴ | ۰/۹۱ | ۰/۹۵ | ۰/۹۶ | ۰/۸۱ | ۰/۸۴ | ۰/۶۹ | ۰/۰۵ | ۰/۵۱ | ۰/۹۵ |
| مکینتاش (E)                | ۰/۹۵ | ۰/۹۱ | ۰/۹۳ | ۰/۹۵ | ۰/۹۷ | ۰/۸۳ | ۰/۸۷ | ۰/۸۴ | ۰/۰۳ | ۰/۶۴ | ۰/۹۶ |

براساس شاخص رتبه‌دهی رینی هریک از مناطق حفاظت شده مورد مطالعه رنگ مشخصی دارند (شکل ۳) در این شکل، هر منحنی مربوط به یک منطقه، پلات یا واحد نمونه‌برداری است و منحنی بالاتر بیشترین تنوع را دارد و منحنی انتهایی نیز مناطقی را نمایش می‌دهد که دارای کمترین مقدار تنوع خواهد بود.



شکل ۳. شاخص رتبه‌دهی تنوع رینی در جانشین‌های تنوع زیستی

## مقایسه طبقات

در جدول ۴، نتایج مربوط به سه طبقه از هر جانشین زیست‌گاهی که بیشترین شباهت را در میان مناطق حفاظت‌شده دارد، ارائه شده است. بر این اساس، متوسط تشابه جهت‌های مختلف ۴۸/۲۴٪ بوده و جهت جنوب غربی بیشترین مقدار تشابه را در بین سایر جهات دارد. متوسط تشابه آمیختگی توپوگرافی در میان طبقات مختلف برابر ۴۵/۰۳٪ و طبقات ۲، ۳ و ۱ با مقادیر یادشده در جدول ۱ بیشترین تشابه را در مناطق حفاظت‌شده داشتند. بیشترین مقدار تشابه طبقات تراکم پوشش گیاهی برابر با ۳۴/۳۷٪ و طبقات ۶، ۵ و ۷ بیشترین شباهت را به یکدیگر داشتند. شاخص تشابه تیپ پوشش گیاهی نشان داد که متوسط تشابه بین تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی در مناطق حفاظت‌شده استان برابر ۱۹/۲۸٪ است و طبقات پوشش جنگل، زمین‌های دیم و تیپ پوشش گیاهی *Astragalus spp.-Ferula ovina-Prangos ferulacea* بیشترین شباهت را داشته‌اند.

جدول ۴. آنالیز نسبت‌های تشابه در بررسی عوامل مختلف زیست‌گاهی

| جهت شیب                      |                 |                |           |               |                     |
|------------------------------|-----------------|----------------|-----------|---------------|---------------------|
| نام جهت                      | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| جنوب غربی                    | ۵۸۴۸/۲          | ۹/۶۹           | ۲۰/۰۸     | ۲۰/۰۸         | ۴۸/۲۴               |
| شمال شرقی                    | ۳۹۷۸/۸          | ۶/۷۵           | ۱۳/۹۹     | ۳۴/۰۸         |                     |
| جنوب شرقی                    | ۳۸۵۰/۱          | ۶/۷۰           | ۱۳/۸۹     | ۴۷/۹۷         |                     |
| آمیختگی توپوگرافی (CTI)      |                 |                |           |               |                     |
| طبقه                         | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| ۲                            | ۶۰۲۵/۴          | ۱۰/۶۱          | ۲۳/۵۶     | ۲۳/۵۶         | ۴۵/۰۳               |
| ۳                            | ۵۱۷۴/۹          | ۹/۱۳           | ۲۰/۲۷     | ۴۳/۸۳         |                     |
| ۱                            | ۵۹۲۱/۸          | ۷/۸۰           | ۱۷/۳۲     | ۶۱/۱۶         |                     |
| ارتفاع                       |                 |                |           |               |                     |
| طبقه                         | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| ۷                            | ۳۸۷۱/۷          | ۳/۸۶           | ۱۸/۴۹     | ۱۸/۴۹         | ۲۰/۸۸               |
| ۴                            | ۱۹۶۱/۳          | ۲/۹۲           | ۱۳/۹۸     | ۳۲/۴۸         |                     |
| ۸                            | ۳۵۰۲/۷          | ۲/۸۷           | ۱۳/۷۷     | ۴۶/۲۶         |                     |
| شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) |                 |                |           |               |                     |
| طبقه                         | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| ۶                            | ۶۴۸۳            | ۹/۰۷           | ۲۶/۴۰     | ۲۶/۴۰         | ۳۴/۳۷               |
| ۵                            | ۵۷۷۲/۵          | ۷/۲۳           | ۲۱/۰۴     | ۴۷/۴۵         |                     |
| ۷                            | ۴۵۵۱/۴          | ۷/۰۲           | ۲۰/۴۳     | ۶۷/۸۸         |                     |
| تیپ پوشش گیاهی               |                 |                |           |               |                     |
| طبقه                         | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| جنگل                         | ۵۱۸۷            | ۹/۰۳           | ۴۶/۸۵     | ۴۶/۸۵         | ۱۹/۲۸               |
| زمین دیم                     | ۴۰۸۱/۱          | ۸/۰۶           | ۴۱/۸۴     | ۸۸/۶۹         |                     |
| As.spp-Fer.ov-Pr.fe          | ۳۰۹۲/۳          | ۰/۹۲           | ۴/۸۰      | ۹۳/۴۹         |                     |
| زبری ارتفاع (Roughness)      |                 |                |           |               |                     |
| طبقه                         | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| ۴                            | ۳۲۴۳/۶          | ۵/۹۶           | ۱۶/۶۶     | ۱۶/۶۶         | ۳۵/۷۷               |
| ۵                            | ۳۱۹۵            | ۵/۰۶           | ۱۴/۱۶     | ۳۰/۸۲         |                     |
| ۳                            | ۳۴۲۵/۶          | ۵/۰۰           | ۱۳/۹۸     | ۴۴/۸۱         |                     |
| زبری تراکم پوشش گیاهی        |                 |                |           |               |                     |
| طبقه                         | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| ۳                            | ۶۰۴۶/۶          | ۱۰/۰۷          | ۲۴/۵۹     | ۲۴/۸۹         | ۴۰/۴۶               |
| ۴                            | ۵۰۸۳/۹          | ۸/۴۲           | ۲۰/۸۱     | ۴۵/۷۱         |                     |
| ۲                            | ۵۳۸۶/۳          | ۷/۴۴           | ۱۸/۳۸     | ۶۴/۱۰         |                     |

ادامهٔ جدول ۴. آنالیز نسبت‌های تشابه در بررسی عوامل مختلف زیست‌گاهی

| رطوبت سطح خاک (SIWSI) |                 |                |           |               |                     |
|-----------------------|-----------------|----------------|-----------|---------------|---------------------|
| طبقه                  | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| ۷                     | ۵۹۴۱/۱          | ۱۰/۶۹          | ۲۴/۱۲     | ۲۴/۱۲         |                     |
| ۶                     | ۵۱۶۱/۹          | ۱۰/۱۵          | ۲۲/۹۰     | ۴۷/۰۳         | ۴۴/۳۱               |
| ۸                     | ۴۹۷۷/۴          | ۷/۵۴           | ۱۷/۰۲     | ۶۴/۰۶         |                     |
| درصد شیب              |                 |                |           |               |                     |
| طبقه                  | میانگین فراوانی | میانگین همسانی | تراکم خام | تراکم انباشته | درصد متوسط شباهت کل |
| ۳                     | ۳۰۵۹/۱          | ۵/۶۶           | ۱۵/۳۶     | ۱۵/۳۶         |                     |
| ۱                     | ۴۱۵۴/۳          | ۵/۰۹           | ۱۳/۸۴     | ۲۹/۲۰         | ۳۶/۸۳               |
| ۴                     | ۲۹۴۷/۸          | ۵/۰۴           | ۱۳/۶۹     | ۴۲/۹۰         |                     |

### بحث

در کشورهای در حال توسعه، انتخاب مناطق بهینه برای حفاظت از تنوع زیستی به شکل چالش معناداری باقی مانده است. بیشتر روش‌هایی که به مطالعه و انتخاب مناطق حفاظت‌شده می‌پردازند، در یک اصل مشترک بوده و آن نیز حفاظت و پوشش حداکثری از تنوع زیستی است. انتخاب جانشین تنوع زیستی مناسب، پایه و اساسی برای تحلیل، مقایسه و انتخاب مناطق حفاظت‌شده است. جانشین‌های تنوع به تعدد ویژگی‌های یک اکوسیستم قابل تعریف بوده و مطالعات انجام گرفته در این حیطه بیشتر روی یک جزء از بوم‌سازگان متمرکز هستند. بارتون و همکاران (۲۰۲۰)، آیکن<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶)، اسفنده و همکاران (۱۳۹۶)، شمس اسفندآباد و کابلی (۱۳۹۶) و جعفری و همکاران (۱۳۸۹) جانشین‌ها را با تأکید بر زیست‌گاه و رویش‌گاه گونه‌های گیاهی و جانوری انتخاب کردند. در برخی از مطالعات نیز استفاده از گونه‌های بزرگ‌جثه به عنوان جانشینی تنوع مناسب برای معرفی سلامت اکوسیستم یاد شده است (دالی‌ریم<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). جانشین‌های پیش‌گفته را می‌توان جزء بخش‌های زنده اکوسیستم در نظر گرفت. در حالی که متغیرهای کربن آلی خاک (پری<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) و شکل زمین<sup>۴</sup> (وسلز<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۹) را می‌توان به مثابه جانشین‌های غیر زنده مورد استفاده در این دست مطالعات در نظر گرفت؛ اما در نوشتار پیش رو از آنجاکه به پراکنش گونه‌های مختلف جانوری استان دسترسی کاملی وجود نداشت، از جانشین‌های توپوگرافی، میکروکلیم و پوشش گیاهی (تنوع و طبقه) استفاده شد. در صورتی که دسترسی به سایر جانشین‌های زیستی برای بررسی میسر نباشد، می‌توان از جانشین‌های فیزیکی استفاده کرد. در واقع استفاده از جانشین‌های غیر زنده برای مناطقی که فقر اطلاعاتی دارند، مفیدتر است (بیر و آلبوکرکی، ۲۰۱۵؛ توکیاین<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). از میان نه جانشین مورد استفاده در این مطالعه شاخص تراکم پوشش گیاهی، تیپ پوشش و همچنین زبری تراکم پوشش به مثابه جانشین‌های زیستی تحلیل شدند تا در کنار جانشین‌های فیزیکی از جانشین‌های زیستی نیز استفاده شده باشد. در مطالعه‌ای که گرانتهم<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۰) روی ارزیابی جانشین‌های مختلف انجام دادند نیز نتایج نشان داد که گروه محیطی (فیزیکی و زیستی) به نسبت سایر روش‌های استفاده از جانشین مناسب‌تر عمل کرده است.

استفاده از جانشین‌ها و روش این مطالعه، نتایج روشن تری را به منظور مقایسه، ایجاد و الحاق مناطق جدید به

1- Ikin

2- Dalerum

3- Peri

4- Land facets

5- Wessels

6- Tukiainen

7- Grantham

شبکه مناطق حفاظت شده می دهد؛ زیرا شکل گیری زیست گاه گونه های گیاهی و جانوری در ابتدا مرهون پارامترهای فیزیکی بوده و سپس به دنبال استقرار عوامل زیستی (مانند پوشش گیاهی)، روابط اکولوژیک (آشیان اکولوژیک) شکل می گیرد؛ بنابراین برهم کنش عوامل فیزیکی و زیستی، زمینه ساز ایجاد تنوع زیستی است. ازسویی استفاده از شاخص های تنوع زیستی و مقادیر مربوط به شاخص ها نشان می دهد که یک منطقه حفاظت شده چه دامنه تغییری از یک متغیر را دربر گرفته است؛ از این رو تصویر واضحی برای قضاوت به دست خواهد داد.

در نوشتار پیش رو برخی از جانشین ها مانند تراکم پوشش گیاهی و رطوبت سطحی خاک به وسیله شاخص های مربوطه از تصاویر ماهواره ای استخراج و استفاده شدند که نشان از توانایی این حوزه در کمی سازی جانشین ها دارد؛ افزون بر آن می تواند کمبود داده را از مناطقی که اطلاعی از وضعیت پوشش گیاهی و جانوری آن در دسترس نیست، جبران کند؛ بنابراین رویکرد این مطالعه کمتر با چالش کمبود اطلاعات میدانی روبه رو است. شکست اطلاعات به طبقات مختلف برای هر جانشین نیز می تواند با ویژگی های اکولوژیک گونه های مختلف گیاهی و جانوری مطابقت داده و به عنوان پشتوانه برای پروژه های معرفی مجدد حیات وحش به زیست گاه ها استفاده شود که همگی از نقاط قوت رویکرد پژوهش حاضر است. در مطالعه بیر و آلبوکرکی (۲۰۱۵) و انگلبرکت<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶) نیز شواهد معتبری مبنی بر کاربرد استفاده از تنوع محیط به مثابه جانشینی برای معرفی گونه گیاهی و جانوری به زیست گاه های دیگر حاصل شده که با یافته های نوشتار پیش رو همسو است.

هریک از مناطق حفاظت شده در یک جانشین، تنوع بیشتری داشتند. درصد تشابه شیب را برابر ۳۶/۸۳ نشان می دهد (جدول ۴) که طبقات شیب و فراوانی آن ها در این مطالعه در کمتر از نیمی از مناطق حفاظت شده شباهت دارند. این مقدار برای زبری نیز مشابه شیب است؛ بنابراین در توزیع شیب و زبری بین مناطق حفاظت شده حداقل ۶۰٪ تفاوت وجود دارد. هرچقدر درصد تشابه طبقات یک جانشین در مناطق حفاظت شده کمتر باشد، نشان از تفاوت در دربرگیری طبقات آن جانشین، توسط مرز مناطق حفاظت شده و تنوع بیشتر است. پناهگاه حیات وحش بیستون در معیارهای شیب و زبری ارتفاع تنوع بیشتری نسبت به سایر مناطق دارند؛ از این روست که این منطقه یکی از زیست گاه های بسیار غنی برای گونه های صخرهزی مانند کل و بز (*Capra aegagrus*) به شمار می رود. پارامتر شیب، همواره به عنوان یک متغیر زیست گاهی برای گونه های مختلف حیات وحش مناطق کوهستانی ایفای نقش کرده و گونه های مختلف حیات وحش برای استفاده از این منبع زیست گاهی سازگارهایی کسب می کنند (ضیایی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸؛ هارینگتون<sup>۳</sup>، ۱۹۷۷)؛ بنابراین تغییرات شیب و تنوع طبقات آن می تواند جانشین مفید و مناسبی باشد. در مطالعه ای که مونیو رینوسو<sup>۴</sup> (۲۰۰۴) روی جنگل های *Juniperus oxycedrus* L. در جنوب اسپانیا انجام دادند، بالاترین تنوع زیستی در شیب های تند و سنگلاخی و صخره ای وجود داشت.

پارامتر جهت شیب با متوسط تشابه ۴۸/۲۴٪ نشان داد که کمابیش در نیمی از مناطق استان، طبقات نه گانه شیب از نظر تعداد طبقه (نوع) و فراوانی (پیکسل های طبقه) قابل مشاهده هستند. منطقه شکار ممنوع هشیلان بیشترین تنوع را از نظر جهت شیب داشت. این منطقه به نسبت سایر مناطق دارای وسعت کمی بوده که بالا بودن شاخص تنوع جهت شیب با این وسعت کم نشان از تنوع پستی بلندی این منطقه دارد.

تنوع تیپ پوشش گیاهی در میان متغیرهای مورد بررسی کمترین مقدار شباهت (۱۹/۲۸٪) را داشت. هرچقدر پوشش گیاهی مناطق حفاظت شده متفاوت باشد، پیچیدگی ساختار شکل می گیرد و تنوع گونه ای نیز به تبع آن بالا

1- Engelbrecht

2- Ziaie

3- Harrington

4- Muñoz-Reinoso

خواهد رفت. تنوع این متغیر در منطقه حفاظت‌شده بیستون به نسبت سایر مناطق بیشتر است. در این منطقه دوازده تیپ پوشش گیاهی شناسایی شده که پوشش جنگل فراوان‌ترین طبقه است؛ بنابراین اکوتون یا پهن‌زیست مرز بین جوامع گیاهی در این منطقه نمود بیشتری دارد. بین مناطق حفاظت‌شده، جنگل‌ها بیشترین اشتراک را دارند که به معنای حضور جنگل در بیشتر مناطق حفاظت‌شده است؛ البته توزیع جنگل‌ها در غرب استان به دلیل بالا بودن دما و ارتفاع کم محدوده شده است (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۲). در کنار این طبقه سایر طبقات شامل زمین زیر کشت دیم و تیپ پوشش گیاهی مرتعی با گونه‌های کما (*Ferula ovina*)، جاشیر (*Prangos ferulacea*) و گون (*Astragalus spp*) بیشترین اشتراک را بین مناطق دارند. وجود زمین‌های کشاورزی در اکثر مناطق حفاظت‌شده استان می‌تواند فرصت و تهدیدی برای جمعیت‌های حیات‌وحش به شمار رود. در مطالعه‌ای که کرمی (۱۳۹۳) پیرامون مطلوبیت زیست‌گاه آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) در منطقه شکارممنوع قراویز انجام داد، تأمین علوفه آهوان یکی از نقاط مثبت وجود زمین‌های کشاورزی به شمار می‌رفت؛ درحالی که در مطالعه فلاحی (۱۳۹۷) حضور خرس (*Ursus arctos*) در زمین‌های کشاورزی منجر به ایجاد تعارض با جوامع محلی شده بود.

مناطق امروله و دالاخانی، بوزین و مرخیل و بدر و پریشان بیشترین تنوع طبقات تراکم پوشش گیاهی را داشتند؛ که شاخص‌های غنا نیز تأییدکننده این موضوع هستند. از آنجاکه شاخص تراکم پوشش این مطالعه در بازه زمانی یک‌ساله محاسبه شده است، معرف مناسبی از وضعیت یک‌سال تراکم پوشش گیاهی است و نمی‌توان آن را تنها وابسته به یک دوره فنولوژی دانست؛ بنابراین حداکثر شاخص تنوع تراکم پوشش گیاهی به معنای دربرگیری طبقات با تراکم پوشش گیاهی پایین و بالا است که می‌تواند شامل تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی یا کاربری/پوشش‌های مختلف باشد. پوشش متراکم جنگلی در استان فراهم‌کننده زیست‌گاه گونه‌های کلیدی است. نتایج مطالعه گشتاسب و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که تراکم درختان بلوط و ترکیب گونه‌های درختچه‌ای اشکوب کف می‌تواند در پویایی جمعیت شوکا (*Capreolus capreolus*) در منطقه بوزین و مرخیل مؤثر باشد؛ افزون بر شوکا، زیست‌گاه خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) و سنجاب ایرانی (*ciurus anomalus pallescens*) نیز در استان کرمانشاه به پوشش گیاهی متراکم و جنگلی وابسته است (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۸؛ مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). تغییرات شدید شاخص زبری تراکم پوشش گیاهی در منطقه شکارممنوع امروله و دالاخانی به بیشترین مقدار است این منطقه دارای قله‌های مرتفع برف‌گیری است که کمترین مقدار شاخص تراکم را دارند و دامنه‌های آن پوشش گیاهی مرتعی دارند و در حاشیه این منطقه نیز زمین‌های کشاورزی قرار دارند که تنوع در کاربری/پوشش‌های مختلف آن منجر به تنوع شاخص زبری تراکم شده است.

منطقه شکارممنوع نواکوه در پارامتر ارتفاع، بیشترین تنوع را در میان مناطق استان داشت و منطقه حفاظت‌شده بیستون در رتبه دوم قرار دارد. متوسط شباهت طبقات مختلف ارتفاع برابر ۲۰/۸۸٪ محاسبه شد که نشان از هم‌پوشانی کم مناطق حفاظت‌شده از نظر این عامل دارد. فاصله بین منحنی‌های تنوع مناطق (شکل ۳) در این جانشین به نسبت سایر متغیرهای توپوگرافی بالاتر است که نشان از قدرت این جانشین در بارزسازی تفاوت میان مناطق دارد. طبقه ارتفاعی ۱۷۲۸ تا ۱۹۱۴ متر (جدول ۱) بیشترین همسانی (جدول ۴) را در مناطق مختلف داشته است. منطقه شکارممنوع هشیلان با دربرگیری یک طبقه ارتفاعی (طبقه ۴)، کمترین تنوع ارتفاع را دارد. از آنجاکه ارتفاع عامل بسیارمهمی در ایجاد ناهمگنی در زیست‌گاه است (هودسون<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹)، افزایش

وسعت این منطقه از بخش شمالی آن و در مجاورت کوه‌های خورین، نقش مؤثری در افزایش ناهمگنی زیست‌گاه برای این منطقه خواهد داشت. افزایش وسعت مناطق ازراه دربرگیری ناهمگنی‌های توپوگرافی چنان برجسته و مهم است (لطفی و همکاران، ۱۳۹۶) که در انتخاب مناطق جدید از گونه‌های چتر<sup>۱</sup> نیز کارا تر عمل می‌کند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۸).

ارتباط تنگاتنگی بین میزان رطوبت خاک و حجم بیوماس تولیدی گیاهان برقرار است (چمورا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). توزیع رطوبت در سطح استان و به تبع آن در مناطق حفاظت‌شده، به پارامترهای محیطی مختلفی وابسته است. وجود کاربری کشاورزی از عوامل مهم و مؤثر روی کاهش رطوبت خاک است (برومند و همکاران، ۱۳۹۳) که در قلب منطقه حفاظت‌شده بیستون، پناه‌گاه حیات‌وحش بیستون، منطقه شکارممنوع هشیلان و منطقه حفاظت‌شده قلاجه وجود دارد؛ البته پایین بودن شاخص رطوبت تنها به بخش‌های کشاورزی مربوط نیست؛ بلکه مناطق برف‌گیر و پوشیده از برف مانند دامنه‌های جنوب غربی بوزین و مرخیل نیز رطوبت پایین دارند. در کنار این متغیر، آمیختگی توپوگرافی به کمک شاخص CTI اندازه‌گیری شد که جزء شاخص‌های هیدروژئومورفولوژی به‌شمار می‌رود. بالاترین مقدار آمیختگی توپوگرافی به آبراهه‌های انتهایی و کمترین مقدار آن به آبراهه‌های جوان اختصاص دارد که منجر به ایجاد میکروکلیمای محلی خواهد شد. منطقه حفاظت‌شده قلاجه، پناه‌گاه حیات‌وحش بیستون و منطقه حفاظت‌شده زله‌رزد بیشترین مقدار تنوع میکروکلیمای ناشی از آبراهه را دارند که با حضور پوشش گیاهی بر پیچیدگی و ناهمگنی زیست‌گاه در این مناطق افزوده می‌شود.

براساس نتایج، شاخص‌های تنوع (جدول ۳) و شاخص رتبه‌دهی تنوع رینی (شکل ۳) از میان جانشین‌های مورد استفاده معیارهای توپوگرافی مانند زبری ارتفاع، ارتفاع و جهت شیب متنوع‌ترین تغییرات شاخص‌های تنوع را داشتند که نشان از تفاوت‌های توپوگرافی در سطح استان دارد. این درحالی است که متغیرهای تراکم و زبری تراکم پوشش تغییرات تنوع کمتری داشتند. این تفاوت‌ها به نوع متغیر و دامنه نوسان و الگوریتم طبقه‌بندی آن برمی‌گردد. متغیر تیپ پوشش گیاهی رفتاری مانند ارتفاع دارد و شاخص تنوع آن دارای نوسان بالایی بین مناطق حفاظت‌شده است. متناسب با در نظر گرفتن تمام جانشین‌های تنوع مشخص شد که از میان مناطق شکارممنوع و مناطق حفاظت‌شده، بیشترین تنوع به ترتیب در منطقه امروله و دالاخانی و منطقه حفاظت‌شده بیستون وجود دارد؛ بنابراین اهمیت یکی شدن دو منطقه شکارممنوع امروله و دالاخانی نیز آشکار می‌شود.

### نتیجه‌گیری

انتخاب جانشین تنوع زیستی مناسب می‌تواند تحت تأثیر پارامترهای مهم دیگری همچون تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن بر سایر عوامل محیطی، تغییرپذیری آن، وسعت محدوده مورد مطالعه، قدرت تفکیکی مکانی و شرایط محلی باشد. قدرت تفکیک مکانی مناسب متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه امکان مقایسه مناسب را میان مناطق حفاظت‌شده استان فراهم آورد. بر این اساس، جانشین‌های تنوع حاصل از پارامترهای توپوگرافی و تیپ پوشش گیاهی تنوع بیشتری را در میان مناطق حفاظت‌شده دارند این به معنای وجود تغییرات قابل توجه در مؤلفه توپوگرافی در میان مناطق است. استفاده از رویکرد نوشتار پیش رو، امر شناسایی پهنه‌های پیشنهادی برای الحاق به شبکه مناطق حفاظت‌شده را تسهیل کرده و برپایه شناسایی تفاوت‌ها و تشابهاتی خواهد بود که میان جانشین‌های تنوع وجود دارد. استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور می‌تواند به عنوان بخش حامی

1- Flagship Species

2- Chemura



تصمیم عمل کرده و خلأ وجود اطلاعات را برطرف سازد؛ بنابراین ارتباط متقابلی میان توسعه بخش های یادشده و کارایی رویکرد مورد استفاده در این مطالعه وجود دارد که به کمک شاخص های تنوع زیستی می تواند به پویایی روش مورد استفاده در پژوهش حاضر کمک کند.

## منابع

- اسفنده، سرور؛ کابلی، محمد؛ اسلامی، لیل (۱۳۹۶). استفاده از الگوریتم بهینه سازی مذاب سازی شبیه سازی شده برای اولویت بندی سیستماتیک مناطق حفاظت شده در استان البرز ایران. *محیط زیست جانوری*، ۹ (۱)، ۱۰۵-۱۲۲.
- باعقیده، محمد؛ انتظاری، علیرضا؛ بابایی، یزدان؛ عباس نیا، محسن (۱۳۹۲). شناسایی نواحی بهینه آب و هوایی برای احیای جنگل های بلوط (مطالعه موردی استان کرمانشاه). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۳ (۱)، ۱۲۱-۱۴۲.
- برومند، مهری؛ قاجار سپانلو، مهدی؛ بهمنیار، محمدعلی (۱۳۹۳). اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه موردی سمسکند ساری). *پژوهش نامه مدیریت آبخیز*، ۵ (۹)، ۷۸-۹۴.
- بهرامی نژاد، میثم؛ رایگانی، بهزاد؛ نظامی بلوچی، باقر؛ جهانی، علی (۱۳۹۷). ارزیابی هشدار اولیه، برای تأمین امنیت اکولوژیکی مناطق حفاظت شده (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده درمیان، شرق ایران). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۷ (۲)، ۷۵-۹۴.
- جعفری، علی؛ یآوری، احمدرضا؛ یار علی، نبی الله؛ ولی پور، قدیر (۱۳۸۹). ارزیابی معرف بودن شبکه مناطق حفاظت شده با تأکید بر تنوع زیستی گیاهی (مطالعه موردی: استان چهارمحال بختیاری). *محیط شناسی*، ۳۶ (۵۴)، ۷۷-۸۸.
- خانمحمدی، فاطمه؛ همایی، مهدی؛ نوروزی، علی اکبر (۱۳۹۳). برآورد رطوبت خاک به کمک شاخص های پوشش گیاهی و دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده رطوبت با استفاده از تصاویر MODIS. *نشریه حفاظت از منابع آب و خاک*، ۴ (۲)، ۳۷-۴۵.
- خلیل پور، مصیب؛ جلیوند، حمید (۱۳۹۶). اثر آتش سوزی بر پوشش گیاهی و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه قلات گناوه در استان کهگیلویه و بویراحمد. *بوم شناسی کاربردی*، ۶ (۴)، ۱۷-۲۸.
- ریاضی، برهان؛ جعفری، محمدعلی (۱۳۹۸). تدوین طرح برای مدیریت منطقه حفاظت شده باشگل (در استان قزوین) به روش روی هم گذاری. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۱ (۳)، ۸۳-۹۵.
- سعیدی، سپیده؛ میر کریمی، سیدحامد (۱۳۹۲). سنجش عملکرد، ضرورتی برای مدیریت پایدار مناطق حفاظت شده. *نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی*، ۲ (۲)، ۷۱-۹۰.
- شمس اسفندآباد، بهمن؛ کابلی، محمد (۱۳۹۶). توسعه شبکه مناطقی حفاظتی با به کارگیری رویکرد برنامه ریزی سیستماتیک در ایران. *محیط زیست جانوری*، ۱۰ (۴)، ۱۴۷-۱۶۲.
- عباسی، سارا؛ پیله ور، بابک؛ حسینی، سیدمحسن (۱۳۹۳). تنوع گونه های گیاهی در غرب منطقه حفاظت شده اشترانکوه لرستان. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۶ (۳)، ۱۵۵-۱۶۴.
- فلاحی، سامان (۱۳۹۷). بررسی وضعیت زیست گاه خرس قهوه ای (*Ursus arctos*) از منظر سیمای سرزمین در منطقه حفاظت شده قلاجه. *پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست*. دانشگاه ملایر.
- فلاحی، سامان؛ شایسته، کامران؛ کرمی، پیمان (۱۳۹۸). کمی سازی اثر عوامل محیطی بر توزیع خرس قهوه ای (*Ursus arctos*) در جنگل های بلوط زاگرس (مطالعه موردی منطقه حفاظت شده قلاجه). *محیط زیست جانوری*، ۱۱ (۴)، ۱-۸.
- کرمی، پیمان (۱۳۹۳). مدل سازی مطلوبیت زیست گاه آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) در منطقه شکار ممنوع قراویز به روش تجزیه و تحلیل آشیان اکولوژیک (ENFA). *پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست*. دانشگاه هرمزگان. بندرعباس.
- کرمی، پیمان؛ اسماعیلی، مینا (۱۳۹۸). اهمیت شناخت پتانسیل های فیزیکی و زیستی مناطق حفاظت شده در راستای توسعه

- پایدار مطالعه موردی: استان همدان. سومین همایش ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در علوم کشاورزی و منابع طبیعی/ ایران، تهران، ایران.
- کرمی، پیمان؛ شایسته، کامران؛ رستگار پویانی، نصرالله (۱۳۹۸). بارزسازی نقش ارتفاع در جابه‌جایی گونه‌های حیات‌وحش مناطق کوهستانی با تأکید بر مناطق حفاظت‌شده: مطالعه موردی استان کرمانشاه. *محیط‌زیست جانوری*، ۱۲ (۲)، ۳۰-۲۱.
- کوهبنانی، حمیدرضا؛ یزدانی، محمدرضا (۱۳۹۷). پهنه‌بندی رطوبت خاک سطحی با استفاده از تصاویر لندست ۸ (مطالعه موردی: حومه شهر سمنان). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۸ (۳)، ۶۵-۷۷.
- گشتاسب، حمید؛ عطایی، فرهاد؛ جهانی، علی؛ صوفی، محمد؛ احمدی، ناهید (۱۳۹۵). تأثیر پوشش گیاهی در انتخاب زیست‌گاه شوکا در منطقه حفاظت‌شده بوزین و مرخیل. *محیط‌زیست طبیعی*، ۶۹ (۳)، ۸۰۳-۸۲۰.
- لطفی، علی؛ قدیریان، امید؛ اصغری، زهرا (۱۳۹۶). ارزیابی اثربخشی مناطق حفاظت‌شده استان اصفهان در کاهش اثرات خشک‌سالی و مداخلات انسانی. *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۱۴ (۳)، ۶۹-۷۸.
- مارابی، هاجر؛ رحیمی، حمید؛ عزمی، آئیش (۱۳۹۶). اثر ویژگی‌های ژئوهیدرولوژی بر پراکنش و الگوی توزیع نقاط روستایی استان کرمانشاه. *فضای جغرافیایی*، ۱۹ (۶۵)، ۹۱-۱۰۵.
- مرادی، سهراب؛ محمودی، صالح؛ شیخی نیلانلو، صیاد (۱۳۹۵). زیست‌گاه‌های جنگلی مناسب برای حفاظت از سنجاب ایرانی (*Sciurus anomalus pallescens*) در غرب استان کرمانشاه. *محیط‌زیست جانوری*، ۸ (۲)، ۳۳-۴۰.
- ملکیان، منصوره؛ همای، محمدرضا (۱۳۹۱). مبانی زیست‌شناسی حفاظت. چاپ اول. مشهد: جهاد دانشگاهی.
- مهدوی، علی؛ حیدری، مهدی؛ اسحاقی راد، جواد (۱۳۸۹). بررسی تنوع زیستی و غنای گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی و فیزیکی - شیمیایی خاک در منطقه حفاظت‌شده کبیرکوه. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱۸ (۳)، ۴۲۶-۴۳۶.

## References

- Abasi, S., Pilevar, B. & Hosseini, S. (2014). Study of Plant Biodiversity in West of Oshtorankoo region, Lorestan, *Journal of Environmental Science and Technology*, 16 (3), 155-164. (In Persian)
- Albuquerque, F. & Beier, P. (2018). Improving the use of environmental diversity as a surrogate for species representation. *Ecology and evolution*, 8 (2), 852-858.
- Baaghdeh, M., Entezari, A., Babaei, Y. & Abbasinia, M. (2013). Identifying the Optimal Climatic Zones for the Restoration of Oak Forests in Kermanshah Province. *Geography and Sustainability of Environment*, 3 (1), 121-142. (In Persian)
- Bahraminejad, M., Rayegani, B., Nezami, B. & Jahani, A. (2018). Presenting an Early Warning System to Supply the Protected Areas with Ecological Security (Case Study: Darmiyan Protected Area, East of Iran). *Geography and Environmental Hazards*, 7 (2), 75-94. (In Persian)
- Barton, P.S., Westgate, M. J., Foster, C. N., Cuddington, K., Hastings, A., O'Loughlin, L. S., Sato, C. F., Willig, M. R. & Lindenmayer, D. B. (2020). Using ecological niche theory to avoid uninformative biodiversity surrogates. *Ecological Indicators*, 108, 105692.
- Beier, P. & de Albuquerque, F. S. (2015). Environmental diversity as a surrogate for species representation. *Conservation Biology*, 29 (5), 1401-1410.
- Bhola, N., Juffe-Bignoli, D., Burgess, N., Sandwith, T. & Kingston, N. (2016). *Protected planet report 2016. How protected areas contribute to achieving global targets for biodiversity*. UNEP-WCMC and IUCN: Cambridge UK and Gland, Switzerland.
- Boroumand, M., Ghajar, S.M. & Bahmanyar, M.A. (2014). The Effect of Land Use Change on Some of the Physical and Chemical Properties of Soil (Case Study: Semeskande Area of Sari). *Watershed Management Research*, 5 (9), 78-94. (In Persian)
- Carlson, M., Browne, D. & Callaghan, C. (2019). Application of land-use simulation to protected

- area selection for efficient avoidance of biodiversity loss in Canada's western boreal region. *Land use policy*, 82, 821-831.
- Chemura, A., Mahoya, C., Chidoko, P. & Kutwayo, D. (2014). Effect of soil moisture deficit stress on biomass accumulation of four coffee (*Coffea arabica*) varieties in Zimbabwe. *International Scholarly Research Notices*, 125, 1-10.
- Dalerum, F., Somers, M.J., Kunkel, K. E. & Cameron, E.Z. (2008). The potential for large carnivores to act as biodiversity surrogates in southern Africa. *Biodiversity and Conservation*, 17 (12), 2939-2949.
- Engelbrecht, I., Robertson, M., Stoltz, M. & Joubert, J. W. (2016). Reconsidering environmental diversity (ED) as a biodiversity surrogacy strategy. *Biological Conservation*, 197, 171-179.
- Esfandeh, S., Kaboli, M. & Eslami, L. (2017). Simulated annealing algorithm as a tool for systematic prioritization of protected area in Alborz province, Iran, *Animal Environment*, 9 (1), 105-122. (In Persian)
- Falahati, S. (2018). *Investigation of the Status of Brown Bear (Ursus arctos) Habitat from the Perspective of the Landscape in Ghalajeh Protected Area*. Master of Science Thesis, Faculty of Natural Resources and Environment. Malayer University. (In Persian)
- Falahati, S., Shayesteh, K. & Karami, P. (2019). Quantifying the Effect of Environmental Factors on the Distribution of Brown Bears (*Ursus arctos*) in Zagros Oak (*Quercus*) Forests (Case Study: Ghalajeh Protected Area). *Animal Environment*, 11 (4), 1-8. (In Persian)
- Fensholt, R. & Sandholt, I. (2003). Derivation of a shortwave infrared water stress index from MODIS near-and shortwave infrared data in a semiarid environment. *Remote Sensing of Environment*, 87 (1), 111-121.
- Funnell, D. & Parish, R. (2005). *Mountain environments and communities*. Routledge.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Goshtasb, H., Ataei, F., Jahani, A., Sofi, M. & ahmadi, N. (2016). The influence of vegetation characteristics on roe deer habitat selection in Bozin and Markheil Protected Area. *Natural Environment*, 69 (3), 803-820. (In Persian)
- Grantham, H. S., Pressey, R. L., Wells, J. A. & Beattie, A. J. (2010). Effectiveness of biodiversity surrogates for conservation planning: different measures of effectiveness generate a kaleidoscope of variation. *PLoS One*, 5 (7), e11430.
- Habtemariam, B.T. & Fang, Q. (2016). Zoning for a multiple-use marine protected area using spatial multi-criteria analysis: The case of the Sheik Seid Marine National Park in Eritrea. *Marine Policy*, 63, 135-143.
- Harrington, F. A. (1977). *A guide to the mammals of Iran*. Tehran: Department of the Environment.
- Hodgson, J. A., Thomas, C. D., Wintle, B. A. & Moilanen, A. (2009). Climate change, connectivity and conservation decision making: back to basics. *Applied Ecology*, 46 (5), 964-969.
- Hortal, J., Triantis, K.A., Meiri, S., Thebault, E. & Sfenthourakis, S. (2009). Island species richness increases with habitat diversity. *American Natrulist*, 174 (6), 205-217.
- Ikin, K., Yong, D. L. & Lindenmayer, D. B. (2016). Effectiveness of woodland birds as taxonomic surrogates in conservation planning for biodiversity on farms. *Biological Conservation*, 204, 411-416.
- Jafari, A., Yavari, A., Yarali, N. & Valipour, G. (2010). Representativeness Assessment of Protected Areas Network Emphasizing Plant Diversity in Charmahal & Bakhtiari, Iran. *Environmental Studies*, 36 (54), 77-88. (In Persian)
- Kadmon, R. & Allouche, O. (2007). Integrating the effects of area, isolation, and habitat heterogeneity on species diversity: A unification of island biogeography and niche theory. *American Natrulist*, 170 (3), 443-454.
- Karami, P. (2014). *Habitat Suitability Modeling of Gazella Subgutturosa Subgutturosa in Qaraviz No Hunting Area by Ecological Nich Factor Analysis*. Master of Science of Environmental Sciences. College of Agriculture and Natural Resources. University of Hormozgan. (In Persian)

- Karami, P. & Esmaeili, M. (2019). The Importance of Recognizing the Physical and Biological Potentials of Protected Areas for Sustainable Development Case Study: Hamadan Province. *Paper presented at the 3 National Conference on Sustainable Development in Iranian Agricultural Sciences and Natural Resources*. Tehran. Iran: (In Persian)
- Karami, P., Shayesteh, K. & Rastegar-Pouyani, N. (2020). Highlighting altitude role in the movement of wildlife species of mountain areas with emphasis on protected areas: Case Study of Kermanshah Province. *Animal Environment*, 12 (2), 21-30. (In Persian)
- Khalilpour, M. & Jilvand, H. (2018). The Fire Impact on Vegetation and Physicochemical Properties of Soil in Ghalat Ganaveh Area of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad Province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 6 (4), 17-29. (In Persian)
- Khanmohammadi, F., Homaei, M. & Noroozi, A. (2015). Soil moisture estimating with NDVI and land surface temperature and normalized moisture index using MODIS images. *Soil and Water Resources Conservation*, 4 (2), 37-45. (In Persian)
- Koohbanani, H. & Yazdani, M. (2018). Mapping the Moisture of Surface Soil Using Landsat 8 Imagery (Case study: Suburb of Semnan City). *Geography and Sustainability of Environment*, 8 (3), 65-77. (In Persian)
- Leverington, F., Hockings, M. & Costa, K. L. (2008). *Management effectiveness evaluation in protected areas: a global study*. University of Brisbane, Australia: World Commission on Protected Areas.
- Li, X., Lao, C., Liu, Y., Liu, X., Chen, Y., Li, S. & He, Z. (2013). Early warning of illegal development for protected areas by integrating cellular automata with neural networks. *Environmental Management*, 130, 106-116.
- Lotfi, A., Ghadirian, O. & Asghari, Z. (2017). Evaluating the effectiveness of Isfahan province protected areas against climate change and human intervention. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6 (14), 69-78. (In Persian)
- Mahdavi, A., Heydari, M. & Eshaghi Rad, J. (2010). Investigation on biodiversity and richness of plant species in relation to physiography and physico-chemical properties of soil in Kabirkoh protected area. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18 (3), 426-436. (In Persian)
- Malekian, M. & Hemami, M. (2012). *Fundamentals of Conservation Biology*. Mashhad: Jahad Daneshgahi of Mashhad (JDM) Press. (In Persian)
- Marabi, H., Rahimi, H. & Azmi, A. (2019). Effect Characteristics of Geo-Hydrology on the distribution and patterns Rural Point in Kermanshah Province. *Geographic Space*, 19 (65), 91-105. (In Persian)
- Martinez, J. M. G., de Castro-Pardo, M., Pérez-Rodríguez, F. & Martín, J. M. M. (2019). Innovation and multi-level knowledge transfer using a multi-criteria decision making method for the planning of protected areas. *Innovation & Knowledge*, 4 (4), 256-261.
- Moradi, S., Mahmoudi, S. & Sheykhi Ilanloo, S. (2016). Suitable Forest Habitats for Protection of Iranian Squirrel (*Sciurus anomalus pallescens*) in West Kermanshah Province. *Animal Environment*, 8 (2), 33-40. (In Persian)
- Muñoz-Reinoso, J. C. (2004). Diversity of maritime juniper woodlands. *Forest Ecology and Management*, 192 (2-3), 267-276.
- Peri, P. L., Lasagno, R. G., Pastur, G. M., Atkinson, R., Thomas, E. & Ladd, B. (2019). Soil carbon is a useful surrogate for conservation planning in developing nations. *Scientific Reports*, 9 (1), 1-6.
- Pressey, R. L. (2004). Conservation planning and biodiversity: assembling the best data for the job. *Conservation Biology*, 18 (6), 1677-1681.
- Riazi, B. & Jafari, M. (1970). Developing a plan for management of Bashgol protected area (Qazvin) using the overlay method. *Environmental Science and Technology*, 21 (3), 80-95. (In Persian)
- Saeidi, S. & mirkarimi, S. (2014). Performance Measurement: A Necessity for Constant Management of Protected Areas. *Conservation and Utilization of Natural Resources*, 2 (2), 71-90. (In Persian)
- Sarkar, S. (2005). *Biodiversity and environmental philosophy: An introduction*. Cambridge

- University Press.
- Seaby, R. & Henderson, P. (2006). *Species diversity and richness*. (Version 4). Pisces Conservation Ltd., Lymington, England.
- Shams esfand abad, B. & Kaboli, M. (2018). Development of the conservation area network using systematic conservation planning approach in Iran, *Journal of Animal Environment*, 10 (4), 147-162. (In Persian)
- Sharifi, N., Danehkar, A., Etemad, V. & Mahmoudi, B. (2011). Identification and Prioritization of Criteria Used for Selecting Protected Areas in Forest Ecosystems Case Study: Iran's Hyrcanian Forests. *Environment and Natural Resources Research*, 1 (1), 189.
- Sun, L., Sun, R., Li, X., Liang, S. & Zhang, R. (2012). Monitoring surface soil moisture status based on remotely sensed surface temperature and vegetation index information. *Agricultural and Forest Meteorology*, 166, 175-187.
- Syahputra, F., Muslim, A. M., Talaat, W. I. A. W. & Irsalinda, N. (2019). Analytical Hierarchy Process (AHP) in selecting suitable Marine Protected Area (MPA) site in Pulo Breuh (Breuh Island), Indonesia. *Physics: Conference Series*, 1373, 1-6.
- Timonet, D. S. & Abecasis, D. (2020). An integrated approach for the design of a marine protected area network applied to mainland Portugal. *Ocean & Coastal Management*, 184, 1-9.
- Tukiainen, H., Bailey, J. J., Field, R., Kangas, K. & Hjort, J. (2017). Combining geodiversity with climate and topography to account for threatened species richness. *Conservation Biology*, 31 (2), 364-375.
- USGS (US Geological Survey). (2014). Global 30 Arc-Second Elevation (GTOPO30). Retrieved from <https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>. Accessed September 2014.
- Vergilio, M., Fonseca, C., Calado, H., Borges, P. A., Elias, R. B., Gabriel, R. & Cardoso, P. (2016). Assessing the efficiency of protected areas to represent biodiversity: a small island case study–Corrigendum. *Environmental Conservation*, 43 (4), 417-417.
- Wessels, K.J., Freitag, S.V. & Van Jaarsveld, A.S. (1999). The use of land facets as biodiversity surrogates during reserve selection at a local scale. *Biological conservation*, 89(1), 21-38.
- Zhang, Y. B., Wang, Y. Z., Phillips, N., Ma, K. P., Li, J. S. & Wang, W. (2017). Integrated maps of biodiversity in the Qinling Mountains of China for expanding protected areas. *Biological Conservation*, 210, 64-71.
- Ziaie, H. (2008). *A field guide to mammals of Iran*. 2nd edn. Wildlife Center Publication, Iran.