

نشریه



انجمن علمی مدیریت و
کنترل مناطق بیابانی ایران

مدیریت بیابان

شاپا ۳۷۲۱-۲۴۷۶

فصلنامه:

سال یازدهم - شماره ۳ - پاییز ۱۴۰۲



فهرست مطالب

- ۱-۱۶ تعیین نقش تغییر کاربری اراضی بر توفان‌های گردوغبار در منطقه سیستان با پایه پیش‌بینی
زنجیره مارکوف
علیرضا نورافر، حمید غلامی، نوازاله مرادی، وحید راهداری، مرضیه رضایی
- ۱۷-۳۶ واکاوی روند دمای سطح زمین در ایران مرکزی به پایه سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای در طی
سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶
مریم ذوالفقاری، بهزاد رایگانی، باقر نظامی بلوچی، حمید گشتاسب، علی جهانی
- ۳۷-۵۶ توزیع مکانی روند تغییر فراسنج‌های فرین بارش شمال غرب ایران و ارتباط آن با گردش عمومی
جو منطقه
علیرضا موقری، خدیجه جوان
- ۵۷-۷۲ بررسی تأثیر رویشگاه و نوع اندام عصاره‌گیری شده بر ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه کور
(*Capparis spinosa* L.) به عنوان یک گیاه مرتعی و دارویی
الهه زمانی، کاظم کمالی علی‌آباد، سیدمهدی کلانتر، حمید سودائی‌زاده، بی‌بی فاطمه حقیرالسادات، اسرا کاپان
اوغلو
- ۷۳-۸۸ کارآیی سنجش از دور و خوارزمیک‌های یادگیری ماشین در پهنه‌بندی مناطق مستعد گردوغبار
استان اصفهان
مجید افشاری، عباسعلی ولی
- ۸۹-۱۰۴ تعیین مناطق مستعد فرسایش شیاری با استفاده از روش آنتروپی بیشینه در تالاب کچی
خراسان جنوبی
حوا حسینی، جواد چرگی، سید محمد تاجبخش فخرآبادی

به نام خدا
نشریه مدیریت بیابان

فصلنامه علمی انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران
این نشریه طی مجوز شماره ۳/۱۲۶۸۸۵ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری منتشر می‌شود.

سال ۱۴۰۲

شماره ۳

دوره ۱۱

- صاحب امتیاز: انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران
□ ناشر: انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران
□ مدیر مسئول: محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
□ سر دبیر: سید جمال‌الدین خواجه‌الدین، استاد بازنشسته دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
□ مدیر داخلی: حسن خسروی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

- هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):
محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
حسین آذرینوند، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
ناصر باغستانی میدی، دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد
احمد پهلوانروی، دانشیار دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل
حسن خسروی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
سید جمال‌الدین خواجه‌الدین، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
محمد تقی دستورانی، استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
سعید سلطانی، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
امیر همایون صفارزاده، دانشیار، دانشگاه Kyushu، ژاپن
علی طالبی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
سادات فیض‌نیا، استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
محسن محسنی‌ساروی، استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
حسین ملکی‌نژاد، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

ویراستار فارسی: علی‌اکبر نظری سامانی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
ویراستار چکیده‌های انگلیسی: محمد زارع، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

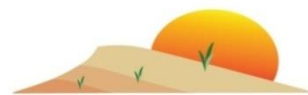
مدیر اجرایی: عاطفه جبالی
تایپ و صفحه‌آرایی: عاطفه جبالی

- آدرس دفتر مجله:
یزد، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران
صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵
تلفن و فکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸
پست الکترونیک: jdm.isadmc@yahoo.com

□ تیراژ: ۱۰۰ نسخه

داوران مقالات این شماره:

دکتر اعظم ابوالحسنی، دکتر طیبه اکبری اذربانی، دکتر حامد اسکندری دامنه، دکتر سعید اسلامیان، دکتر ملیحه بهرنگ‌منش، دکتر عاطفه جبالی، دکتر زینب جعفریان، دکتر حسن خسروی، دکتر بهرام چوبین، دکتر فرواد ذوالفقاری، دکتر علیرضا راشکی، دکتر محمدرضا راهداری، دکتر احسان زندی اصفهان، دکتر سمیرا زندی‌فر، دکتر سعید سلطانی، دکتر محمدعلی صارمی نایینی، دکتر اسمعیل علی‌زاده، دکتر حمید غلامی، دکتر مرتضی قیصوری، دکتر آرش ملکیان، دکتر سحر نسب‌پور مولایی، دکتر مریم نعیمی، دکتر عباسعلی ولی، دکتر لیلا یغمایی.



فهرست مطالب

- تعیین نقش تغییر کاربری اراضی بر توفان‌های گردوغبار در منطقه سیستان با پایه پیش‌بینی زنجیره مارکوف
علیرضا نورافر، حمید غلامی، نوازاله مرادی، وحید راهداری، مرضیه رضایی
۱-۱۶
- واکاوی روند دمای سطح زمین در ایران مرکزی به پایه سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶
مریم ذوالفقاری، بهزاد رایگانی، باقر نظامی بلوچی، حمید گشتاسب، علی جهانی
۱۷-۳۶
- توزیع مکانی روند تغییر فراسنجهای فرین بارش شمال غرب ایران و ارتباط آن با گردش عمومی جو منطقه
علیرضا موقری، خدیجه جوان
۳۷-۵۶
- بررسی تأثیر رویشگاه و نوع اندام عصاره‌گیری شده بر ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه کور (*Capparis spinosa* L.) به عنوان یک گیاه مرتعی و دارویی
الهه زمانی، کاظم کمالی علی‌آباد، سیدمهدی کلاتر، حمید سودائی‌زاده، بی‌بی فاطمه حقیرالسادات، اسرا کاپان اوغلو
۵۷-۷۲
- کارآیی سنجش از دور و خوارزمیک‌های یادگیری ماشین در پهنه‌بندی مناطق مستعد گردوغبار استان اصفهان
مجید افشاری، عباسعلی ولی
۷۳-۸۸
- تعیین مناطق مستعد فرسایش شیاری با استفاده از روش آنتروپی بیشینه در تالاب کچی خراسان جنوبی
حوا حسینی، جواد چزگی، سید محمد تاجبخش فخرآبادی
۸۹-۱۰۴

راهنمای نگارش مقاله برای چاپ در نشریه علمی مدیریت بیابان

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

رعایت شیوه‌نامه زیر در نگارش مقاله‌هایی که برای چاپ به نشریه مدیریت بیابان ارسال می‌گردد ضروری است.

۱- نوع مقاله

مقاله‌های پژوهشی اصیل، دارای نوآوری و حاصل کار پژوهشی نویسنده یا نویسندگان مرتبط در یکی از زمینه‌های تحقیقاتی زیر که به زبان فارسی نوشته شده و برای نخستین بار منتشر می‌شوند، جهت چاپ مورد بررسی هیأت تحریریه نشریه قرار خواهد گرفت:

- اکوسیستم مناطق بیابانی
- ارزیابی بیابان زایی
- پایش بیابان زایی
- روش‌های نوین بیابان‌زدایی
- پوشش گیاهی و کشاورزی در مناطق بیابانی
- تخریب سرزمین، بیابان‌زایی
- مدیریت آب در مناطق بیابانی
- تغییر اقلیم و اثرات آن در بیابان زایی
- ژئومرفولوژی بیابان
- فرسایش بادی و ریزگردها

- مقاله ارسال شده به این نشریه نباید در نشریه دیگری چاپ یا هم‌زمان برای سایر نشریه‌ها ارسال شده باشد.

- مشخصات بخش‌های مختلف مقاله:

(۱) برگ شناسه (معرفی نویسنده یا نویسندگان): شامل نام، نام خانوادگی، مرتبه علمی و نشانی کامل محل کار و شماره تلفن های ثابت و همراه نویسنده (گان) است که به فارسی و لاتین نوشته شده و به همراه نشانی پست الکترونیک نویسنده مسئول به همراه مرتبه علمی و محل خدمت نویسنده (گان) در فایل جداگانه‌ای ارائه می‌شود. در این فایل عنوان مقاله به فارسی و ترجمه انگلیسی آن نیز قید گردد.

(۲) عنوان مقاله: عنوان باید کوتاه و جامع بوده و از ۱۵ واژه تجاوز نکند و مفهوم اصلی پژوهش را نشان دهد. عنوان در ابتدا و وسط صفحه اول درج می‌شود.

(۳) چکیده: چکیده باید مجموعه فشرده و گویایی از مقاله با تأکید بر تشریح مسئله، روش کار و نتایج مهم و ارزیابی آنها بوده و از ۳۰۰ واژه بیشتر نباشد. از به کار بردن نام‌های خلاصه شده، ارائه منبع، فرمول، جدول و شکل در چکیده خودداری شود.

(۴) واژگان کلیدی: حداکثر ۶ کلمه به ترتیب اولویت آورده شود و با "؛" از هم جدا گردند و معادل خارجی آنها نیز در زیر چکیده انگلیسی مقاله و به همان ترتیب درج شود. به‌منظور بیشتر دیده شدن مقاله در جستجوهای رایانه‌ای، این کلمات نباید در عنوان مقاله تکرار شوند.

(۵) مقدمه: شامل طرح مسئله، شرح موضوع، اهمیت، فرضیه‌ها، مرور پژوهش‌های انجام شده و هدف از پژوهش است.

(۶) مواد و روش‌ها: شامل مواد و وسایل به کار رفته، شرح کامل روش‌های آزمایش و چگونگی اجرای پژوهش، مشخصات منطقه مورد مطالعه، طرح آماری و روش‌های ارزیابی است. از هر گونه کلی گویی در این بخش باید پرهیز شود.

(۷) نتایج: همه نتایج کیفی و کمی به دست آمده و توضیحات لازم در این قسمت ارائه می‌گردد. نتایج حاصل با تحقیقات قبلی مقایسه شده، در صورت نیاز می‌توان موضوعات را طبقه‌بندی و برای ارائه نتایج از جدول، منحنی، نمودار و یا تصاویر استفاده نمود.

(۸) بحث و نتیجه‌گیری: در برگرفته جمع‌بندی خلاصه نتایج با توجه به هدف بررسی بوده و دست آوردها با توجه به یافته‌های سایر پژوهش‌ها، تجزیه و تحلیل شده و درباره آن‌ها بحث و نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد. نگارنده (گان) در این قسمت می‌توانند توصیه‌ها و پیشنهادها لازم جهت انجام بررسی‌های بعدی را نیز ارائه کند. نگارنده (گان) می‌توانند بخش بحث را همراه با نتایج تدوین نموده و عنوان "نتایج و بحث" را انتخاب نمایند. در این صورت بخش نتیجه‌گیری مقاله با عنوان "نتیجه‌گیری" به صورت کوتاه و فقط نتیجه‌گیری از نتایج پژوهش، تدوین می‌گردد.

(۹) سپاسگزاری: در این قسمت از تأمین کنندگان بودجه و امکانات و اشخاص دیگر بجز نگارندگان، که در انجام تحقیق کمک کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود. ارائه این قسمت در انتهای مقاله قبل از عنوان منابع الزامی است.

یادآوری بسیار مهم: سرقت ادبی یک عمل غیر علمی و ناشایست و غیرقابل پذیرش برای این نشریه به‌شمار می‌رود. جهت جلوگیری از رخ دادن این پدیده زشت، در موقع خلاصه کردن کار دیگران و ارائه آن، لازم است یادداشت برداری با استفاده از کلمه‌ها و واژه‌ها به زبان خود نویسنده صورت گیرد و از به‌کار بردن عین جملات دیگران حتی با درج مأخذ آن، به‌طور جد خودداری گردد.

نشریه مدیریت بیابان با استفاده از مشابهت‌یاب سیناوب مقالات را بررسی نموده و هیچ نوع مشابهتی را در جملات استفاده شده از منابع نمی‌پذیرد.

(۱۰) منابع:

الف) منابع داخل متن:

منابع داخل متن فقط با ذکر شماره ردیف مقاله در لیست منابع انجام می‌گیرد که در داخل پرانتز باید یادداشت شود. تأکید مجله بر عدم استفاده از نام مؤلفین یا پدیدآورندگان منابع در اول جملات است. لذا در متن از ذکر نام نویسندگان منابع خودداری شود. جملات با افعال مجهول نوشته شوند تا نیازی به ذکر نام نویسنده نباشد. در صورت الزام فقط در یک یا حداکثر دو مورد در مقاله استفاده از نام نویسندگان به صورت نام نویسنده و ذکر فقط سال انتشار آن به شکلی که در لیست منابع ذکر شده، در داخل پرانتز بلامانع است و در آخر همان جمله یا مطلب هم شماره همان رفرنس در داخل پرانتز ذکر گردد. اگر تعداد نویسندگان بیشتر از دو نفر باشند، بعد از نام نویسنده اول از "et al." استفاده شود. در هر مقاله می‌توان از یک پایان نامه کارشناسی ارشد به عنوان منبع بهره جست.

ب) منابع انتهایی متن:

لیست منابع در آخر مقاله باید به انگلیسی تدوین گردد و مقاله‌های فارسی هم طبق یادداشت‌های خود منبع به انگلیسی نوشته شوند. لذا منابع فارسی و انگلیسی به ترتیب نام خانوادگی نفر اول در یک لیست تدوین گردد. از ترجمه آزاد عنوان مقاله و دیگر مشخصات نگارندگان و نام نشریه خودداری نمایید تا از اتلاف وقت برای اصلاح مجدد آن جلوگیری شود. تمامی منابع به ترتیب حرف ابتدای نام خانوادگی نویسنده اول یا در صورتی که فاقد نگارنده باشد نام سازمان مربوطه، در فهرست منابع مورد استفاده قرار گیرد. منابع به صورت پیوسته شماره‌گذاری و همین شماره در متن برای رفرنس دادن استفاده شود. در تنظیم فهرست منابع مورد استفاده از آوردن واژگان به صورت مخفف مانند "J" به جای Journal، یا، U و یا Univ به جای University و ... پرهیز شود. چنانچه از یک نگارنده چند منبع مورد استفاده قرار گیرد، ترتیب ارائه آنها بر حسب سال انتشار از قدیم به جدید است، لازم به ذکر است در صورتی که مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده وجود دارد، ابتدا مقالات منفرد و سپس بقیه آنها به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب گردد. از به کارگیری عبارت "et al." در لیست مقالات به جای نام نویسندگان مقاله خودداری شود و اسامی تمامی نویسندگان به ترتیب ذکر شده در منبع مورد نظر آورده شده و نام کامل خانوادگی و حرف اول نام نویسندگان با ویرگول و قبل از نام آخرین نویسنده با & از یکدیگر تفکیک گردند. از ایجاد ارتباط یا Link منابع با شماره‌های آنها در متن خودداری شود. سال‌های شمسی تمام منابع فارسی مورد استفاده در مقاله به صورت سال میلادی مطابق اصل منبع ارائه گردد. لینک DOI مقالات در انتهایی منابع مربوط اضافه شود. در مورد منابعی که فارسی است، به منظور آگاهی خواننده عبارت "In Persian" در انتهایی منبع در داخل کروشه آورده شود.

روش ارجاع منابع مختلف:

✓ کتاب تألیفی:

Author, A. A., & Author, B. B. (Year). *Title of book*. Location: Publisher.

Mozaffarian, V., (2009). *Trees and shrubs of Iran*. Tehran: Farhang Moaser Publisher. [In Persian]

✓ کتاب ترجمه شده:

Author, A. A., & Author, B. B. (The translation Year). *Title of book*. Translator, A. A., Location: Translation Publisher.

McCoy, R. M. (2005). *Field Methods in Remote Sensing*. Jafari, R., Tehran: Iran University Press.

✓ مقاله:

Author, A. A., Author, B. B., & Author. C. C. (Year). Title of article. *Title of Journal*, volume (Issue), page-numbers. DOI:

Mansourmoghaddam, M., Naghipur, N., Rousta, I., & Ghaffarian, H. R. (2022). Temporal and Spatial Monitoring and Forecasting of Suspended Dust Using Google Earth Engine and Remote Sensing Data (Case Study: Qazvin Province). *Desert Management*, 10(1), 77-98. DOI: 10.22034/jdmal.2022.548083.1372 [In Persian]

✓ رساله دکترا:

Author, A. A. (Year). *Title of Thesis*. Degree, University: Placed Published.

Abdolshahnejad, M. (2020) *Dust storm risk assessment and providing strategies to contact it (Case study: Ahvaz County)*. PhD thesis, University of Tehran. [In Persian]

✓ کنفرانس:

Author, A. A. (Year). *Title*. Paper presented at the Conference Name, Conference Location.

Bagherian Ardabiliyan, P. (2009). *Investigating the methods of reducing evaporation from water resources and reservoirs with a look at the evaporation situation in the surface waters of East Azerbaijan province*. 3rd Conference on Water Resources Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran. [In Persian]

Author, A. A. (Year). Title of webpage: Subtitle if needed, Retrieved Month day, year, from source.

NCAA Committee on Sportsmanship and Ethical Conduct. (2012). *Operations plan: Strategic planning and budgeting for the 2012 and 2013 Academic Years*. Retrieved February 9, 2012, from <http://www1.ncaa.org/membership/governance/assoc-wide/sportsmanship-ethics/index.html>

نکته: رعایت اصول تایپی در استفاده از نقطه، کاما و فاصله بین کاراکترها و غیره دارای اهمیت است و باید با دقت رعایت گردد.

- کنترل شود که کلیه منابع استفاده شده در متن مقاله، در لیست منابع ذکر شده باشند و یا منابع ذکر شده در لیست منابع در متن به عنوان رفرنس استفاده شوند.

۱۱- برگ چکیده مبسوط به لاتین:

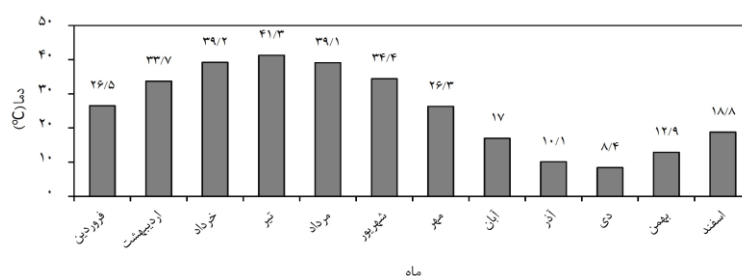
چکیده مقاله به زبان انگلیسی به صورت مبسوط همراه برگردان کامل عنوان و کلمات کلیدی در یک فایل بدون مشخصات نام و محل کار یا دانشگاه نگارنده (گان) ارسال گردد. این چکیده باید مجموعه کوتاه و گویایی از مقاله با تأکید بر تشریح مسئله، هدف پژوهش، روش کار و نتایج مهم و ارزیابی آنها بوده و از ۱۰۰۰ واژه بیشتر نباشد. از به کار بردن نام‌های خلاصه شده، ارائه منبع، فرمول، جدول و شکل در چکیده مبسوط انگلیسی خودداری شود. فرمت نگارش چکیده مبسوط انگلیسی در پایگاه اینترنتی نشریه بخش راهنمای نویسندگان موجود است.

• شیوه نگارش:

مقاله روی صفحه A4 با حاشیه‌های بالا و پایین ۲۰ میلی‌متر و راست و چپ ۲۰ میلی‌متر با قلم نازنین بولد (B Nazanin) فونت ۱۱، در قالب نرم افزار Word تایپ گردد. فاصله بین خطوط به صورت یک فاصله‌ای (Single space) انتخاب گردد. تعداد صفحه‌های مقاله با در نظر گرفتن جدول‌ها، شکل‌ها، نتایج، فهرست منابع نباید از ۱۶ صفحه بیشتر باشد. از به کار بردن کلمات انگلیسی که معادل آنها در فارسی موجود است، در داخل متن اجتناب شود و در صورت لزوم واژه انگلیسی در پاورقی با ذکر شماره تایپ شود. سطر اول هر پاراگراف به میزان ۰/۵ سانتیمتر فرورفتگی داشته باشد. نوع و اندازه قلم‌ها، طبق جدول زیر رعایت شود.

B Nazanin 12	واژگان کلیدی فارسی	B Nazanin 14-Bold	عنوان فارسی مقاله
Times New Roman 10	واژگان کلیدی لاتین	Times New Roman 13-Bold	عنوان لاتین مقاله
B Nazanin 13	متن فارسی	B Nazanin 11	اسامی فارسی نویسندگان
Times New Roman 11	واژگان لاتین داخل متن	Times New Roman 10-Bold	اسامی لاتین نویسندگان
Bold -B Nazanin 11	عنوان جدول‌ها و شکل	B Nazanin 13- Bold	عناوین فرعی متن فارسی
B Nazanin 10	متن جداول	B Nazanin 11	متن چکیده فارسی
Times New Roman 11	منابع لاتین	Times New Roman 10	متن چکیده لاتین
B Nazanin 12	منابع فارسی	B Nazanin 10	پاورقی فارسی
Times New Roman 12- Italic	نام‌های علمی	Times New Roman 9	پاورقی لاتین

جدول، شکل‌ها، نتایج را خیلی دقیق‌تر و واضح‌تر از متن نمایش می‌دهند. اطلاعات ارائه شده در جدول‌ها نباید به صورت منحنی و یا به شکل دیگری در مقاله تکرار شوند. شماره و عنوان جدول در بالای جدول ذکر گردد. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به خود باشد. چنانچه تمام ارقام جدول دارای واحد یکسان باشد، می‌توان واحد را در عنوان جدول ذکر نمود. توضیحات عنوان و متن جدول به صورت زیرنویس ارائه گردد. نتایج بررسی‌های آماری باید به یکی از روش‌های علمی در جدول منعکس شود. جدول تنها در محیط Word طراحی و از ایجاد ارتباط یا Link نمودارها با دیگر فایل‌ها خودداری شود. شکل‌های هر مقاله شامل منحنی، نمودار، عکس و نقشه بوده و همه به طور یکسان به عنوان شکل شماره‌گذاری شوند. شکل‌ها باید با کیفیت بالا باشد. عنوان هر شکل در پایین آن درج گردد. عکس‌ها باید واضح، مطالب آنها خوانا و دارای مقیاس باشند. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌های اقتباس شده که از منابع دیگر، الزامی است. فایل‌های اصلی شکل‌ها با فرمت JPEG, Tiff, Excel, PDF یا جهت چاپ نهایی به نشریه ارسال گردد. شکل‌ها و جداول مطابق نمونه بدون کادر تنظیم شود.



شکل ۱. نمونه فرمت شکل‌های مورد نظر مجله مدیریت بیابان

- جداول بایستی بدون خطوط عمودی و به صورت نمونه ذیل تهیه گردند. جدول‌ها را شماره گذاری کرده و شماره را در اول عنوان قید و در متن رفرنس دهید.

جدول ۱. نمونه جدول مورد نظر مجله مدیریت بیابان

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
یزد	۵۴° ۲۴'	۳۱° ۵۴'	۱۲۳۰
بندر عباس	۵۶° ۲۲'	۲۷° ۱۳'	۱۰
بندر انزلی	۴۹° ۲۸'	۳۷° ۲۸'	-۲۶/۳
اهواز	۴۸° ۴۰'	۳۱° ۲۰'	۲۲/۵
شهرکرد	۵۰° ۵۱'	۳۲° ۲۰'	۲۰۶۱/۴

- رابطه‌ها باید به‌ترتیب از ابتدا تا انتها شماره‌گذاری شده و در متن مقاله قبل از رابطه رفرنس داده شوند. شماره رابطه‌ها باید در انتهای سمت راست و در امتداد سطر حاوی رابطه‌ها در داخل پرانتز قید شود. مثال:

$$E = m \cdot c^2 \quad (۱)$$

- کلیه عامل‌های دو طرف علامت مساوی در ذیل رابطه‌ها با ذکر واحد آن معرفی شوند.
- واحدهای استفاده شده در متن مقاله باید در سیستم متریک (SI) بوده و با خلاصه آنها در سیستم SI یا (International System of units) نوشته شوند.
- مقالات بایستی با نرم افزار MSWord ارسال و از انجام هرگونه تنظیمات اضافی در فایل خودداری شود.
- رعایت نیم فاصله در کلمات ترکیبی و جمع مانند بیابان‌زایی، بیابان‌ها، اندازه‌گیری، شده‌اند، می‌شود، می‌توان و ... ضروری است.
- نقطه و ویرگول بدون هیچ فاصله‌ای در انتهای کلمات قرار گرفته، اما بین آنها و کلمه بعدی یک فاصله نیاز است.
- شماره پاورقی‌ها در هر صفحه باید به صورت مجزا از دیگر صفحه‌ها آیند.
- در روش نوین نگارش از پرانتز استفاده نمی‌شود و مطلب مستقیماً در متن بیان می‌گردد. از نوشتن مطلب در پاورقی و نیز در داخل پرانتز خودداری نمایید.
- مقاله در فرمت تک ستونی تدوین و ارسال شود و از تدوین آن در دو ستون خودداری گردد.
- عدم رعایت شیوه نامه فوق موجب تأخیر در پذیرش و رفت و برگشت‌های مکرر و زمان‌بر مقاله خواهد شد.
- مقاله ارسالی به دفتر نشریه پس از طی مراحل داوری مسترد نمی‌شود.
- هیأت تحریریه در رد و ویرایش مقالات مجاز است.
- مسئولیت صحت مطالب به عهده نویسندگان است.

● فایل های ارسالی شامل:

- (۱) متن اصلی مقاله بدون اسامی نویسندگان با فرمت doc و یا docx
 - (۲) یک صفحه شامل عنوان فارسی و انگلیسی مقاله به همراه اسامی، سمت و آدرس نویسندگان و نویسنده مسئول
 - (۳) فرم تعارض منافع با امضای نویسنده مسئول و تعهدنامه امضا شده توسط تمامی نویسندگان
- ارسال این تعهدنامه برای آغاز بررسی اولیه الزامی است و در صورت عدم بارگذاری تعهدنامه به همراه مقاله، مقاله ارسالی بررسی نخواهد شد.
- ارسال تعهدنامه مبنی بر (۱) عدم چاپ مقاله ارسالی به هر شکل در گذشته، (۲) عدم ارسال مقاله به دیگر نشریه‌ها تا تعیین تکلیف در این نشریه و (۳) اطلاع تمامی نویسندگان از ارسال مقاله به دفتر نشریه مدیریت بیابان الزامی است.

فایل های مذکور بایستی در سامانه نشریه به آدرس www.jdml.ir در بخش ارسال مقاله ثبت گردد.

نشانی پستی دفتر مجله مدیریت بیابان : یزد، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران کدپستی:

۷۴۱-۸۹۱۹۵

تلفکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸

رایانامه: jdm.isadmc@yahoo.com

راهنمای نگارش مقاله بر اساس شیوه نامه APA در سایت انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی قابل دسترس است.

نویسندگان محترم بعد از پذیرش مقاله در سامانه نشریه موظف هستند مبلغ سه میلیون و پانصد هزار ریال را به شماره حساب ۲۰۰۷۵۱۷۳۰۳ بانک تجارت شعبه دانشگاه یزد، کد شعبه ۲۰۰۷۵، نام صاحب حساب: انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی، واریز نمایند.

Investigating the Effects of Land Use Changes on Dust Storms in the Sistan Region Using Markov Chain Forecasting

A. Nourafar¹, H. Gholami^{2*}, N. Moradi³, V. Rahdari⁴, M. Rezaei³

1. PhD student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Zabol University, Zabol, Iran.

* Corresponding Author: hamidgholami@ut.ac.ir

Received date: 06/09/2023

Accepted date: 28/10/2023



[10.22034/JDMAL.2023.2011010.1437](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2011010.1437)

Extended Abstract

Introduction

Population growth and the excessive use of natural resources have caused significant changes in natural ecosystems, including a decrease in rainfall and an increase in temperature. The potential exists for them to decrease vegetation and increase barren areas. Serious economic, social, and environmental damage can occur in natural ecosystems due to the destruction of land cover and other damages, such as dust storms. Therefore, ecosystem changes are taking place worldwide, both at the temporal and spatial scale, due to human activities and natural factors. So, investigating the amount of land use/cover changes, their effect on dust storms, and predicting these changes for the coming years can be an important step in reducing and controlling unprincipled changes, planning, and optimizing resource. Climate change and human activities, such as drought, human activities, and non-compliance with water rights, have a significant impact on the Hamon wetland area, so that the dry bed of the wetland has become the main sources of dust. This research is focused on investigating the impact of land use changes on dust storms and forecasting land use changes in the Sistan region for the next 20 years.

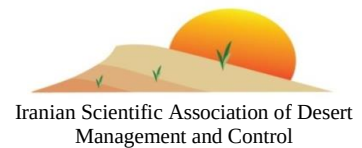
Material and Methods

The impact of land use changes on dust storms in the Sistan region was examined using Markov chain forecasting methods. For this purpose, first of all, the land use maps of 2002, 2011 and 2022 were prepared using satellite images. An anomalous method was used to investigate climatic parameters, including temperature, rainfall, and the number of days with dust, in the next step. To evaluate climatic changes, it is necessary to use a method that shows long-term changes. The anomaly method was employed for this purpose. The values of this index can be



Desert Management

www.isadmc.ir



either positive or negative. In order to predict land use changes for the next 20 years, the combination of the maps of 2002 and 2022 for severe drought conditions were used by using Markov chain and Cell models. The Markov model was predicted to generate multiple images. The transfer probability matrix allows for the expression of the probability that any type of land cover will be found in any location in the future. Despite the accuracy of transmission probabilities for each user is unknown, due to the lack of information on the spatial distribution of users, the Markov model does not have any spatial dependence information. In contrast, to the automatic network, it is an agent that has the ability to change its state based on the application of the law that shows the new state in accordance with the previous state and the state of its neighbors.

Results and Discussion

This study examined the impact of land use change on dust in the Sistan region. At first, climatic changes of temperature, rainfall and number of dusty days were investigated and the results showed that the temperature has increased and rainfall has decreased in the Sistan region during the last two decades. The land use maps also showed that in the years when the Hamon wetland has been drained, pastures and dense vegetation have increased and barren lands and salt marshes have decreased. But due to the recent droughts like the year 2022, when a drought has occurred in the region, the use of vegetation and pasture has decreased and barren and salt marshes have increased. These conditions cause an increase in the level of dust in the region. The land use map for severe drought conditions in the next 20 years was predicted using the Markov model. It showed that in the future, pastures and dense vegetation will decrease, but barren lands and salt marsh areas will increase dramatically. As desertification and wind erosion increase, dust storms will also increase as a result of these conditions. The economic, social, environmental, and health conditions of residents in the region are adversely affected by dust storms. Therefore, proper planning and management can reduce the damages caused by dust storms in the Sistan region.

Keywords: Desertification; Remote sensing; Automatic cells; Anomaly; Drought





تعیین نقش تغییر کاربری اراضی بر توفان‌های گردوغبار در منطقه سیستان با پایه پیش‌بینی زنجیره مارکوف

علیرضا نورافر^۱، حمید غلامی^{۲*}، نوازاله مرادی^۳، وحید راهداری^۴، مرضیه رضایی^۳

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

۲. دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

۳. استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

۴. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

* نویسنده مسئول: hamidgholami@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶



[10.22034/JDMAL.2023.2011010.1437](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2011010.1437)

چکیده

در پژوهش حاضر نقش تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر توفان‌های گردوغبار در منطقه سیستان با بهره‌گیری از سنجش از دور در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ مورد واکاوی قرار گرفته است. با توجه به تأثیرگذاری تغییر اقلیمی بر کاربری/پوشش اراضی، متغیرهای اقلیمی شامل؛ بارندگی، دما و تعداد روزهای گردوغباری به روش آنومالی بررسی شد و در ادامه به منظور پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی در ۲۰ سال آینده از ترکیب نقشه‌های سال ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ برای شرایط خشکسالی شدید، با زنجیره مارکوف پیش‌بینی انجام شد. نتایج نشان داد در منطقه سیستان طی دو دهه گذشته دما افزایش و بارندگی کاهش یافته است. نقشه‌های کاربری اراضی نیز نشان داد در سال‌هایی که تالاب هامون آبگیری شده است، مرتع و پوشش گیاهی متراکم روند افزایشی و اراضی بایر (بدون پوشش گیاهی) و شوره زار روند کاهشی داشته است. اما با توجه به خشکسالی‌های اخیر همانند سال ۱۴۰۱ که خشکسالی در منطقه فراهم شده است، کاربری مرتع کاهش و بایر و شوره زار افزایش داشته است. این شرایط منجر به افزایش گردوغبار در منطقه می‌شود، نقشه کاربری/پوشش اراضی در ۲۰ سال آینده برای شرایط خشکسالی شدید با استفاده از مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد در آینده مرتع و پوشش گیاهی متراکم کاهش خواهد داشت اما اراضی بایر و مناطق شوره زار افزایش چشم‌گیری خواهد داشت این شرایط، منجر به افزایش بیابان‌زایی و فرسایش بادی می‌شود و در پی آن توفان‌های گردوغباری افزایش خواهد داشت. با توجه به اینکه توفان‌های گردوغبار بر شرایط اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیست و سلامت ساکنان منطقه تأثیرهای منفی بسیاری دارد، بنابراین با برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح به منظور کنترل پیامدهای حاصل از گردوغبار در منطقه سیستان می‌توان خسارت‌های حاصل از توفان‌های گردوغبار در این منطقه را کاهش داد.

واژگان کلیدی: بیابان‌زایی؛ سنجش از دور؛ سلول‌های خودکار؛ آنومالی؛ خشکسالی



■ مقدمه

توفان‌های گردوغبار، از جمله معضل‌های مهم محیط زیستی است و با توجه به اینکه در سال‌های اخیر شدت بیشتری داشته‌است، بنابراین خسارت‌های بسیاری را در پی داشته‌است. در کشور ایران نیز همانند بسیاری از مناطق جهان توفان‌های گردوغباری افزایش یافته‌است، با توجه به اینکه ایران بر روی کمربند بیابانی قرار دارد بسیاری از مناطق ایران از جمله سیستان به علت خشکسالی‌های پی در پی و افزایش بیابان‌زایی، توفان‌های گردوغباری شدت یافته‌است و خسارت‌هایی از جمله؛ افزایش بیماری‌های قلبی، ریوی، چشمی، ویروسی، آلرژی، تعطیلی ادارات، مدارس، کسب و کارها، از بین رفتن تولیدات کشاورزی و باغی و... در پی داشته‌است (۳۷، ۳۸). با توجه به اینکه، در سال‌های اخیر، رشد جمعیت و استفاده بی‌رویه انسان از منابع طبیعی منجر به تخریب کاربری‌های اراضی شده‌است، همچنین تغییرات اقلیمی از جمله کاهش بارندگی و افزایش دما نیز اکوسیستم‌های طبیعی را بسیار تحت تأثیر قرار داده‌است، به صورتیکه منجر به کاهش پوشش گیاهی و افزایش اراضی بایر شده‌است که نتیجه آن تخریب کاربری‌های اراضی می‌باشد (۱۰، ۲۶) و پیامدهای بسیاری، از جمله وقوع توفان‌های گردوغبار که خود یک واکنش به تخریب اراضی از جمله تخریب پوشش گیاهی می‌باشد و در نتیجه ایجاد و شدت گردوغبار در منطقه خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیست و به‌ویژه در زمینه سلامت خطرات جدی را در پی داد (۶). بنابراین با توجه به فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی، تغییر اکوسیستم‌ها در سراسر جهان در هر دو مقیاس زمانی و مکانی در حال وقوع می‌باشد (۲۳، ۸). لذا آگاهی و شناخت نوع کاربری‌های اراضی و تغییرات ایجاد شده در کاربری‌های اراضی نیاز بنیادی به منظور مدیریت یک منطقه‌است (۲۲، ۵). نقشه کاربری اراضی به نقشه‌هایی که اطلاعات سطوح مختلف زمین را نمایش می‌دهد گفته می‌شود نقشه کاربری اراضی اطلاعات بسیار مفید و کاربردی را برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران تامین می‌کند (۲۷، ۱۲). به منظور دسترسی به این اطلاعات و تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده از علم سنجش از دور بسیار رایج می‌باشد و استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از

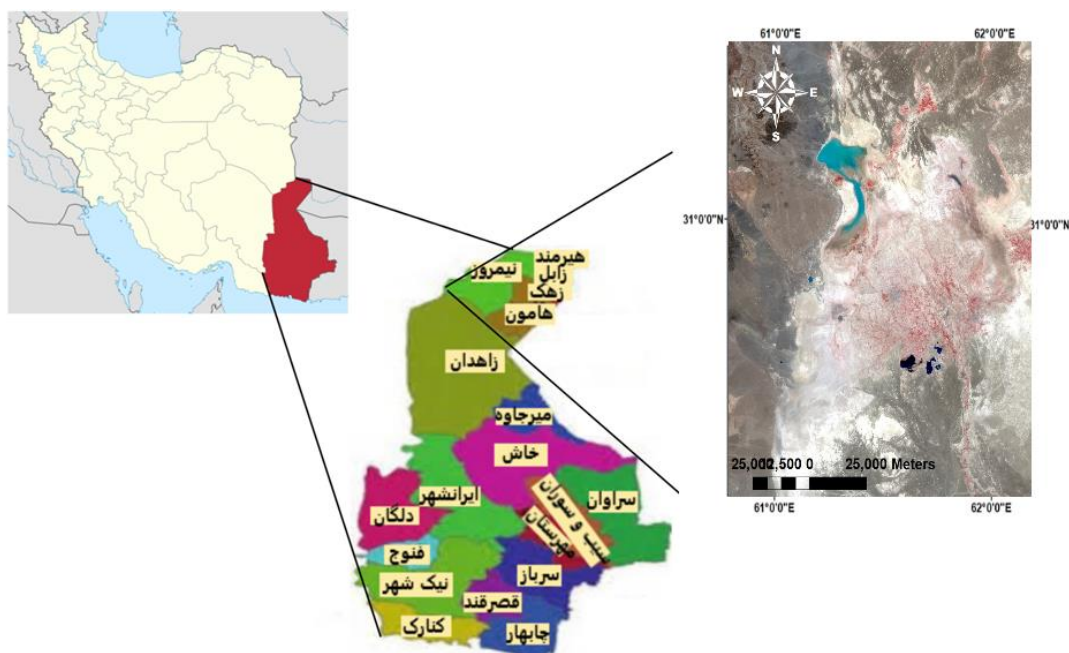
طبقه‌بندی تصاویر، بسیار پرکاربرد است (۷، ۲۹، ۳۲). با توجه به اهمیت کاربری‌های اراضی و اثرات جبران ناپذیر تخریب اراضی، پیش‌بینی تغییرات اراضی در سال‌های آینده می‌تواند کمک بسیاری به مدیران برای برنامه‌ریزی کوتاه مدت و بلند مدت داشته‌باشد (۱۸، ۳۰). روش‌های بسیاری برای آشکارسازی تغییرات و همچنین پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های اراضی، با استفاده از فناوری سنجش از دور، وجود دارد، از جمله آن می‌توان به مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار به عنوان یکی از روش‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های اراضی اشاره کرد، مهم‌ترین مزیت پیش‌بینی تغییرات کاربری پوشش اراضی بررسی و اطلاع از وضعیت تخریب یا احیاء کاربری پوشش اراضی در آینده است تا در صورت تخریب اراضی در آینده، اقدامات لازم به منظور کنترل عوامل تأثیرگذار بر تخریب کاربری پوشش اراضی صورت گیرد (۱۹، ۲۰). بسیاری از محققان برای بررسی تغییرات کاربری‌های پوشش اراضی، از علم سنجش از دور بسیار استفاده کرده‌اند و پژوهش‌های بسیاری در این زمینه در ایران و جهان انجام شده‌است. نتایج بررسی تغییر کاربری/پوشش اراضی در منطقه ایلورین در نیجریه در دوره زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۱ با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از زنجیره مارکوف نشان‌داد اراضی ساخته شده، رشد سریعی بین سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۶ داشته‌است و طبق پیش‌بینی پیش‌بینی آن در ۱۴ سال آینده این روند افزایشی ادامه‌دار است (۳). محققان، کاربری اراضی شهر پکن را نیز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف پیش‌بینی کردند و نتیجه گرفتند در سال ۲۰۳۰ مساحت مناطق کشاورزی کاهش و مناطق مسکونی افزایش خواهد یافت (۱۶). تغییرات کاربری پوشش اراضی در بیابان ساحلی شمال غربی مصر نیز در سال‌های ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۱ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف پیش‌بینی و بررسی شد، نتایج آن‌ها نشان داد مساحت مرتع‌ها، تالاب‌های جنگلی، مساحت باغ‌ها و مزرعه-های کشاورزی و منطقه‌های سنگی کاهش یافته‌است و پیش‌بینی مربوط به سال ۲۰۲۳-۲۰۱۱ کاهش مساحت مرتع، باغ، مزارع کشاورزی و منطقه‌های سنگی را نشان داد (۱۷). محققان به بررسی تغییرات کاربری پوشش اراضی مناطق ساحلی در مازندران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مساحت کاربری جنگل و کاربری اراضی باز کاهش یافته

به منظور کنترل تغییرات، برنامه‌ریزی درست و استفاده بهینه از سرزمین باشد (۳۳، ۳۴، ۶). لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تغییرات کاربری پوشش اراضی بر توفان‌های گردوغبار منطقه سیستان و پیش‌بینی تغییرات کاربری پوشش اراضی برای ۲۰ سال آینده در دشت سیستان است. اما در بررسی حاضر، تأثیر متغیرهای اقلیمی بر کاربری پوشش اراضی نیز پرداخته می‌شود تا مشخص شود با توجه به تغییر متغیرهای اقلیمی، پوشش اراضی چه تغییراتی داشته است و همچنین پیش‌بینی شود، با توجه به شرایط اقلیمی فعلی (شرایط خشکسالی حاکم بر منطقه سیستان) وضعیت پوشش اراضی در شرایط خشکسالی شدید، دچار چه تغییراتی خواهد شد.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی دشت سیستان در شمال استان سیستان و بلوچستان در محدوده جغرافیایی $30^{\circ} 03'$ تا $31^{\circ} 22'$ عرض شمالی و $60^{\circ} 36'$ تا $61^{\circ} 48'$ طول شرقی قرار گرفته است (۳۵)،

و کاربری کشاورزی و مناطق مسکونی افزایش می‌یابد (۱۵). محققان به مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری پوشش اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف در دوره ۲۵ ساله، در استان فارس پرداختند، نتایج نشان می‌دهد بیشترین تغییرات مربوط به کاربری جنگل و تبدیل آن به کاربری کشاورزی و مرتع می‌باشد (۱). علاوه بر این، بررسی‌های تغییرات کاربری پوشش اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف در منطقه عباس آباد استان مازندران نیز نشان داده شده که پهنه ساخته شده روند افزایشی و کاربری‌های پوشش گیاهی، منابع آبی و اراضی بایر روند کاهشی داشته است. پیش‌بینی مارکوف نیز نشان داده است که تغییرات کاربری پوشش اراضی در سال ۲۰۳۰ نتایجی همانند سال-های قبل خواهد داشت (۲۶). محققان همچنین نشان دادند استفاده از پیش‌بینی زنجیره مارکوف می‌تواند اطلاعات کاربردی و مفیدی برای مدیران و برنامه‌ریزان برای مدیریت درست و پایدار، داشته باشد (۳۰، ۳۴، ۳۶). همانطور که در بررسی‌های ذکر شده نیز بیان شد، مقدار تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر توفان‌های گردوغباری و پیش‌بینی تغییرات کاربری پوشش اراضی برای آینده، اطلاعات مهمی



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

است، تالاب بین‌المللی هامون به‌عنوان مهم‌ترین منبع آبی در منطقه مورد مطالعه معرفی شده است به صورتی که حیات

دما و بارش متوسط به ترتیب $21/74^{\circ}\text{C}$ و $8/58\text{mm}$ در سال است. اقلیم منطقه طبق طبقه‌بندی آمبرژه بیابانی

استفاده شد همچنین، طبقه بندی نظارت شده به روش الگوریتم ماشین‌های پشتیبان برداری بر روی تصویر اعمال گردید. به منظور تهیه طبقات پوشش اراضی از شاخص‌های طیفی گیاهی نیز استفاده شد. پس از مقایسه شاخص‌های مورد بررسی و نقاط واقعیت زمینی، شاخص NDVI مورد استفاده قرار گرفت. شاخص NDVI معرف انعکاس انرژی خورشیدی از سطح زمین است و انواع شرایط پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. مقدار NDVI بین -۱ و +۱ در نوسان است و در زمانی که پاسخ طیفی اندازه‌گیری شده از سطح زمین برای هر دو باند خیلی مشابه باشد، NDVI به صفر نزدیک می‌شود. پوشش گیاهی سالم در بخش طیفی مادون قرمز مقادیر نزدیک در مقایسه با بخش طیف مرئی انعکاس بیشتری دارد، بر این اساس پوشش گیاهی سبز برای مقادیر NDVI مثبت می‌شود (۲۰، ۱۲). در پایان برای تهیه نقشه نهایی کاربری اراضی، طبقات بدست آمده از هریک از این روش‌ها با واقعیت زمینی مقایسه شد و صحت کلی و کاپای طبقات نیز مقایسه شد. در پایان لایه‌های دارای صحت بیشتر در نرم افزار GIS با هم ترکیب و به روش طبقه بندی ترکیبی نقشه کاربری پوشش اراضی تهیه شد. برای صحت سنجی نقشه‌های نهایی پوشش اراضی هر سال ارزیابی صحت کلی و کاپای کلی انجام شد.

بررسی متغیرهای اقلیمی

برای بررسی تغییر اقلیمی از متغیرهای دما، بارندگی و تعداد روزهای همراه با گردوغبار از داده‌های هواشناسی شهرستان زابل استفاده شد. جدول زیر داده‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد (جدول ۱).

برای ارزیابی تغییر اقلیمی شرایط دراز مدت ضروری است و آنومالی بلند مدت اقلیمی باید مورد توجه باشد. این شاخص می‌تواند مقادیر مثبت یا منفی داشته باشد که آنومالی مثبت نشان دهنده بارندگی بیش از حد نرمال در یک سال است و آنومالی منفی نشان دهنده شرایط خشکسالی در دوره مدنظر است، آنومالی به معنای میزان تغییرات یک متغیر اقلیمی از مقدار نرمال آن است (۲۱).

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده

منطقه سیستان بستگی به آبیگری تالاب هامون دارد (۱۱)، اما در پی خشکسالی چند دهه اخیر و در نتیجه کاهش پوشش گیاهی و افزایش اراضی بایر در این منطقه، تالاب هامون به مهم‌ترین کانون ریزگردها در منطقه تبدیل شده است و در هنگام توفان‌ها و حمل غبار به سمت مناطق مسکونی خسارت‌های جانی و مالی بسیاری را برای ساکنین ایجاد می‌کند (۱۴). شکل (۱) منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

در پژوهش حاضر به منظور تهیه نقشه کاربری پوشش اراضی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ استفاده شده است، برای این کار از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سنجنده، (۱۳۸۱) TM، (۱۳۹۰) TM و OLI (۱۴۰۱) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰m استفاده شد.

پیش پردازش و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

بعد از دریافت کردن تصاویر ماهواره‌ای، به منظور پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر اعمال شده است. هدف از این مرحله برطرف کردن خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک است؛ که در تصاویر خام وجود داشته است. تصحیح رادیومتریک برای درجه خاکستری استفاده شد و با ایجاد تغییر در مقدارهای آن برای پیکسل به پیکسل، محاسبه شد تا بعضی از خطاهای موجود برطرف شود. خطاهای اتمسفری، خطوط جافتاده، رادیومتریک، خطوط نوار نوار شده و خطاهای دستگاهی از جمله خطاهای رادیومتریک هستند. که برای این خطاها دو نوع تصحیح رادیومتریک لحاظ می‌شود و شامل تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی می‌باشد، برای تصحیح رادیومتریک مطلق از داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده استفاده شد (۱۳، ۳۲). به منظور بررسی دسته‌های بازتابشی مختلف مربوط سطح زمین، در ابتدا از طبقه‌بندی نظارت نشده

۲۰۰۲/۰۲/۰۶	۱۳۸۱/۱۱/۱۷	تصاویر ماهواره ای لندست
۲۰۱۱/۰۶/۰۱	۱۳۹۰/۰۳/۱۱	
۲۰۲۲/۰۵/۰۷	۱۴۰۱/۰۲/۱۷	
۲۰۰۱-۲۰۲۲	۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱	میانگین دمای سالیانه
۲۰۰۱-۲۰۲۲	۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱	میانگین بارندگی سالیانه
۲۰۰۱-۲۰۲۲	۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱	تعداد روزهای همراه با گردوغبار

در پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییر اقلیمی از روابط (۱) و (۲) استفاده گردید.

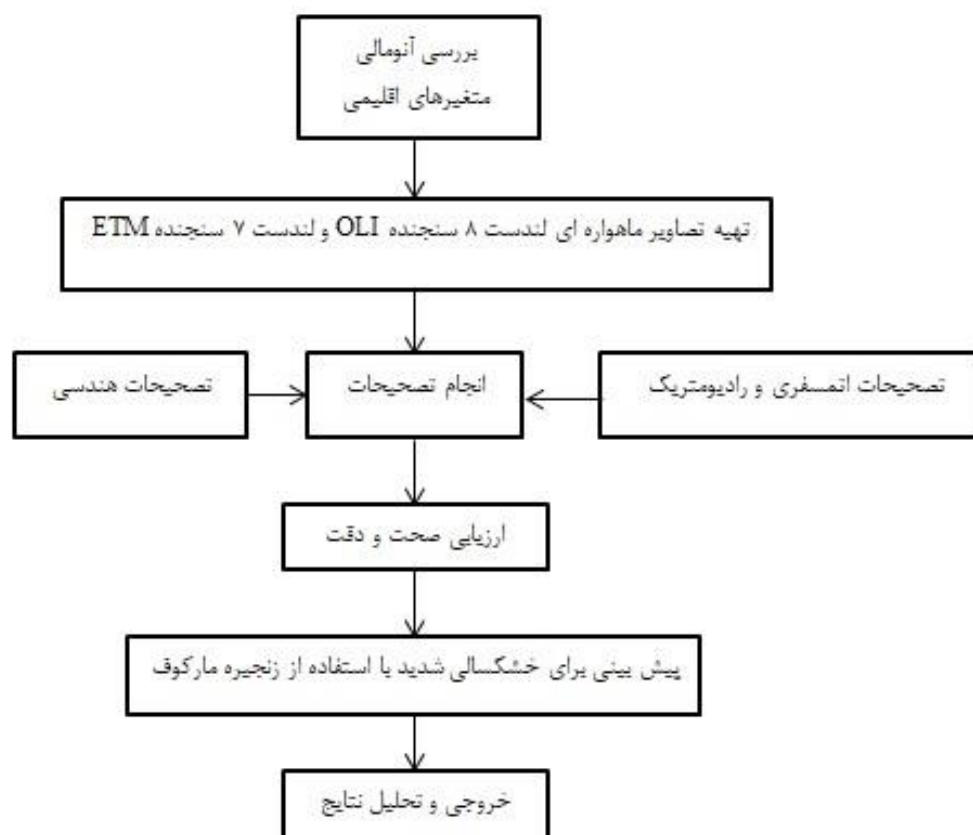
$$P_a = \frac{(P - \bar{P})}{\bar{P}} \quad (1)$$

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

که در آن P_a آنومالی متغیر مربوطه، P مقدار سالیانه متغیر، $\bar{P}$ میانگین بلند مدت متغیر مورد نظر، n طول دوره آماری و $i=1, 2, \dots, n$ است.

مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف

در پژوهش حاضر از تصاویر طبقه بندی شده سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ استفاده شده است و برای پیش بینی وضعیت خشکسالی شدید در منطقه سیستان با بهره‌گیری از تصاویر مربوط به سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ ماتریس تبدیل وضعیت طبقه‌های پوشش زمین برای خشکسالی شدید استفاده شده است. در شکل (۲) مراحل انجام پژوهش حاضر ذکر شده است.



شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش حاضر

نمودار تغییر تعداد روزهای همراه با گردوغبار را در منطقه سیستان نشان می‌دهد تعداد روزهای گردوغباری در این منطقه روند افزایشی داشته است و این مسئله بی ربط به متغیرهای اقلیمی از جمله دما و بارندگی نیست، همانطور که قبلاً اشاره شد سال ۱۳۸۳ بیشترین مقدار بارندگی را داشته است در مقابل دما نیز در سال ۱۳۸۳ روند کاهشی داشته است و در پی آن در سال ۱۳۸۳ تعداد روزهای همراه با گردوغبار نیز کاهش یافته است، اما در سال‌هایی که بارندگی کاهش و دما افزایش داشته است، تعداد روزهای همراه با گردوغبار نیز بیشتر شده، علاوه بر اثر تغییرات اقلیمی بر کاربری/پوشش اراضی با توجه به عدم تأمین حق آبه تالاب هامون و خشکسالی‌های پی در پی در منطقه منجر به تغییر در اراضی کاربری/پوشش اراضی شده است. زیرا با عدم آبیگری تالاب هامون، کاهش بارندگی و افزایش دما منابع آبی، پوشش گیاهی کاهش یافته و در نتیجه اراضی بایر افزایش می‌یابد که در پی آن فرسایش بادی و گردوغبار افزایش می‌یابد شکل (۵).

تحلیل تغییر کاربری‌های اراضی

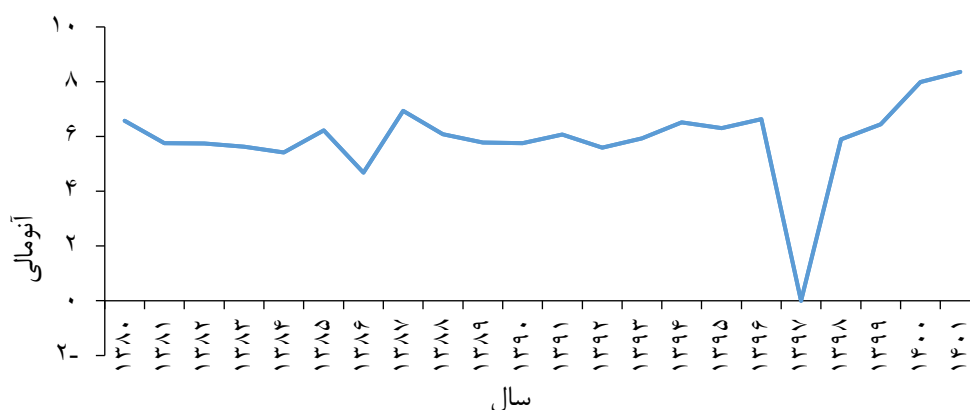
نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ به‌عنوان نقشه‌های پایه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تولید شد. نمودار تغییر کاربری‌های اراضی در سال‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد بیشترین مساحت متعلق به کاربری اراضی بایر و کم‌ترین مساحت مربوط به کاربری آب است (شکل ۶).

نتایج حاصل از بررسی آنومالی دما نشان می‌دهد، از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ آنومالی مثبت بوده است طی این سال‌ها بیشترین میانگین سالیانه دما $25/26^{\circ}\text{C}$ و کمترین میانگین سالیانه دما $21/02^{\circ}\text{C}$ است. آنومالی مثبت نشان دهنده افزایش دمای بیش از حد در دوره مطالعه می‌باشد. بنابراین در منطقه مورد مطالعه از سال ۱۳۸۰ تاکنون تغییرات دمایی روند افزایشی داشته است، افزایش بیش از حد دما در منطقه منجر به افزایش تبخیر، کاهش رطوبت، خشکسالی و در پی آن بیابان‌زایی و افزایش گردوغبار شده است (شکل ۳).

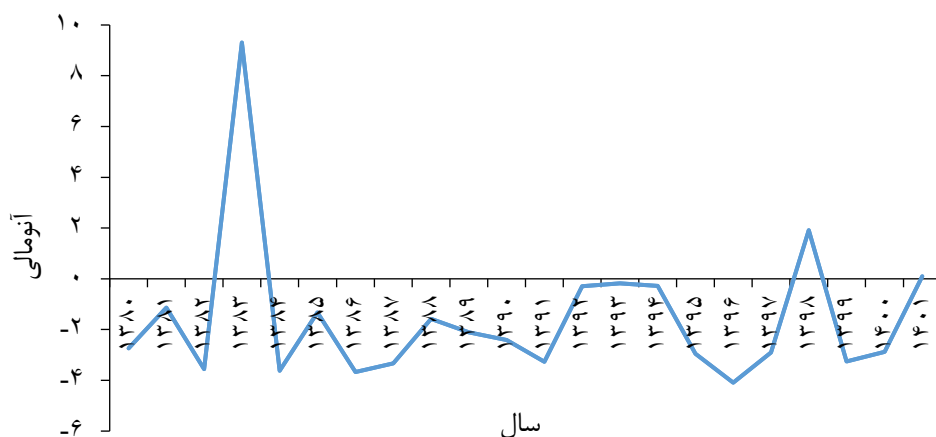
بررسی نتایج آنومالی بارندگی

روند تغییرات آنومالی بارندگی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ نشان داد بارندگی دچار نوسان زیادی شده است به طوری که تنها در دو سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۸ آنومالی بارندگی مثبت بوده است. بقیه سال‌های مورد مطالعه آنومالی بارندگی منفی است به طوریکه بیشترین مقدار میانگین بارندگی در طی سال‌های مورد مطالعه $14/29\text{mm}$ و کمترین مقدار میانگین بارندگی سالیانه بارندگی $0/89\text{mm}$ است. با توجه به اینکه بیشتر سال‌های مورد مطالعه آنومالی منفی را نشان می‌دهد این وضعیت، شرایط خشکسالی در منطقه سیستان را نشان می‌دهد این خشکسالی شدیداً سبب کاهش آب در منطقه شده است و آسیب‌های جبران ناپذیر زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی، و خصوصاً افزایش گردوغبار را در پی داشته است (شکل ۴).

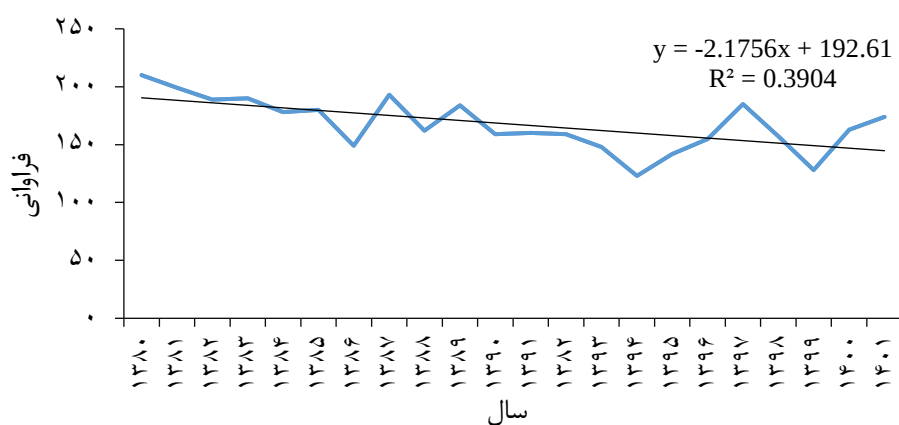
بررسی نتایج تعداد روزهای همراه با گردوغبار



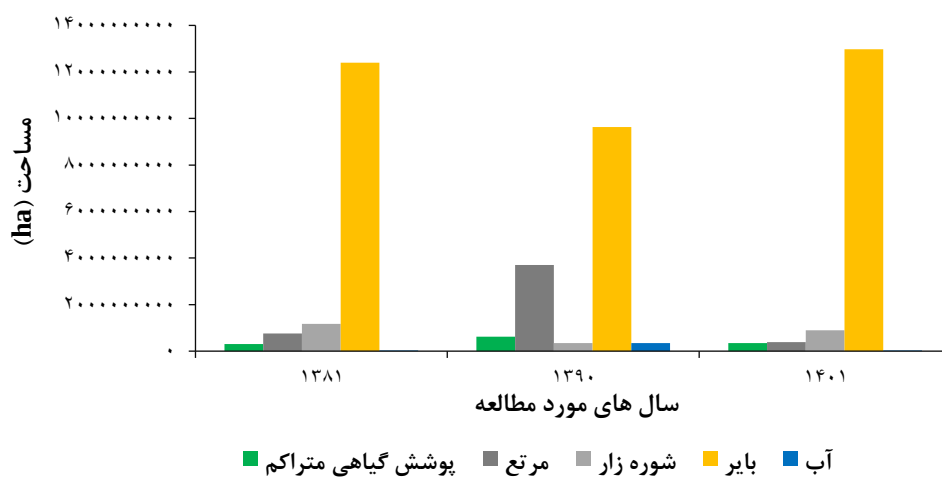
شکل ۳. نمودار تغییرات آنومالی دما



شکل ۴. نمودار تغییرات آنومالی بارندگی



شکل ۵. نمودار تغییرات روزهای گردوغباری



شکل ۶. نمودار تغییرات کاربری های اراضی

بیش از ۸۵٪ می باشد، بنابراین برای استفاده در مدل مارکوف مناسب است (جدول ۲).

نتایج مربوط به برآورد دقت طبقه بندی تصاویر، نشان داد در آمده است. با توجه به اینکه دقت طبقه بندی ها به طور کلی

تغییرات در تعداد پیکسل‌ها از یک طبقه کاربری اراضی به طبقه دیگر در دوره‌های مشخص است.

در جدول‌های مربوط به ماتریس‌ها ردیف نشان دهنده کاربری اراضی دوره اول و ستون نشان‌دهنده کاربری پوشش اراضی در دومین دوره. ماتریس احتمال انتقال کاربری اراضی، احتمال اینکه هر نوع کاربری اراضی می‌تواند چه موقعیت مکانی را در آینده پیدا کند را مشخص می‌سازد (جدول ۴).

پیش بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۲۱ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار

به منظور پیش‌بینی خشکسالی شدید برای ۲۰ سال آینده از تلفیق مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار استفاده شد، بدین منظور با وارد کردن نقشه مرجع ۱۴۰۱ به عنوان نقشه پایه و با معرفی کردن فایل مساحت انتقال، نقشه پیش‌بینی کاربری پوشش اراضی سال ۱۴۲۱ به دست آمد.

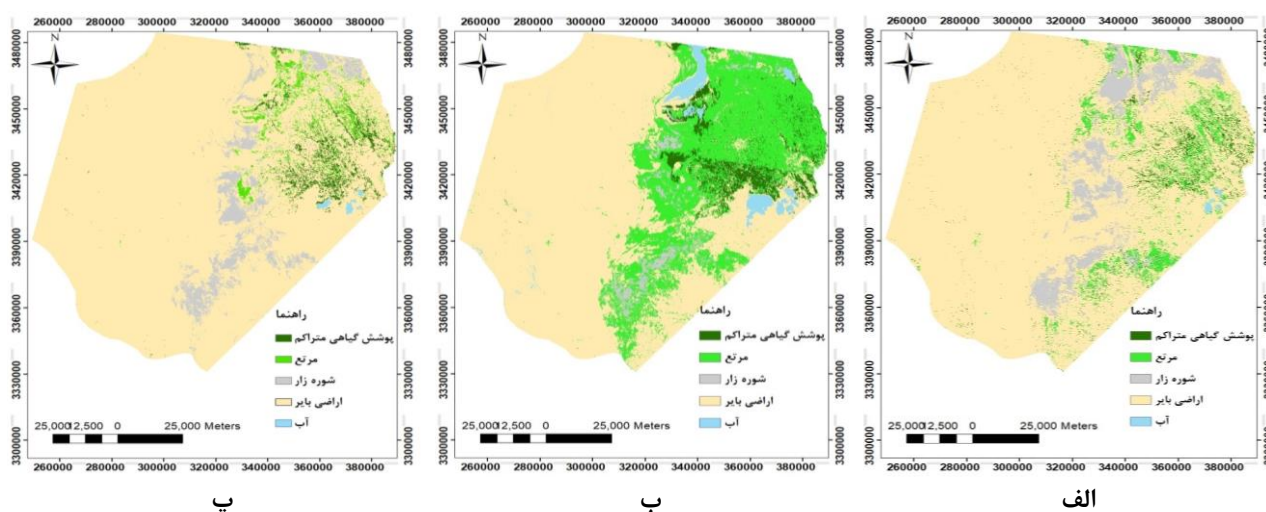
بررسی نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد، سال ۱۳۹۰ بیشترین منابع آبی، پوشش گیاهی متراکم و مرتع را دارا بوده است و همچنین کمترین اراضی بایر و شوره زار را نیز داشته است. سال ۱۳۸۱ نسبت به سال ۱۳۹۰ اراضی بایر و شوره زار افزایش و منابع آبی، مرتع و پوشش گیاهی متراکم کاهش داشته است، اما در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۰ کمترین منابع آبی، پوشش گیاهی متراکم و مرتع را دارا بوده است و بیشترین اراضی بایر و شوره زار را نیز تعلق به این سال می‌باشد (شکل ۷).

بررسی و تحلیل مدل زنجیره مارکوف

پس از انجام پیش‌بینی با استفاده از زنجیره مارکوف بر روی نقشه کاربری اراضی به دست آمده از طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای، ماتریس مساحت انتقال ایجاد گردید جدول (۳). ماتریس مساحت انتقال، نشان‌دهنده میزان

جدول ۲. دقت کلی و شاخص کاپا برای چهار تصویر مورد استفاده

سال	شاخص کاپا	دقت کلی
۱۳۸۱	۰/۸۹	۰/۹۱
۱۳۹۰	۰/۸۶	۰/۸۹
۱۴۰۱	۰/۸۹	۰/۹۲



شکل ۷. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۱ (الف)، ۱۳۹۰ (ب)، ۱۴۰۱ (پ)

می‌دهد. خشکسالی شدید در منطقه منجر به کاهش پوشش گیاهی و آب و در نتیجه تشدید فرسایش بادی و افزایش گردوغبار در منطقه مورد مطالعه می‌شود (شکل ۹).

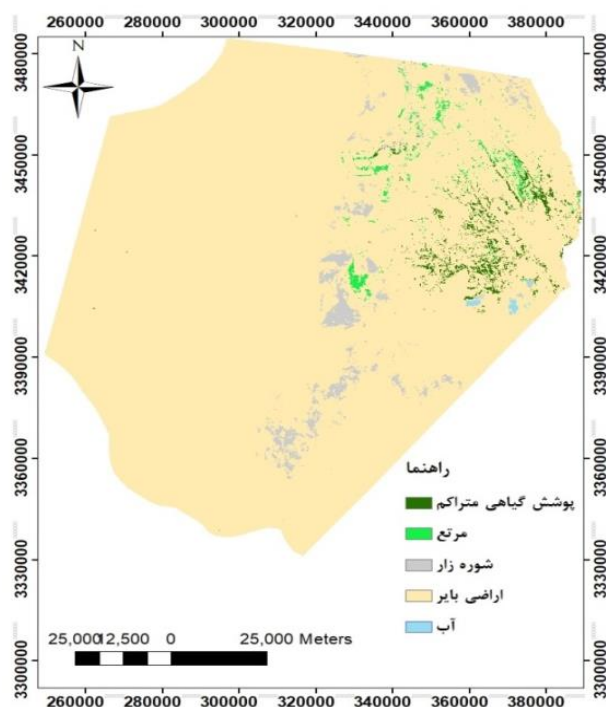
در شرایط خشکسالی شدید، آب، پوشش گیاهی متراکم و مرتع کاهش داشته است (شکل ۸) و در مقابل اراضی بایر و شوره‌زار افزایش داشته است. نمودار تغییرات کاربری‌های اراضی سال ۱۴۲۱ در مقابل سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ نشان

جدول ۳. ماتریس مساحت انتقال کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱-۱۴۰۱ با استفاده از پیش‌بینی زنجیره مارکوف

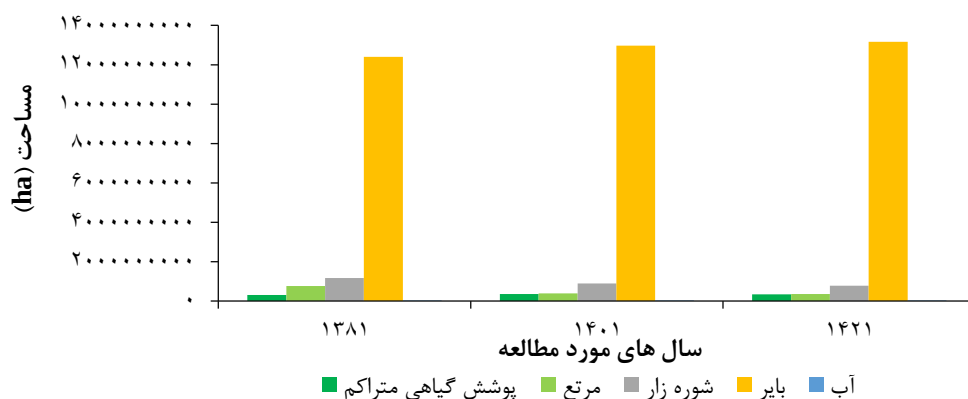
۱۳۸۱		پوشش گیاهی متراکم	مرتع	شوره زار	بایر	آب
۱۴۰۱						
پوشش گیاهی متراکم		۱۰۸۰۶	۱۳۷۳	۷۰۵	۲۲۰۸۵	۶
مرتع		۳۷۶۴	۳۶۴۵	۳۳۳۴	۲۸۵۱۹	۱۱
شوره زار		۶۴۰	۶۸۲۵	۳۶۰۷۴	۴۶۲۹۶	۰/۴۵
بایر		۱۹۳۲۵	۲۵۷۷۲۱	۳۷۵۷۸	۱۲۱۷۲۰۳	۱۳۴۲
آب		۱۲۹	۵/۴۹	۰/۰۹	۶۵۲	۲۴۳۴

جدول ۴. ماتریس احتمال انتقال کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱-۱۴۰۱ با استفاده از پیش‌بینی زنجیره مارکوف

۱۳۸۱		پوشش گیاهی متراکم	مرتع	شوره زار	بایر	آب
۱۴۰۱						
پوشش گیاهی متراکم		۰/۳۰۸۷	۰/۰۳۹۲	۰/۰۲۰۹	۰/۶۳۱۰	۰/۰۰۰۲
مرتع		۰/۰۹۵۸	۰/۰۹۳۶	۰/۰۸۴۸	۰/۷۲۵۵	۰/۰۰۰۳
شوره زار		۰/۰۰۷۱	۰/۰۷۵۹	۰/۴۰۱۳	۰/۵۱۵۷	۰/۰۰۰
بایر		۰/۰۱۴۱	۰/۰۱۸۱	۰/۰۲۹۰	۰/۹۳۷۸	۰/۰۰۱۰
آب		۰/۰۴۰۲	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۰	۰/۲۰۲۵	۰/۷۵۵۶



شکل ۸. نقشه پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۱۴۲۱



شکل ۹. نمودار تغییر کاربری‌های اراضی سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۲۱

■ بحث و نتیجه‌گیری

اطلاع از تغییرات کاربری پوشش اراضی به‌منظور مدیریت درست مناطق الزامی است. مطالعات بسیاری تاکید بر استفاده از علم سنجش از دور به‌منظور آشکارسازی و پایش کاربری پوشش اراضی دارند. در پژوهش حاضر تأثیرات تغییرات کاربری پوشش اراضی بر گردوغبار در منطقه سیستان بررسی شد. در ابتدا متغیرهای اقلیمی شامل؛ دما، بارندگی و تعداد روزهای گردوغباری مورد بررسی قرار گرفت و نتایج این بررسی طی دو دهه گذشته افزایش دما و کاهش بارندگی را نشان داد وجود تالاب بین المللی هامون در منطقه سیستان از اهمیت بالایی برخوردار

است و ایجاد هر گونه تغییری در تالاب، منطقه را به طور کامل تحت تأثیر قرار می‌دهد. محققان نیز نشان دادند با توجه به کاهش بارندگی، افزایش دما و عدم آبیگری تالاب هامون تغییرات بسیاری در پوشش اراضی منطقه سیستان ایجاد شده است و روزهای همراه با گردوغبار در این منطقه افزایش چشم گیری داشته است (۲۴)، همچنین نتایج مطالعه دیگری نشان داد در پی بارندگی در سال ۱۳۹۹ و آبیگری تالاب هامون پوشش گیاهی ۱۰۰٪ افزایش یافته است و اراضی بایر ۴۷٪ کاهش یافته است و در نتیجه آن تعداد روزهای همراه با گردوغبار نیز در این سال کاهش یافته است (۲۵). در مطالعه حاضر نیز با بررسی روزهای همراه با گردوغبار

مرتفع بسیار کاهش خواهد یافت و در مقابل اراضی بایر و شوره زار افزایش بسیاری خواهد داشت. در پژوهش‌های متعددی از تصاویر مربوط به ماهواره لندست به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی از روش پیش‌بینی زنجیره مارکوف برای بررسی تغییرات کاربری پوشش اراضی استفاده شده است و نتایج نشان دادند، آشکارسازی تغییرات برای برنامه ریزان بسیار کاربردی می‌باشد. در مطالعه حاضر نیز از تصاویر لندست و سنجنده‌های TM و OLI استفاده شد و با استفاده از این داده‌ها نقشه‌های کاربری پوشش اراضی مربوط به سال‌های مورد مطالعه با دقت تهیه شد و نتایج حاصل از پیش‌بینی زنجیره مارکوف نیز نتایج مهمی را نشان داد و می‌توان مدل مارکوف را به عنوان یک سیستم هشدار برای پیامدها و تأثیرات آینده تغییرات کاربری مورد استفاده قرار داد (۱۸، ۲۶). با توجه به اینکه توفان‌های گردوغبار بر شرایط اقتصادی، اجتماعی، محیط زیست و سلامت در منطقه مورد مطالعه، اثرات منفی بسیاری دارد لذا مدیریت صحیح به منظور کنترل پیامدهای گردوغبار در منطقه سیستمان در شرایط خشکسالی، الزامی می‌باشد.

■ سیاست‌گذاری

این مقاله مستخرج از رساله دکتری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان می‌باشد. بدینوسیله از دانشگاه هرمزگان تقدیر و تشکر می‌شود.

مشخص شد روزهای توفانی روند افزایشی دارد و این موضوع می‌تواند هشدار دهنده باشد تا مدیران و برنامه‌ریزان به پیامدهای حاصل از توفان‌های گردوغباری توجه بیشتری نمایند. همچنین در مطالعه حاضر نیز بررسی‌ها نشان داد بارندگی در سال ۱۳۹۹ افزایش چشم‌گیری داشته است و منجر به آبیگری تالاب هامون شده است و با افزایش پوشش گیاهی که خود مهم‌ترین عامل در تثبیت خاک می‌باشد (۳۱)، روزهای گردوغباری نیز بسیار کاهش یافته است. کاربری‌های پوشش اراضی در پژوهش حاضر نشان داد سال ۱۳۹۰ با توجه به آبیگری محدودی که در این سال در تالاب هامون ایجاد شده است، سایر کاربری‌های اراضی از جمله پوشش گیاهی متراکم و مرتع افزایش یافته و اراضی بایر و شوره زار کاهش داشته است. اما در سال ۱۴۰۱ آبیگری در تالاب هامون ایجاد نشده است و در پی آن اراضی بایر و شوره زار افزایش چشم‌گیری داشته است. کاهش پوشش گیاهی و منابع آبی منجر به افزایش اراضی بایر می‌گردد در نتیجه افزایش اراضی بایر گردوغبار افزایش می‌یابد. با توجه به خشکسالی‌های پی در پی و عدم آبیگری تالاب هامون، این تالاب به کانون‌های اصلی گردوغبار در منطقه سیستمان تبدیل شده است و در هنگام وزش بادهای ۱۲۰ روزه گردوغبار بسیاری را سمت مناطق مسکونی حمل می‌کند و منجر به خطر انداختن سلامت بسیاری از ساکنین گردیده است، همانطور که نقشه پیش‌بینی سال ۱۴۲۱ نشان می‌دهد در صورت ادامه روند خشکسالی در سال‌های آینده در سطح زمین، پوشش گیاهی متراکم و

■ References

1. Azizi Qalati, S., Rangzan, K., Sadidi, J., Heydarian, P., & Taghizadeh, A. (2016). Predicting the trend of spatial changes in land use using the Markov chain model-CA (case study: Kohmera Sorkhi region of Fars province), *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*. 7(1), 59-71. [In Persian].
2. Arabi Aliabad, F., & Zare, M., & Ghafarian Malamiri, H R. (2021). Land use Change Prediction using Markov Chain Compilation Model and Automated Cells (Casestudy: Shirkuh). *Geography and Development*, 19 (62), 251-270. DOI: 10.22111/J10.22111.2021.6022 [In Persian]
3. Ayodeji Opeyemi, Z. (2006). *Change detection in land use and land cover using remote sensing data and GIS, (A case study of Ilorin and its environs in Kwara State)*, The department of Geography, University of Ibadan in Partial Fulfillment for the award of master of science.

4. Alimohamadi, A., Moosivand, A.J., & Shayan, S. (2010). Prediction of land use and land cover changes using satellite images and Markov chain models. *Humanities Teacher – Spatial Planning*, 14(3), 117-130. [In Persian]
5. Aslami, F., Ghorbani, A. Sobhani. B., & Panahandeh, M. (2015). Comparing artificial neural network, support vector machine and object-based methods in preparation land use/cover maps using landsat-8 images. *RS & GIS techniques innaturalresources*. 6(3), 1-14, [In Persian]
6. Bahak, b. (۲۰۱۸). Spatial analysis of the occurrence of dust phenomenon in Sistan and Baluchistan province with statistical methods. *Quarterly Scientific Research Journal of Geography*. 8(3), 109-97. DOI: 20.1001.1.22286462.1397.8.3.28.9 [In Persian]
7. Brown D. G., Pinjanowski B. C., & Duh J. D. (2000). Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*. 59(4), 247-263. DOI:10.1006/jema.2000.0369
8. Coppin P I., Jonckheere K., Nackaerts B., & Muys, S. (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Remote Sensing*, 25(9), 1565–1596. DOI: 10.1080/0143116031000101675
9. Chen, M., Su, W., Li. L., & Zhang, C. (2008). A comparison of pixel-based and object-oriented classification using spot5 imagery, *Wseas Transactions on Information Science & Applications*, 6(3), 477-489.
10. Dahmardeh Ghaleno, M., Nohtani, M., & KHaledi, S. (2019). Effect anthropogenic factors on winderosion intensification in Hirmand Hamoon Region. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 3(11), 609-618. DOI: 10.22092/ijwmse.2018.108923.1250 [In Persian]
11. Ehsani A.h., & Shakeryari, M. (2019). Determining the optimal method for classification and mapping of land use/land cover through comparison of artificial neural network and support vector machine algorithms using satellite data (Case study: International Hamoun wetland). *Environmental Science and Technology*, 20(4) ,193-207. Doi:10.22034/JEST.2019.13711 [In Persian]
12. Fathizade, H., Karimi, H., Tazeh, M., & Tavakoli, M. (2014). Prediction of land use change and land cover Changes in Arid and Semi-Arid Regions using satellite Images and Markov chain model (Case study: Doviraj Basin, Ilam Province). *Desert Management*. 2(3), 76-61. DOI: 10.22034/JDMAL.2014.17062 [In Persian]
13. Farzadmehr, J., Arzani, H., Darvish Sefat, A.A. & Jafari, M. (2006). Assessment Landsat 7 satellite data ability to estimate the canopy and plant production (Case study: Semi-steppe zone henna Samirom). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(2), 1-15. [In Persian]
14. Fartot Enayat, M., & Jaberzadeh, M. (2015). *Investigating the effect of Hamon wetland on the formation of sand and dust storm phenomenon in Sistan*. Seventh International Conference on Comprehensive Crisis Management, Tehran. [In Persian]
15. Gholam Ali Fard, M., Jvrabyan Shushtarî Sh., Hosseini Kahnoot S.H., & Mirzaee, M. (2013). Modeling land use changes in the coastal province using LCM. *Ecology*, 4(4), 124-109. DOI: 10.22059/jes.2013.29867 [In Persian]

16. 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(60), 1-12. DOI: 10.1007/s12665-019-8785-z
17. 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*, 4(7), 101-112. DOI: 10.1016/j.apgeog.2015.06.015
18. Ilderami, A., Nouri, H., Naderi, M., Aghabeigi, S., & Zainiwand, H. (2017). Prediction of land use changes using the Markov chain model. *Watershed Management Research Paper*. 8(16), 232-240. DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232 [In Persian]
19. Jenerette, D., & Jianguo. Wu. (2001). Analysis and simulation of land use change in the central ArizonaPhoenix region, USA. *Landscape Ecology*. 16(7), 611- 626. DOI: 10.1023/A:1013170528551
20. Karimi, K., Zahabian, G., Faramarizi, M., & Khosravi, H. (2016). Monitoring and changes in land use using Markov chain in order to predict it. Pasture and Watershed, *Journal of Natural Resources of Iran*. 69(3), 711-724. [In Persian]
21. Naseri. E., Massah Bavani, A.R., Saadi, T., & Javadi. S. (2020). Detection and attribution of climate change effects on inflow to Karaj dam in the past period. *Iran-Water Resources Research*. 16(3), 306-321. DOI: 20.1001.1.17352347.1399.16.3.21.9 [In Persian]
22. Khoshgoftar, M.M., Tallei, M., & Malek pour. P. (2010). *Spatial-temporal modeling of urban scattering, by automated cell based approach and Marcov chain*. National geomatic conference. Abadan. Iran. [In Persian]
23. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365- 2401. DOI: 10.1080/0143116031000139863
24. Mir, M., Maliki, S., & Rahdari, V. (2021). Investigating changes in the intensity and scope of the impact of dust storms in the Sistan plain. *Scientific Research Journal of Desert Ecosystem Engineering*. 10(30), 111-125. DOI: 10.22052/deej.2021.10.30.59 [In Persian]
25. Mir, M., Maliki, S., & Rahdari, V. (2022). Ecosystem restoration and degradation monitoring using ecological indices. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 62(20), 1713-1724. DOI: 10.1007/s13762-022-04694-8
26. Nikpour, A., Amonia, H., & Nurpasandi, A. (2021). Monitoring and forecasting land use changes using Landsat satellite images using automatic cells and Markov chain (case study: Abbas Abad region, Mazandaran province). *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*. 12(2), 53-35. DOI: 10.30495/GIRS.2021.678602 [In Persian]
27. Najafi, A., Azizi. S &. Mokhtari .M. (2017). Application of support vector machine in land use classification of Cheshmeh Kileh-Chalkroud area. *Journal of Watershed Management Research*, 15(8), 92-96. DOI: 10.29252/jwmr. 8.15.92 [In Persian]
28. Norris, J.R. (1997). *Markov Chains*. Cambridge University Press.

29. Patino, J.E., & Duque, J.C. (2013). A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings. computers, *Environment and Urban Systems*, 8(3), 1-17. DOI: doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.06.003
30. Rahmani, N., Shahedi, K., Soleimani, K., & Yaghoubzadeh. M.H. (2016). Evaluation of the Land use Change Impact on Hydrologic Characteristics (Case Study: Kasilian Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, 7(13), 23-32. DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.32 [In Persian]
31. Rahdari.v., Maleki, S., & Mir, M. (2021). Presenting a sensitivity model to wind erosion using a multi-criteria evaluation method in Hamon wildlife sanctuary. *Desert Management*. 10(2), 54-39. DOI: 10.22034/JDMAL.2022.551548.1382 [In Persian]
32. Richards, J. A., & Richards, J. (1999). *Remote sensing digital image analysis* (Vol. 3), Springe
33. Salman Mahini, A., & Kamiyab, R. (2011). *Remote sensing and applied geographical information systems with idrisi software*, Mehr Mahdis Publications, Tehran.
34. Soffianian, A., Ahmadi Nadoushan, M., Yaghmaei L., & Falahatkar, S. (2010). Mapping and analyzing urban expansion using remotely sensed imagery in Isfahan, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 9(12), 1370-1378.
35. Sistan and Baluchestan Regional Water Company. (2014). *Status report of Sistan and Baluchestan province*, 41 pages.
36. Wang, S., Zheng, X., & Zang, X. (2012). Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13(1), 1238-1245. DOI: 10.1016/j.proenv.2012.01.117
37. 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), 463-473. DOI: 10.1007/s12517-009-0118-1
38. 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. DOI: doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.117

Analyzing the Trend of The Temperature Parameters Related to The Central Plateau of Iran Using a Time Series of Satellite Data

M. Zolfaghari¹, B. Rayegani^{2*}, B. Nezami Balouchi³, H. Goshtasb⁴, A. Jahani²

1. Graduated from Biodiversity & Natural Environment Department, College of Environment, Karaj, Iran.
2. Associate Professor, Assessment and Environment Risks Department, Research Center of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran.
3. Associate Professor of Biodiversity and Biosafety Department, Research Center of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran.
4. Associate Professor, Biodiversity & Natural Environment Department, College of Environment, Karaj, Iran.

* Corresponding Author: Rayegani@alumni.ut.ac.ir

Received date: 07/08/2023

Accepted date: 03/10/2023



[10.22034/JDMAL.2023.2008659.1433](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2008659.1433)

Extended Abstract

Introduction

The temperature of the earth has been rising by about 0.74 degrees Celsius over the past century. A gradual increase in the average annual temperature has been reported by many researchers worldwide, while other reports suggest a decrease in this parameter. The assumption is that there will be more areas of the world experiencing higher temperatures. The climate changes are effectively represented by temperature changes, which is considered one of the main indicators in climate studies. The chemical composition of the atmosphere has changed because of the increase in human industrial activities, so it is responsible for unprecedented changes in the global climate in the past century. The increase in greenhouse gas concentration is the cause of this change. The evidence indicates that the increase in atmospheric gas concentration has caused a significant increase in global temperature. The use of thermal data from sensors is widely used in the study of terrestrial phenomena, as indicated by many studies. The temperature of the earth's surface is directly and indirectly linked to all human activities. It is still not possible to calculate the temperature of the earth's surface with perfect and accurate methods, but some sensors with suitable temporal, spectral, and spatial performance are able to take photos of the entire surface of the Earth. The study is more important due to the fact that various species of animals, such as Jebeer (belonging to the *Bovidae*), are exposed to climate changes in arid and desert areas. Due to its impact on humans, other creatures, and the entire environment, it is imperative to pay attention to climate change nowadays. In this regard, the main aim of the current study is to evaluate the LST (Land Surface Temperature) trends, changes, and temperature threats of the land surface in the Central Plateau of Iran. Time series remote sensing data of the MODIS (MOD11A2) sensor and Terra satellite, in 8 days with spatial resolution of 1km from 2002 to 2018 have been used.

Material and Methods



Desert Management

www.isadmc.ir



The current study has been focused on the central plateau of Iran. The central plateau of Iran lies within the arid lands belt of the northern hemisphere. The current study has been attempting to extract exact information from the images by employing specific techniques. To achieve this goal, the MOD11A2 product of Terra satellite MODIS sensor, the trend of temperature changes and time series construction of the significance of Mann Kendall methods and linear correlation parameters such as maximum monthly temperature, maximum annually temperature based on maximum monthly temperature, median monthly temperature, maximum annually temperature based on median monthly temperature, minimum monthly temperature, minimum annually temperature for daily and nightly temperature were used in TerrSet software and Earth Trends Modeler section to extract significant increasing and decreasing areas. After identifying some parts of provinces with significant temperatures based on analysis and results, we can identify the vital numerical value of the temperature in each pixel of those significant parts in the next stage. This can be achieved by utilizing the difference between the final temperature and the initial temperature. Trend analysis was used to simulate daily and nightly temperature changes for parameters of maximum monthly temperature, maximum annually temperature based on maximum monthly temperature, median monthly temperature, maximum annually temperature based on median monthly temperature, minimum monthly temperature and minimum annual temperature.

Results and Discussion

Daily temperature data in the Central Plateau of Iran, which includes monthly minimum temperature, annual minimum temperature, monthly maximum temperature, annual maximum temperature based on monthly maximum temperature, monthly median temperature and annual maximum temperature based on monthly median temperature, common in Semnan and Isfahan provinces, showed a significant increase in linear correlation according to the results. In Isfahan province, the linear correlation decreased significantly between the maximum annual temperature based on the maximum monthly temperature and the median monthly temperature. There was no significant trend in other provinces. The linear correlation between temperature data in Isfahan and Semnan provinces, including the minimum monthly, minimum annual, maximum annual, and median monthly temperature, decreased significantly. The linear correlation between average annual temperature, average monthly temperature, maximum annual temperature determined by maximum monthly temperature, average monthly temperature, and maximum annual temperature determined by median monthly temperature increased significantly in Yazd and Isfahan provinces. No significant trends were observed in other provinces. To estimate the amount and approximate number of significant increases and decreases, simulations of temperature changes were conducted. The range and approximate range of numbers for significant increase and decrease in temperature were calculated in degrees Celsius. In all analyses, the parts with higher temperatures had a reddish color. The intensity of the red color increased as the temperature increased, and as the temperature decreased, the red color became fainter and turned blue. The central plateau of Iran recorded a maximum temperature of 44°C and a minimum temperature of -7°C according to this study. The central plateau of Iran has three main provinces, which include Isfahan, Semnan, and Yazd. Considering the temperatures mentioned for these three provinces, the temperatures obtained from this study are very similar, which means that the conducted study is approved to a large extent. Animals are considered to be at risk due to temperature changes. Future research should emphasize the impact of climate change and temperature increase on the living conditions of various animals, particularly those found on the central plateau of Iran.

Keywords: Mann-Kendall test; Linear correlation; MODIS sensor; Terra satellite





واکاوی روند دمای سطح زمین در ایران مرکزی به پایه سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶

مریم ذوالفقاری^۱، بهزاد رایگانی^{۲*}، باقر نظامی بلوچی^۳، حمید گشتاسب^۴، علی جهانی^۲

۱. دانش آموخته گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران.
 ۲. دانشیار گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران.
 ۳. دانشیار گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران.
 ۴. دانشیار گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران.
- * نویسنده مسئول: Rayegani@alumni.ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۱

doi [10.22034/JDMAL.2023.2008659.1433](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2008659.1433)

چکیده

دمای اتمسفر زمین نسبت به گذشته تقریباً 0.74°C افزایش یافته است و موجب ایجاد تغییرات گسترده آب و هوایی و وسیع در زندگی و فعالیت‌های انسان‌ها، گیاهان، جانوران و به‌طور کلی محیط زیست شده‌است. شواهد نشان می‌دهند که تغییرات آب و هوایی منجر به انقراض‌های زیادی در جهان خواهد شد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی و تحلیل روند تغییرات دمای سطح زمین در محدوده ایران مرکزی با به کارگیری داده‌های سنجش از دور و فناوری‌های سری زمانی است. داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر، مربوط به سنجنده مودیس و ماهواره ترا هستند و پژوهش حاضر طی سال‌های ۲۰۰۲ (۱۳۸۰) تا ۲۰۱۸ (۱۳۹۶) انجام شد. به منظور انجام پژوهش، از آزمون‌های روش‌های من‌کنдал و همبستگی خطی استفاده شد. این آزمون‌ها برای بررسی متغیرهای مختلف دمایی مانند بیشینه، کمینه و میانه دمای ماهانه و سالانه و با هدف تحلیل دمای سطح زمین روزانه و شبانه استفاده شدند. با بررسی نقشه‌های خروجی مشخص شد این دو آزمون دارای نتایج یکسانی هستند. از این‌رو، بررسی روند تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از هر دو آزمون‌ها امکان‌پذیر است. در پژوهش حاضر، نقشه‌های آزمون همبستگی خطی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد در محدوده مورد بررسی، بیشترین افزایش معنی‌داری درجه حرارت در استان‌های قم، سمنان و اصفهان مشاهده شد و کاهش معنی‌داری، در استان‌های یزد و اصفهان مشاهده شد. پژوهش‌ها حاکی از اختلاف درجه حرارت شبانه روز، افزایش دمای سطح زمین و شکنندگی بوم‌نظام‌ها در اثر تغییر اقلیم در مناطق خشک و بیابانی است که مطالعه حاضر این مطلب را تایید کرد و نتایج می‌تواند برای مدیریت بهتر درجه حرارت و متغیرهای وابسته به آن، موثر باشد.

واژگان کلیدی: آزمون من‌کنдал؛ رگرسیون خطی؛ سنجنده مودیس؛ ماهواره ترا



■ مقدمه

دمای سطح زمین، جزء اصلی و موثر آب و هوایی، اقلیم شناسی و ردیابی تغییر اقلیم است که اطلاعات مفیدی در رابطه با ویژگی‌های مختلف زمین و اقلیم ارائه می‌کند (۳). تغییر اقلیم، تغییرات معنی‌دار در داده‌های هواشناسی در یک دوره زمانی مشخص است. برای بررسی تغییرات اقلیمی، از بررسی روند تغییرات میانگین دمای سطح زمین استفاده می‌شود (۱۱). تغییر اقلیم و دمای سطح زمین موجب تغییرات گسترده و وسیع در زندگی و فعالیت‌های انسان‌ها، گیاهان، جانوران و به طور کلی محیط زیست می‌شود. دمای سطح زمین نشان دهنده میزان گرما و از شاخص‌های اصلی شناخت آب و هوا و تعادل انرژی کره زمین و تاثیرگذار در حیات انسان‌ها در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است (۷، ۳۴)؛ زیرا تمامی فعالیت‌های بشری، مستقیم و غیر مستقیم، به دمای هوا که متاثر از دمای سطح زمین است، ارتباط دارد (۱۲، ۴۹). از فعالیت‌های انسانی به عنوان یکی از علل اصلی تغییرات دمایی نام برده می‌شود. طی قرن گذشته به دلیل گسترش فعالیت‌های صنعتی بشر، ترکیب شیمیایی اتمسفر تغییر کرده که این امر بروز تغییرات بی‌سابقه‌ای را در اقلیم جهانی به دنبال داشته است. این تغییر، ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای است. شواهد نشان داده است که با زیاد شدن گازهای اتمسفری، دمای سطح زمین به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است (۲۵). وقوع پدیده‌هایی مانند عقب نشینی یخچال‌های طبیعی و بالا آمدن سطح آب دریاها نشان دهنده وقوع تغییرات اقلیمی و افزایش دمای سطح زمین هستند. به همین دلیل، تحلیل روند دما اهمیت زیادی دارد (۴۳، ۳۲، ۵). تعدادی بررسی محدودی در مورد درجه حرارت در مقیاس جهانی انجام شده است (۱۴). اخیراً، کارهای جهانی در مورد متغیرهای اقلیمی، از جمله دمای سطح زمین و بارش، به روز شده است (۴). کار منطقه‌ای از این نوع در خاورمیانه از جمله ایران نیز، انجام شده است (۴۷). دمای سطح زمین عامل مهمی در مطالعات مختلف مانند تغییرات دمایی، تخمین مقادیر تابشی و سایر مطالعات است (۳۵). با طولانی‌تر شدن دوره آماری و گستردگی تغییرات، عناصر جوی مانند دمای سطح زمین با دقت

بیش‌تری آشکارسازی می‌شوند. این نکته را باید در نظر داشت که بررسی تغییرات اقلیمی در یک منطقه، از طریق بررسی دمای آن انجام‌پذیر می‌باشد (۱۳). بررسی الگوی رفتاری دما، به عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی به ویژه در مناطق گرم و خشک و دارای اختلاف دمای سطح زمین، دارای اهمیت است (۳۸). فلات مرکزی ایران به عنوان یکی از مناطق خشک، به شدت تحت تاثیر تغییرات دما قرار دارد. اغلب اقلیم موجود در منطقه فلات مرکزی ایران، گرم و خشک است و تغییرات قابل توجهی در متغیرهای مختلف موجود در این منطقه از جمله دمای سطح زمین مشاهده می‌گردد (۳۲)، همچنین گونه‌های کمیاب و حائز اهمیتی در این منطقه سکونت دارند و حیات این گونه‌ها می‌تواند بر حیات سایر موجوداتی که از آن‌ها تغذیه می‌کنند و حتی انسان نیز، تاثیر گذار باشد. انقراض موجودات زیادی در جهان توسط تغییرات آب و هوایی انجام می‌شود. در حال حاضر یک عامل عمده تهدید کننده حیات وحش تغییر اقلیم جهانی است، بنابراین درک آن که تغییر اقلیم چگونه بر تنوع زیستی و حیات وحش در سرتاسر جهان تاثیرگذار است مسئله‌ای ضروری و حیاتی است. گونه‌های جانوری مختلفی مانند جبر که متعلق به خانواده گاوسانان است، در معرض تغییرات آب و هوایی قرار دارند (۲۰، ۳۷). لذا اهمیت بررسی تغییرات دمایی در منطقه فلات مرکزی ایران مشخص می‌گردد. به منظور بررسی تغییرات و تحلیل روند دمایی در مناطق مختلف جهان، امروزه به دلیل اهمیت و گسترش تصاویر ماهواره‌ای و علم سنجش از دور و دشواری بررسی‌های میدانی، با دقت و سهولت در مناطق مختلف ایران و جهان این تصاویر به کار گرفته می‌شوند و باعث پیشرفت در زمینه‌های مختلف می‌گردند. سنجش از دور^۱ ابزاری قوی در پایش و ارزیابی محیط‌زیستی است و با بهره‌گیری از این فناوری در زمانی کوتاه به برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری دقیقی در مورد نحوه‌ی استفاده از محیط‌زیست دست می‌یابند (۴۵). به دست آوردن اطلاعات در کم‌ترین زمان و با کم‌ترین هزینه از جمله عوامل مهم و تاثیرگذار در تصمیم‌گیری‌ها است (۳۶). تعیین تغییرات سنجش از دوری، کمیت یک پدیده را از تصاویر چند زمانه بررسی می‌کند و

¹ Remote sensing

محدوده مورد بررسی

محدوده مورد بررسی بخشی از منطقه ایران مرکزی با طول جغرافیایی $33^{\circ}26'52''$ و عرض جغرافیایی $53^{\circ}21'45''$ از شمال غرب و غرب به رشته کوه‌های زاگرس و از شمال به البرز محدود است و در جنوب آن سرزمین‌های کم ارتفاع و خشک مانند استان‌های یزد و فارس است. این مناطق به دلیل شرایط آب و هوایی گرم و خشک، بیابان‌های پوشیده از ماسه‌زارها، بیابان‌ها، کوهستان‌های مرتفع و رودخانه‌های غیر دائمی، با تنوع محیط زیستی و جغرافیایی زیادی است. در جنوب غربی آن نیز، سرزمین‌های پست بین النهرین قرار دارد. دمای سطح زمین در این محدوده در تابستان بسیار گرم است و میانگین دما در برخی مناطق به بیش از 40°C می‌رسد. در زمستان نیز، دمای سطح زمین در این منطقه بسیار پایین است و در بعضی مناطق به منفی 30°C می‌رسد. شرایط آب و هوایی ایران خشک و کویری است. فلات ایران روی کمربند خشک نیمکره شمالی قرار گرفته است (۱۶).

داده‌های مورد استفاده

داده‌های دمای سطح زمین MOD 11A2

برای بررسی و ارزیابی متغیر دمای سطح زمین از محصول MOD11A2 طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ پایگاه ناسا (۲۸) استفاده شد. داده‌های دمای سطح زمین محصول سنجنده مودیس^۴ و ماهواره ترا^۵ هستند و به صورت ۸ روزه ارائه شده و قدرت تفکیک مکانی آن‌ها ۱ km (اندازه پیکسل آن‌ها ۱ km) است. این داده‌ها در ۳ سطح ارائه می‌شوند.

روش اجرای تحقیق

روش پژوهش

در پژوهش حاضر، با استفاده از محصول سنجنده مودیس ماهواره ترا روند تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از آزمون همبستگی خطی^۶ هریک از متغیرها از قبیل بیشینه دما ماهانه^۷، بیشینه دما سالانه^۸ بر پایه بیشینه

این روش معمولاً به کمک سنجنده‌های چندطیفی ماهواره‌ای صورت می‌پذیرد (۴۰). در سنجش از دور دمای سطح زمین توسط سنجنده‌ها محاسبه می‌شود. این دما به نظر کم‌تر از دمای واقعی در سطح زمین است (۷). با توجه به محدودیت‌های زمینی تخمین دمای سطح زمین در مقیاس‌های بزرگ، سنجش از دور حرارتی روشی مناسب می‌باشد (۶). استفاده از داده‌های سنجش از دور به دلیل پوشش گسترده، داده‌های پیوسته و به هنگام در تهیه نقشه‌های دمای سطح زمین کاربرد بسیاری دارد (۴۴). بسیاری از بررسی‌ها نشان دادند که داده‌های حرارتی حاصل از سنجنده‌ها کاربرد فراوانی در مطالعات پدیده‌های زمینی دارد. برای اندازه‌گیری دمای سطح زمین^۱ هنوز روش کامل و دقیقی وجود ندارد (۳۷). در سال‌های اخیر سنجنده‌های ETM+، OLI و TIRS که اسپکترو رادیومتر تصویر بردار با قدرت تفکیک متوسط هستند، با عملکرد زمانی، طیفی و مکانی مناسب با پیشرفت‌های قابل توجهی که بر روی ماهواره‌های لندست^۲ ۷ و ۸ قرار داده شده است، هر ۱۶ روز یک بار از تمام سطح زمین تصویر برداری می‌کنند (۴۵). سنجنده مودیس در مقایسه با دیگر سنجنده‌های محیطی دیگر مانند ای وی ایچ آر آر^۳ قدرت تفکیک زمینی بهتری دارد و باندهای طیفی بیش‌تری دارد (۲، ۴۱). علاوه بر این، تغییر دمای سطح زمین می‌تواند جامعه گیاهی و خاک را از لحاظ ترکیب و عملکرد تغییر دهد (۹). با توجه به این که دمای سطح خاک موجب رشد پوشش گیاهی می‌شود، مقدار دمای سطح زمین برای بررسی پوشش گیاهی استفاده می‌شود (۱۷، ۴۶).

در پایان می‌توان بیان نمود هدف اصلی در پژوهش حاضر، بررسی تأثیر و تهدیدها تغییر اقلیم بر محدوده ایران مرکزی به عنوان بخش مهمی از مناطق خشک و دارای گونه‌های کمیاب بود.

■ مواد و روش

⁵ Terra

⁶ Linear correlation ®

⁷ Max monthly

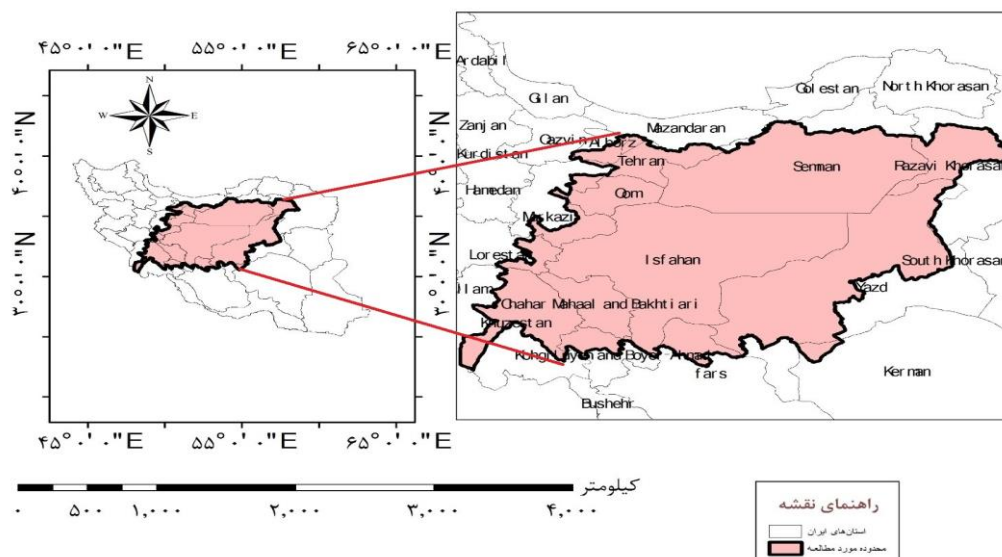
⁸ Max annual

¹ Land Surface Temperature (LST)

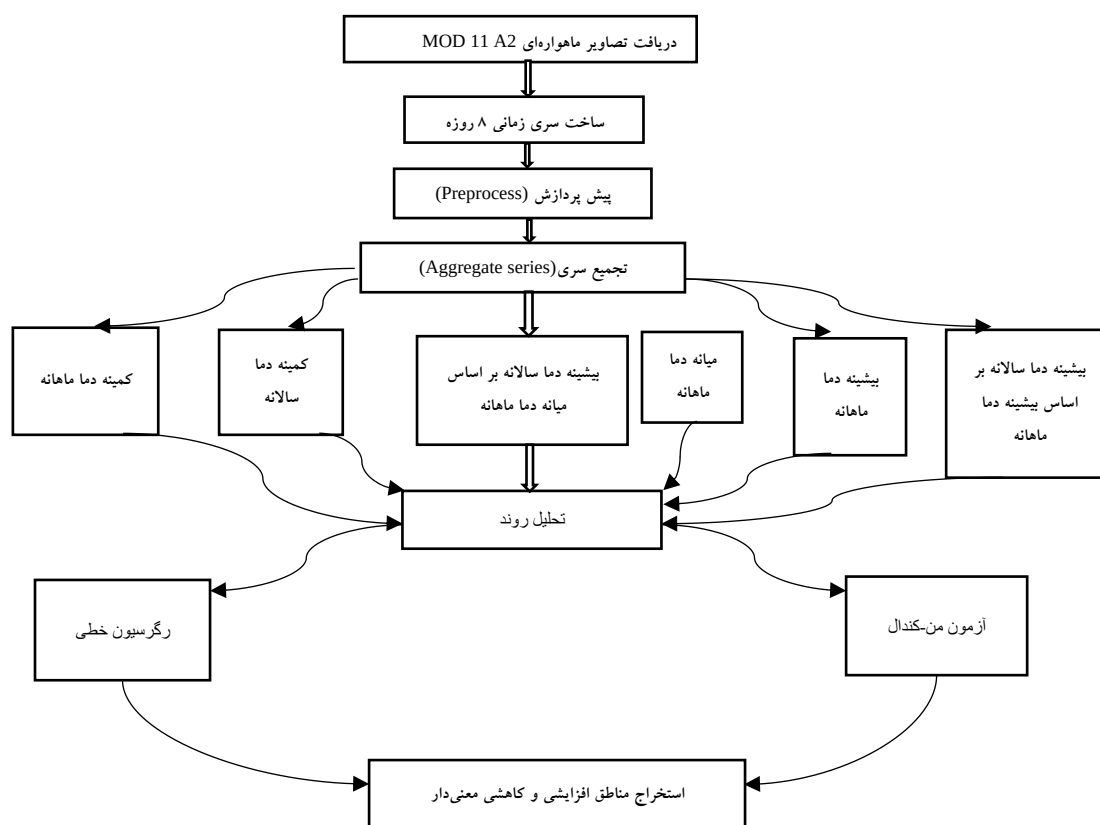
² Landsat

³ AVHRR

⁴ MODIS



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه در محدوده فلات مرکزی ایران



شکل ۲. روندنمای انجام پژوهش

تهیه شد. فرمت تصاویر در ابتدا به صورت hdf بود، بنابراین این تصاویر به فرمت قابل استفاده توسط نرم افزار ترست^۴ تبدیل شد. همچنین، تصاویر روزانه و شبانه دمای سطح زمین بررسی شد. در مرحله بعد سری زمانی به صورت ۸

دما ماهانه، میانه دما ماهانه^۱، بیشینه دما سالانه بر اساس میانه دما ماهانه، کمینه دما ماهانه^۲ و کمینه دما سالانه^۳ مشخص گردید به این صورت که در آغاز، تصاویر MOD11A2 برای بررسی دمای سطح زمین از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۸

³ Min annual

⁴ TerrSet

¹ Median monthly

² Min monthly

قسمت‌های معنی دار آن‌ها مشخص شده بودند، از طریق بخش Overlay ضرب گردید. به این صورت مقدار عددی افزایش و کاهش معنی داری درجه حرارت برای بخش‌های معنی دار مشخص شد.

آزمون همبستگی خطی

در این آزمون بر اساس تعداد دوره بررسی، درجه آزادی (n-2) برآورد شد و بر اساس مقادیر ضریب همبستگی و درجه آزادی، سطح معنی‌داری ۱٪ و ۵٪ مطابق با جدول فیشر (۲۹) معنی‌داری روند بررسی شد. در صورتی که مقدار ضریب همبستگی از جدول بیش‌تر بود روند معنی‌دار تشخیص داده شد. معنی‌داری تصاویر همبستگی خطی از اهمیت برخوردار است. اعداد این معنی‌داری برای تصاویر ماهانه ± 0.18 و برای تصاویر سالانه ± 0.66 است.

■ نتایج

در مطالعه حاضر، مناسب‌ترین محصول سری زمانی دمای سطح زمین، تصاویر سنجنده مودیس بود. دمای سطح زمین، یک متغیر کلیدی در تعامل و انتشار انرژی بین سطح زمین و جو است.

تحلیل و بررسی دمای سطح زمین روزانه در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸

در آغاز، به تحلیل و بررسی دمای سطح زمین روزانه در محدوده مورد بررسی طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ پرداخته شد. تحلیل دمای سطح زمین، شامل ۶ بخش است. این بخش‌ها عبارتند از: کمینه دما ماهانه داده‌های روزانه، کمینه دما سالانه داده‌های روزانه، بیشینه دما ماهانه داده‌های روزانه، بیشینه دما سالانه بر اساس بیشینه دما ماهانه داده‌های روزانه، میانه دما ماهانه داده‌های روزانه و بیشینه دما سالانه بر اساس میانه دما ماهانه داده‌های روزانه. همچنین در پژوهش حاضر، در تمام تحلیل‌ها آزمون من‌کنندال تقریباً مشابه همبستگی خطی بود و در سطح ۱٪

روژه ساخته شد. برای ساخت سری زمانی، از بخش Earth Trend Modeler استفاده شد. پس از ساخت سری زمانی و انجام تحلیل‌های مختلف، تصاویر مختلف نامبرده با توجه به سری زمانی و با کمک بخش پیش پردازش^۱ و سپس گزینه تجمیع سری و یا تلفیق سری^۲ ساخته شدند. سپس، به بررسی وجود یا عدم وجود نویز و اثر نواری^۳ در تصاویر، به عنوان مثال تصاویر همبستگی خطی پرداخته شد و برای برطرف نمودن آن‌ها در تصاویر از روش تحلیل مولفه اصلی معکوس^۴ استفاده شد. با این روش اختلال‌ها از بین رفت. پس از مشخص نمودن قسمت‌هایی از برخی استان‌ها که دارای افزایش یا کاهش معنی‌داری بودند، در مرحله بعد شبیه‌سازی مقدار عددی دمای سطح زمین در هر سلول بر پایه روند تغییرات انجام شد. این کار با کمک اختلاف^۵ درجه حرارت نهایی^۶ و درجه حرارت اولیه^۷ انجام شد.

$$(1) \text{Slope (OLS)} = T \text{ end} * \text{تعداد سال‌ها یا تعداد سال‌های مورد بررسی} + \text{Intercept (OLS) ماه‌های مورد بررسی}$$

مطابق با رابطه ۱، ابتدا یک تصویر درجه حرارت نهایی برای هر ۶ متغیر مورد بررسی تهیه شد. برای به دست آوردن تصویر درجه حرارت نهایی، تصویر Slope (OLS) برای هر متغیر در تعداد سال‌های مورد بررسی یا تعداد ماه‌ها ضرب شد و سپس با تصویر Intercept (OLS) جمع شد. این کار در ماشین حساب رستری و توسط نرم افزار ترست انجام پذیرفت. تصاویر Slope و Intercept، در بخش Earth Trend Modeler محاسبه شدند. در مرحله بعد، مقدار اختلاف محاسبه شد به این ترتیب که مقدار درجه حرارت اولیه از مقدار درجه حرارت نهایی کم شد. تصویر درجه حرارت اولیه، اولین تصویر هر متغیر مورد بررسی بود. در نهایت مقدار اختلاف به دست آمده در عدد ۰/۰۲ ضرب شد و مقدار °C به دست آمد. در مرحله بعد، تصویری که بر اساس °C بود، در تصویر معنی داری همبستگی خطی یا تصویر معنی داری من‌کنندال که از طریق بخش Reclass

⁵ Difference

⁶ T end

⁷ T initial

¹ Preprocess

² Aggregate series

³ Bounding

⁴ The Denoise Panel (Inverse PCA)

۰/۶۰۶- برای تصاویر سالانه همبستگی خطی، در استان اصفهان در شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ مشاهده گشت. استان یزد در شکل‌های ۹، ۱۲ و ۱۴، کاهش معنی‌داری وجود داشت. در استان سمنان، در شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ کاهش معنی‌داری وجود داشت. در استان قم، این کاهش در شکل‌های ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ وجود داشت. استان خراسان جنوبی در شکل‌های ۱۲ و ۱۴ کاهش معنی‌داری مشاهده گردید. سایر قسمت‌های فلات مرکزی ایران بدون روند معنی‌داری درجه حرارت بودند (مقادیر عددی بین اعداد ۰/۱۸± و ۰/۶۰۶± برای تصاویر ماهانه و سالانه).

شبیه سازی تغییرات دمای سطح زمین (روزانه و شبانه) بر اساس تحلیل روند

در این مرحله، میزان و عدد تقریبی افزایش و کاهش معنی‌داری درجه حرارت به صورت °C مشخص گردید. در تمام تحلیل‌ها، قسمت‌های با دمای بالاتر مایل به رنگ قرمز بودند و هرچه دما کاهش می‌یافت، به رنگ آبی متمایل می‌گردید.

شبیه سازی تغییرات دمای سطح زمین روزانه بر اساس تحلیل روند

تغییرات دما در شکل ۱۵، از °C ۶- تا °C ۲۷+ متغیر بود.

در شکل ۱۶، دامنه تغییرات دما از ۱- تا °C ۲۹+ بود. بر اساس شکل ۱۷، از ۶- تا °C ۴۲+ وجود داشت. در شکل ۱۸ تغییرات دمایی ۵- تا °C ۴۲+ ملاحظه گردید. در شکل ۱۹، از ۶- تا °C ۱۵+ وجود داشت. در شکل ۲۰، تغییرات دمایی ۵- تا °C ۱۳+ مشاهده گردید.

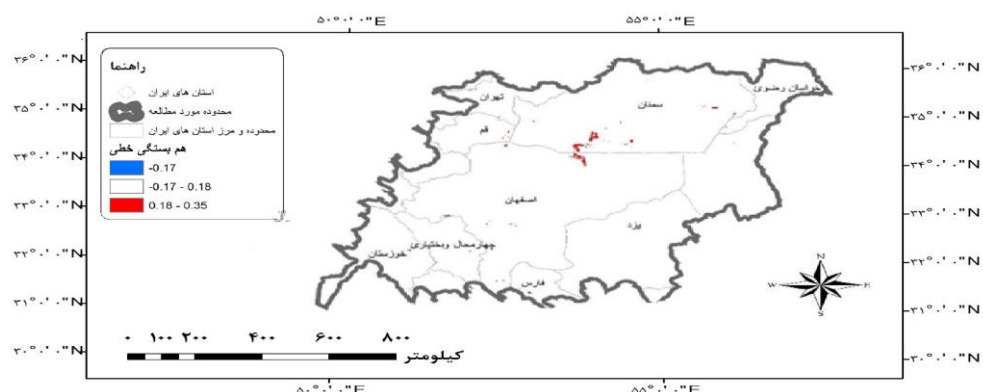
شبیه سازی تغییرات دمای سطح زمین شبانه بر اساس تحلیل روند

تغییرات دمایی، در شکل ۲۱، از صفر تا °C ۴۰+ بود. در شکل ۲۲، از حدود دما °C ۴- تا °C ۲۷+ ملاحظه گردید. در شکل ۲۳، از ۱+ تا °C ۴۴+ وجود داشت. بر طبق شکل ۲۴، از صفر تا °C ۲۹+ مشاهده گردید. در شکل ۲۵، از ۷- تا °C ۶+ وجود داشت. در شکل ۲۶ تغییرات دمایی از ۶- تا °C ۶+ مشاهده گردید.

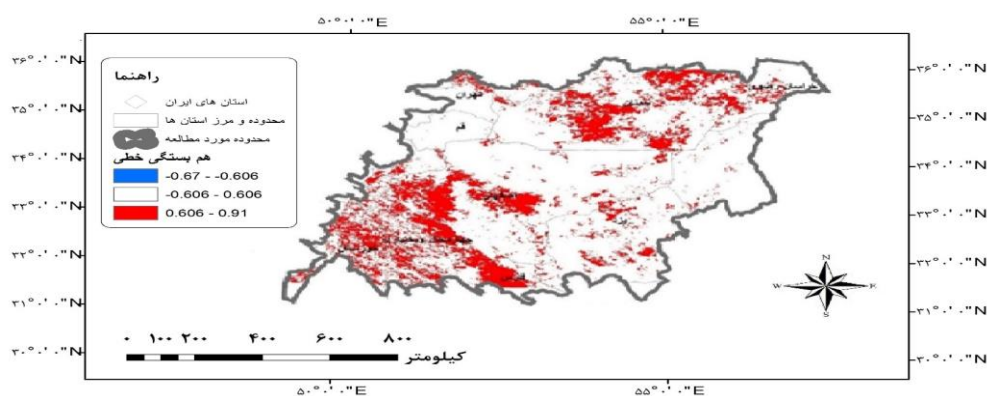
معنی‌داری بررسی شدند و نقشه‌های همبستگی خطی نمایش داده شدند. در تمام تحلیل‌ها، رنگ قرمز نشان دهنده افزایش معنی‌داری است که اعداد ضریب همبستگی بزرگ‌تر از مقدار عددی ۰/۱۸+ برای تصاویر ماهانه و اعداد بیش‌تر از ۰/۶۰۶+ برای تصاویر سالانه همبستگی خطی را شامل می‌شد و رنگ آبی نشان دهنده کاهش معنی‌داری است که شامل اعداد ضریب همبستگی کوچک‌تر از مقدار عددی ۰/۱۸- برای تصاویر ماهانه و اعداد کم‌تر از ۰/۶۰۶- برای تصاویر سالانه همبستگی خطی بود. افزایش و یا کاهش معنی‌داری، به معنای افزایش یا کاهش واقعی و به لحاظ آماری معنی‌دار درجه حرارت بود. افزایش معنی‌داری، در استان‌های سمنان و اصفهان در شکل‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و در استان قم، در شکل‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ ملاحظه شد. استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی، در شکل‌های ۴، ۶، ۸ دارای افزایش معنی‌داری بودند. در استان یزد، در شکل‌های ۴ و ۸ این افزایش مشاهده گشت. همچنین استان‌های یزد و اصفهان در شکل ۶ و استان اصفهان در شکل ۸، دارای کاهش معنی‌داری بودند. سایر استان‌ها در محدوده فلات مرکزی ایران، بدون روند معنی‌داری بودند (مقادیر عددی بین اعداد ۰/۱۸± و ۰/۶۰۶± برای تصاویر ماهانه و سالانه).

تحلیل و بررسی دمای سطح زمین شبانه در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸

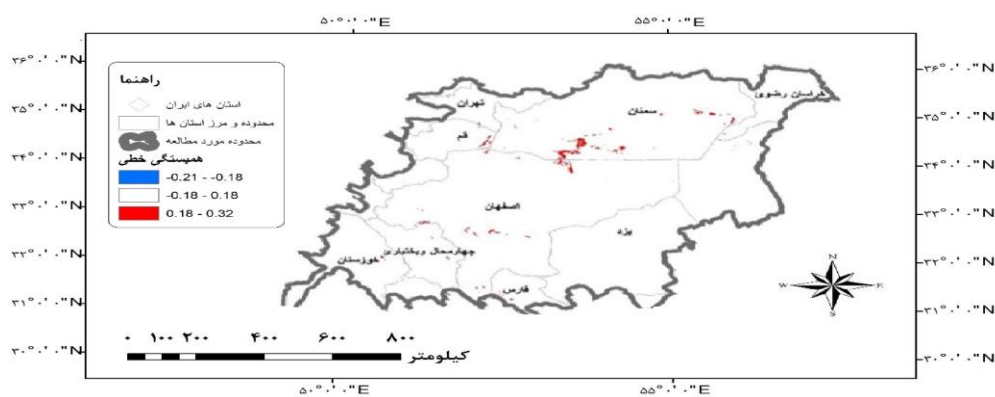
افزایش معنی‌داری شامل اعداد ضریب همبستگی بزرگ‌تر از مقدار عددی ۰/۱۸+ برای تصاویر ماهانه و اعداد بیش‌تر از ۰/۶۰۶+ برای تصاویر سالانه همبستگی خطی در استان اصفهان در شکل‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و مشاهده گشت. در استان سمنان، در شکل‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ وجود داشت. همچنین این افزایش در استان خراسان رضوی در شکل‌های ۱۰، ۱۲، ۱۴ بود. در استان خراسان جنوبی، شکل‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ دارای افزایش معنی‌داری بودند. استان یزد در شکل‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ افزایش معنی‌داری مشاهده شد. استان قم نیز در شکل‌های ۱۲ و ۱۴ دارای افزایش معنی‌داری بود. درباره کاهش معنی‌داری شامل اعداد ضریب همبستگی کوچک‌تر از مقدار عددی ۰/۱۸- برای تصاویر ماهانه و اعداد کم‌تر از



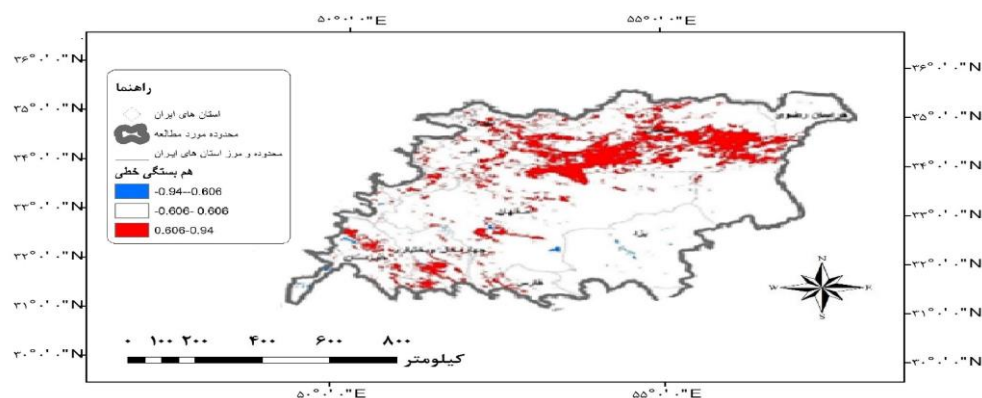
شکل ۳. کمینه دما ماهانه داده‌های روزانه



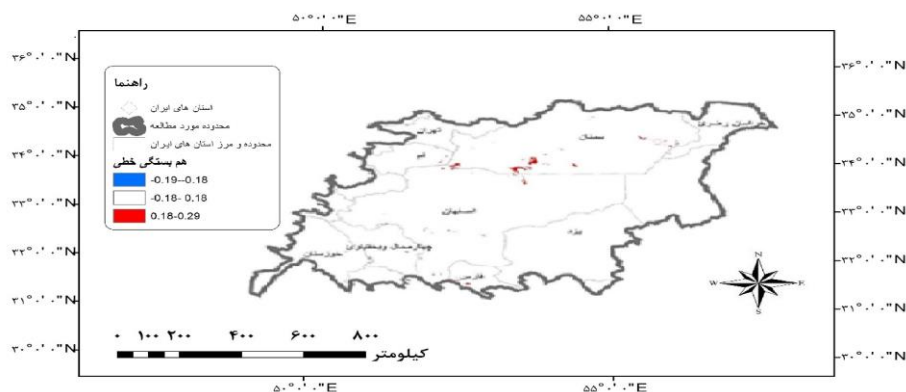
شکل ۴. کمینه دما سالانه داده‌های روزانه



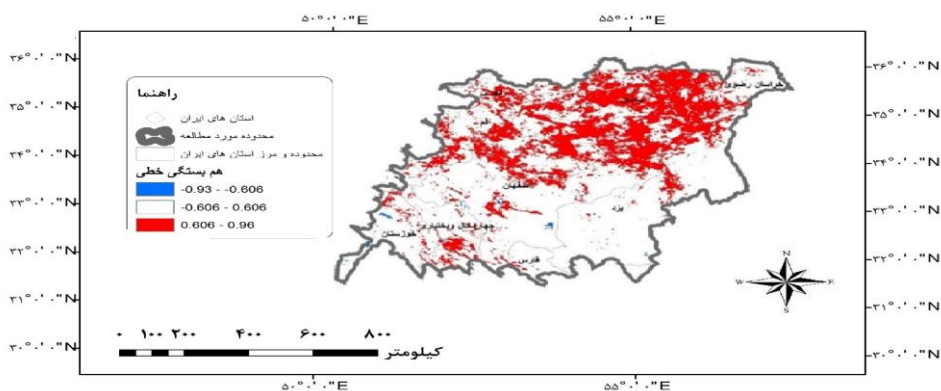
شکل ۵. بیشینه دما ماهانه داده‌های روزانه



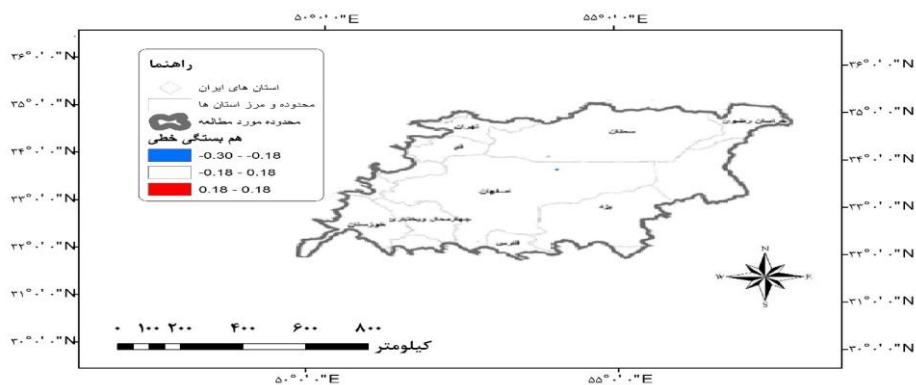
شکل ۶. بیشینه دما سالانه بر اساس بیشینه دما ماهانه داده‌های روزانه



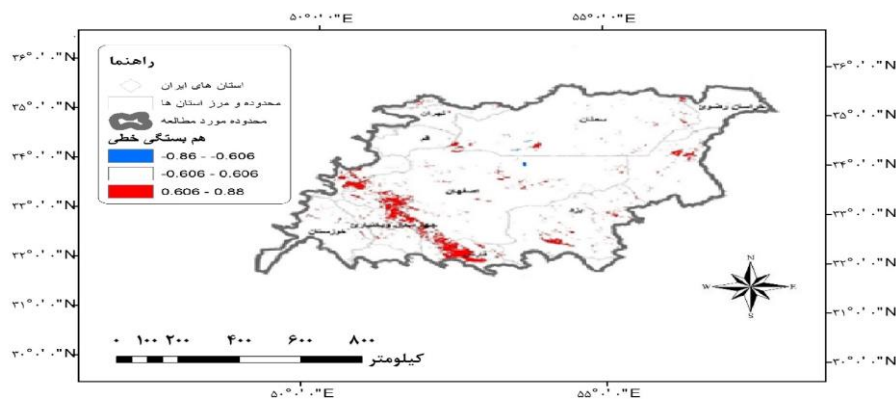
شکل ۷. میانه دما ماهانه داده‌های روزانه



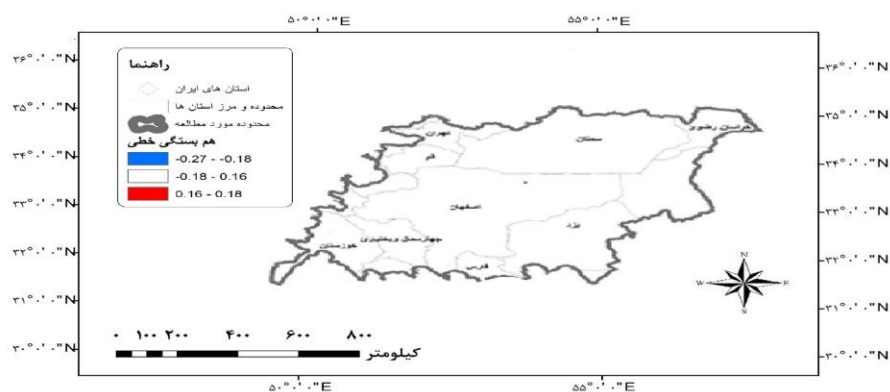
شکل ۸. بیشینه دما سالانه بر اساس میانه دما ماهانه داده‌های روزانه



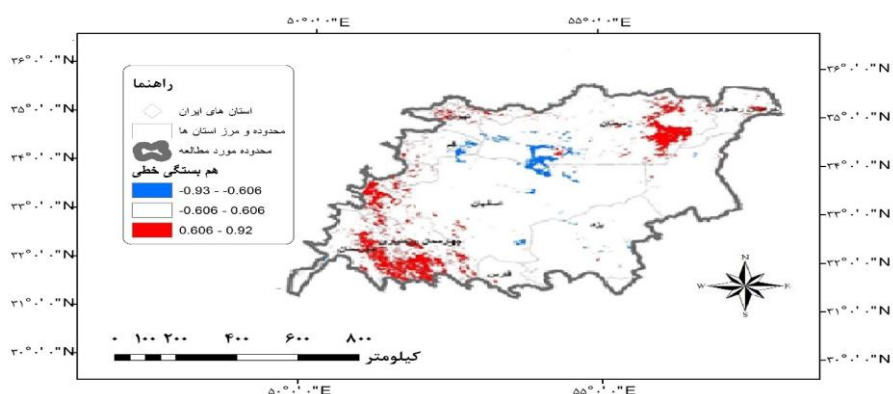
شکل ۹. کمینه دما ماهانه داده‌های شبانه



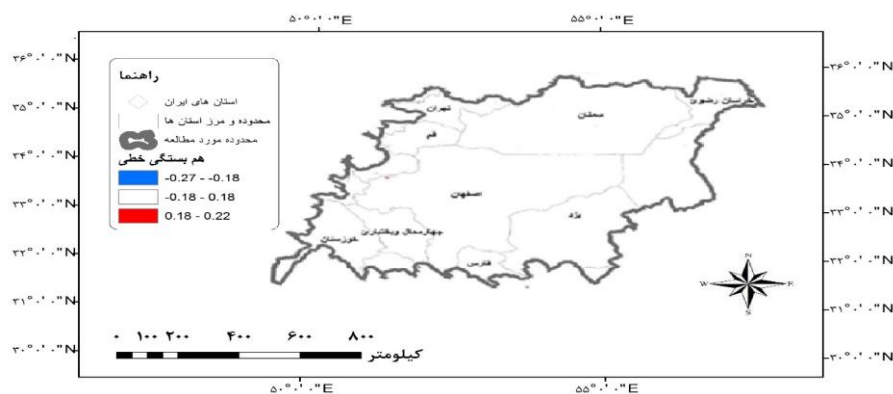
شکل ۱۰. کمینه دما سالانه داده‌های شبانه



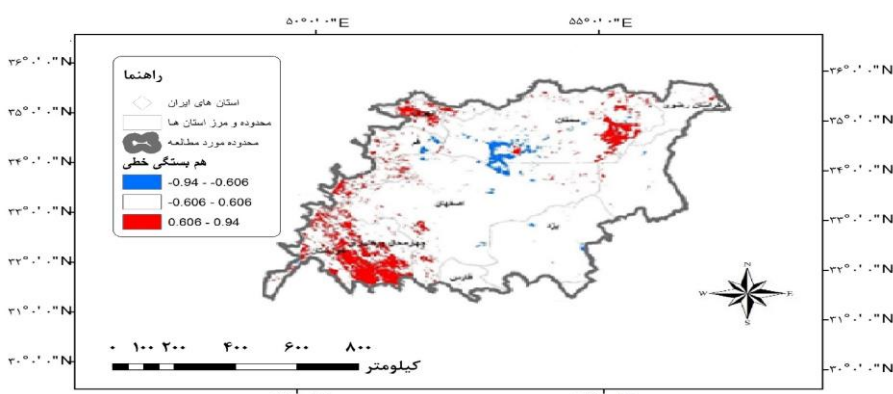
شکل ۱۱. بیشینه دما ماهانه داده‌های شبانه



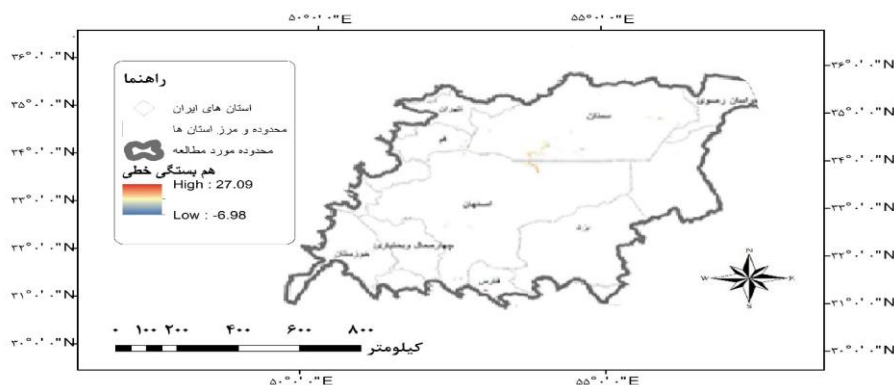
شکل ۱۲. بیشینه دما سالانه بر اساس بیشینه دما ماهانه داده‌های شبانه



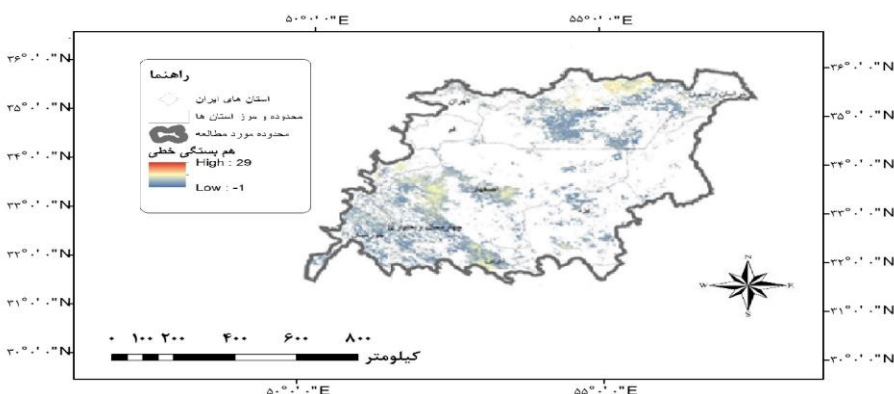
شکل ۱۳. میانه دما ماهانه داده‌های شبانه



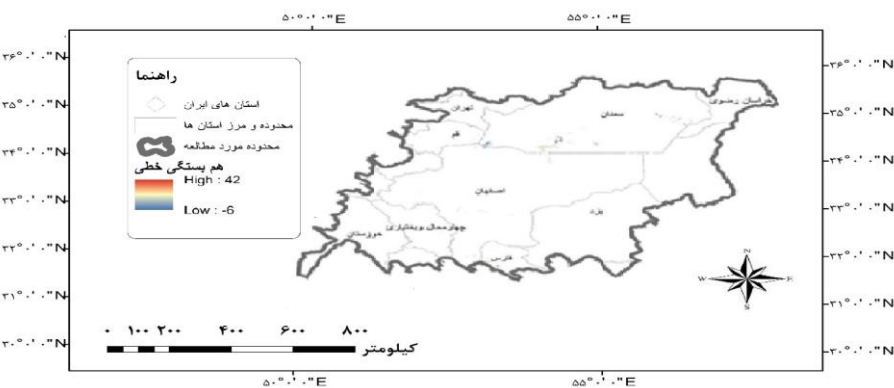
شکل ۱۴. بیشینه دما سالانه بر اساس میانه دما ماهانه داده‌های شبانه



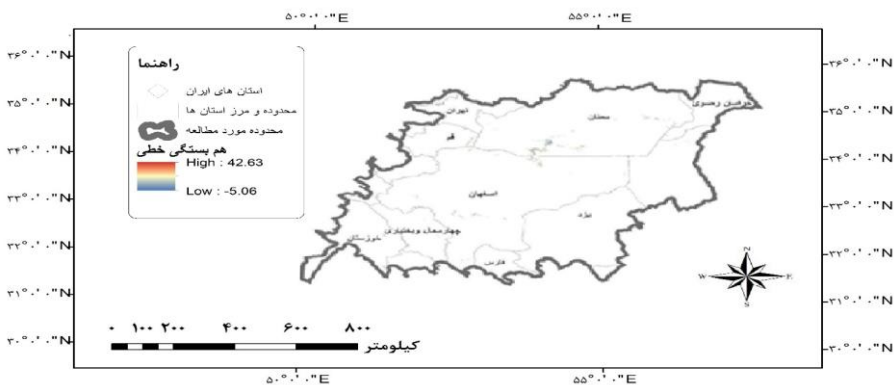
شکل ۱۵. شبیه سازی تغییرات کمینه دما ماهانه داده‌های روزانه بر اساس تحلیل روند



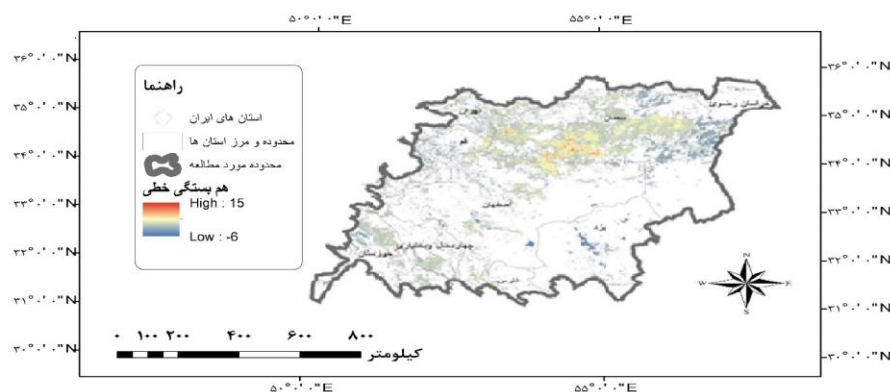
شکل ۱۶. شبیه سازی تغییرات کمینه دما سالانه داده‌های روزانه بر اساس تحلیل روند



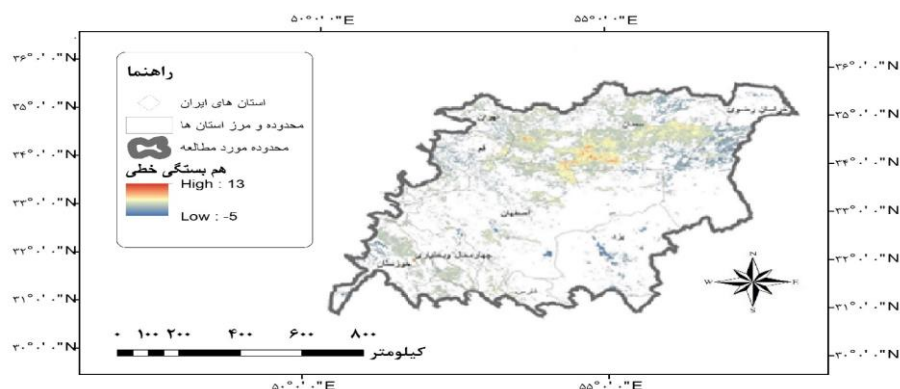
شکل ۱۷. شبیه سازی تغییرات میانه دما ماهانه داده‌های روزانه بر اساس تحلیل روند



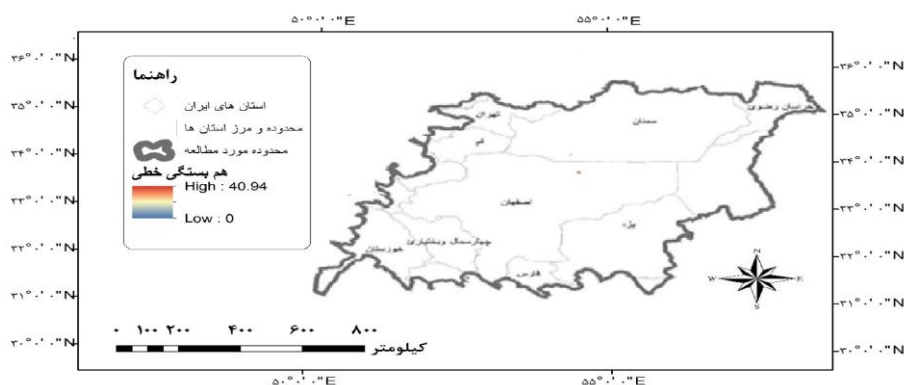
شکل ۱۸. شبیه سازی تغییرات بیشینه دما ماهانه داده‌های روزانه بر اساس تحلیل روند



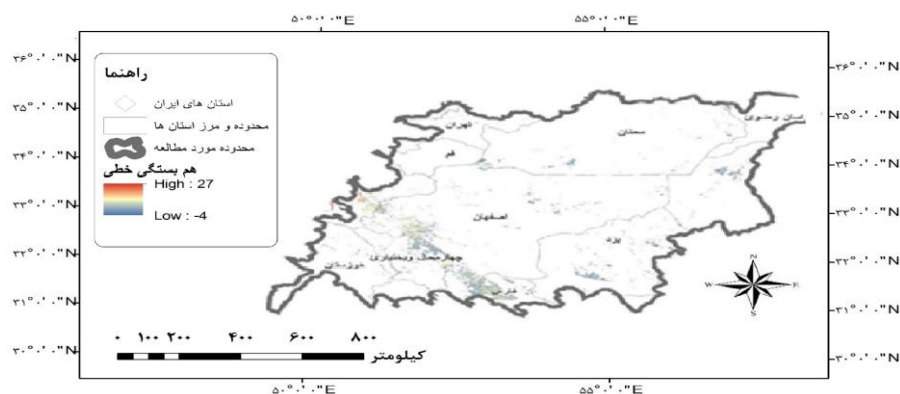
شکل ۱۹. شبهه سازی تغییرات بیشینه دما سالانه بر اساس میانه دما ماهانه داده‌های روزانه بر اساس تحلیل روند



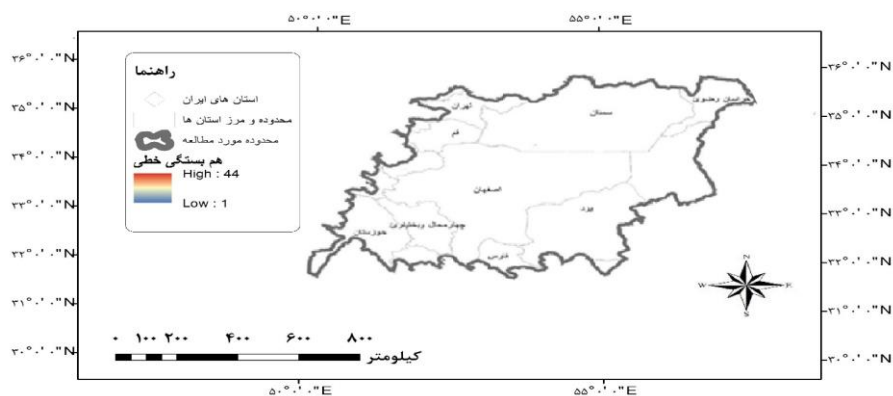
شکل ۲۰. شبهه سازی تغییرات بیشینه دما سالانه بر اساس میانه دما ماهانه داده‌های روزانه بر اساس تحلیل روند



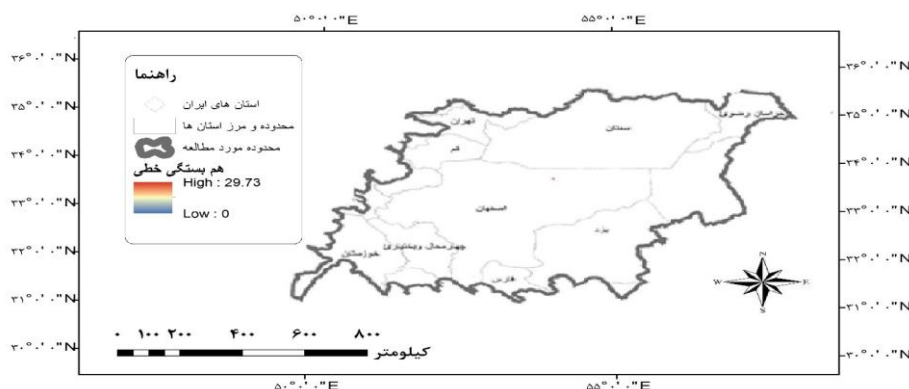
شکل ۲۱. شبهه سازی تغییرات کمینه دما ماهانه داده‌های شبانه بر اساس تحلیل روند



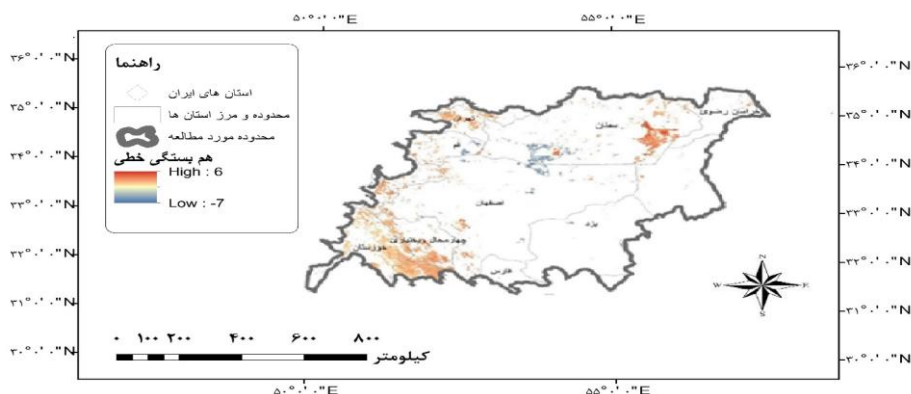
شکل ۲۲. شبهه سازی تغییرات کمینه دما سالانه داده‌های شبانه بر اساس تحلیل روند



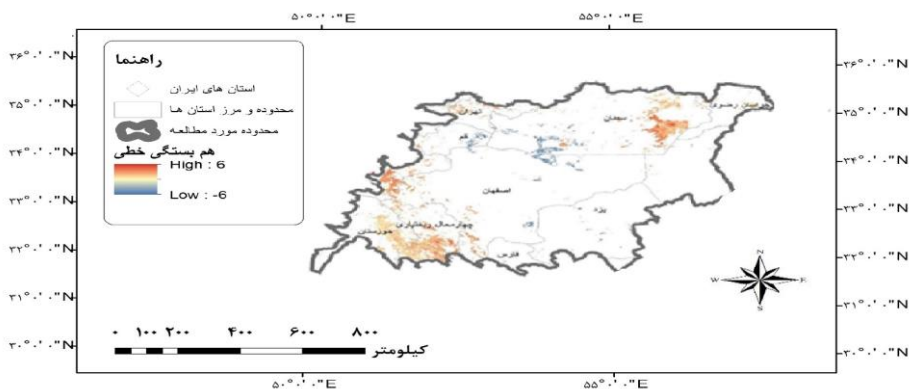
شکل ۲۳. شبیه سازی تغییرات میانه دما ماهانه داده‌های شبانه بر اساس تحلیل روند



شکل ۲۴. شبیه سازی تغییرات بیشینه دما ماهانه داده‌های شبانه بر اساس تحلیل روند



شکل ۲۵. شبیه سازی تغییرات بیشینه دما سالانه بر اساس میانه دما ماهانه داده‌های شبانه بر اساس تحلیل روند



شکل ۲۶. شبیه سازی تغییرات بیشینه دما سالانه بر اساس بیشینه دما ماهانه داده‌های شبانه بر اساس تحلیل روند

■ بحث و نتیجه گیری

مناطق خشک کشور ایران حدود ۹۰٪ مساحت را تشکیل می‌دهند و عرصه‌های وسیعی از آن‌ها را نواحی مختلف کویری و بیابانی شامل می‌شوند. مناطق خشک که طبق تقسیم‌بندی یا طبقه‌بندی اقلیم شناسان، مقدار متوسط بارش سالانه آن از ۲۰۰ mm کم‌تر است، خود به چهار ناحیه قابل تقسیم است: نواحی نیمه خشک، نواحی خشک، نواحی نیمه بیابانی و نواحی بیابانی که در جدول ۲ مقدار بارش سالانه هریک، ذکر شده است:

ایران مرکزی در مناطق خشک واقع شده است جدول ۲، که متوسط بارش آن ۱۵۴ mm در چندین سال گذشته است. ویژگی نواحی خشک مانند شهرهای تهران تا نزدیک مشهد (گرمسار، سمنان، دامغان و سایر شهرها) از تهران تا قم، کاشان، نطنز، اردستان، اصفهان و دیگر شهرها، به این صورت است که فقط چند بار بارندگی در طول سال صورت می‌گیرد (فصل‌های مرطوب ندارد و لذا، زراعت دیمی امکان پذیر نیست) (۲۱). قسمت اعظم کشور ما دارای آب و هوای خشک است. در مناطق خشک به علت فقر ابر و وجود تابش شدید خورشید، هوا به خصوص در تابستان و روزها، خیلی گرم و شب‌ها نسبتاً خنک است، به این ترتیب اختلاف دمای سطح زمین در طول شبانه روز زیاد است. خروج تشعشعات از زمین در شب‌های صاف مناطق خشک، ممکن است دمای سطح زمین را نیز در مناطق مجاور حاره‌ای، تا نقطه انجماد پایین ببرد. بنابراین نه تنها دمای سطح زمین، بلکه اختلاف آن‌ها در طول سال و شبانه روز نیز بسیار زیاد است (۲۲). در واقع، به دلیل رطوبت کم و دوری از دریا، اختلاف دمای سطح زمین در طی شبانه روز، زیاد است.

در این بررسی با مقایسه تصاویر دمای سطح زمین روزانه، مشخص شد دمای سطح زمین در این تصاویر افزایش معنی‌داری قابل ملاحظه‌ای داشته است. اما کاهش معنی‌داری قابل توجهی وجود نداشت. اما در تصاویر دمای سطح زمین شبانه، کاهش معنی‌داری مشاهده شد. بر اساس گزارش ایستگاه همدیدی (سینوپتیک) شهر اصفهان در سال ۱۳۷۳، بیشینه درجه حرارت $40/6^{\circ}\text{C}$ ، حداقل درجه حرارت $10/6^{\circ}\text{C}$ و میانگین درجه حرارت از نوع سالانه $16/7^{\circ}\text{C}$ ثبت شده است.^۱ شهر اصفهان دارای اقلیم گرم و خشک است و تغییرات و نوسان زیاد دمای سطح زمین شبانه روزی و همچنین اختلاف دمای سطح زمین بیشینه و کمینه در طول سال در این شهر زیاد است (۳۵) که این نتایج کاملاً با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین، استان سمنان تحت تأثیر جریان‌های هوایی گرم و خشک دشت کویر است ولی عواملی چون دوری از دریا، جهت امتداد کوه‌ها، ارتفاع مکان و وزش بادهای نیز در آب و هوای آن موثرند. میانگین حرارت سالانه شهر سمنان $17/8^{\circ}\text{C}$ است. میانگین حداکثر مطلق دمای سطح زمین در ماه‌های تیر و مرداد به 25°C و میانگین حداقل دمای سطح زمین در ماه‌های دی و بهمن به زیر 11°C می‌رسد. همچنین اختلاف حداکثر مطلق دمای سطح زمین بین ماه‌های گرم و سرد سال به 31°C می‌رسد.^۲ حداکثر مطلق دما در تیر ماه برابر 43°C و حداقل آن در دی ماه برابر $7/2^{\circ}\text{C}$ گزارش شده و اختلاف دمای سطح زمین سالانه حوالی یزد 50°C است و استان یزد دارای زمستان‌های سرد و نسبتاً مرطوب و تابستان‌های گرم و طولانی و خشک است.^۳

جدول ۱. طبقه‌بندی مناطق خشک از لحاظ مقدار بارش سالانه

ردیف	نوع ناحیه	متوسط بارش سالانه بر حسب mm
۱	Semiarid regions نواحی نیمه خشک	۴۵۰-۲۵۰
۲	Arid regions نواحی خشک	۲۵۰-۱۰۰
۳	Semi regions desert نواحی نیمه بیابانی	۱۰۰-۵۰
۴	Deserts نواحی بیابانی (بیابان‌های واقعی)	کم‌تر از ۵۰

³ <http://www.irimo.ir>¹ <http://www.irimo.ir/far/services/climate/796->² <http://www.irimo.ir>

و دماهای سطح زمین به دست آمده از این مطالعه به لحاظ افزایش درجه حرارت و اختلاف دمای سطح زمین، شباهت زیادی دارند، بنابراین می توان گفت مطالعه انجام شده تا حد زیادی صحیح است. هم چنین تغییرات دمایی تهدیدی برای جانوران است. پیشنهاد می شود در بررسی های آینده بر تأثیر تغییر اقلیم و افزایش دمای سطح زمین بر شرایط حیات جانوران مختلف، به ویژه جانوران موجود در محدوده فلات مرکزی ایران، توجه شود. همچنین، از تصاویر ماهواره ای مربوط به سنجنده مودیس برای نمایش تغییرات دمای سطح زمین در طول سری زمانی به دلیل اینکه این سنجنده روند تغییرات را به خوبی نمایش می دهد استفاده شود. در قسمت هایی که افزایش معنی داری یا کاهش معنی داری درجه حرارت وجود دارد، پیشنهاد می شود دیگر متغیرهای مرتبط با متغیر درجه حرارت و متأثر از آن نیز مانند مصرف آب برای مقایسه با یکدیگر بررسی شوند.

■ سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست کرج می باشد. لذا از این دانشکده تقدیر و تشکر می شود.

بررسی اختلاف دمای سطح زمین در طول شبانه روز، یکی از متغیرهای مهم در ارزیابی تغییر اقلیم منطقه است. در سال های اخیر، فعالیت های مختلف انسان در سطح کره زمین، منجر به ایجاد تغییرات اقلیمی می گردد که یکی از عمده ترین پیامدهای آن افزایش میانگین دما در سطح زمین است. با توجه به تغییرات اقلیمی، دمای سطح زمین اغلب دارای روند افزایشی است که موجب برجا ماندن آثار سوء بر جانوران، گیاهان و انسان ها دارد. میانگین سالانه دمای کشور دارای افزایش معنی داری است (۱، ۵) پژوهش های مختلف و این مطالعه این موضوع را تایید می کنند. باید در نظر داشت که در بررسی روند تغییر دما در اقلیم های مختلف، ذکر این نکته که نوع روند، درصد معنی داری یا عدم معنی داری به مقیاس زمانی بستگی دارد (۲۸). در ایران مرکزی، به جهت تغییرات اقلیمی رخ داده در سال های اخیر و همچنین به علت کاهش پوشش گیاهی موجود، با افزایش دمای سطح زمین مواجه هستیم. در این مطالعه، بیشترین و کمترین درجه حرارت به ترتیب $+44^{\circ}\text{C}$ و -7°C بود؛ و با توجه به این که استان های اصفهان، سمنان و یزد جزء سه استان اصلی در محدوده فلات مرکزی ایران هستند و همچنین با توجه به این مسئله که درجه حرارت های ذکر شده برای این سه استان

■ References

1. Abbasi, F., Kouhi, M., Flamarzi, Y., Javanshiri, Z., Malbousi, Sh., & Babaian, A. (2019). Analysis of the trend of average temperature and annual precipitation in Iran for the period from 1988 to 2017. *Newar*, 43(106-107), 36-49. DOI:10.30467/nivar.2019.184059.1128 [In Persian]
2. Ackerman, S. A., Strabala, K. I., Menzel, W. P., Frey, R. A., Moeller, C. C., & Gumley, L. E. (1998). Discriminating clear sky from clouds with MODIS. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 103(D24), 32141-32157. DOI: <https://doi.org/10.1029/1998JD200032>
3. Alavi Panah, K. (2004). Application of remote sensing in environmental studies. *Journal of Environmental Studies*, 30(34), 29-38 [In Persian]
4. Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A., & Rahimzadeh, F. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111(D5). DOI:10.1029/2005JD006290
5. Alipour, Y., Bayat, N., & Osanlu, A. (2022). Detection and analysis of temperature trend at the 1000 hPa level in Iran. *Geographical Data (SEPEHR)*, 31(121), 191-203. DOI:10.22131/sepehr.2022.252778 [In Persian]

6. Asgarzadeh, P., Darvishi Blourani, A., Bahrami, H., & Hamzeh, S. (2016). Comparison of ground surface temperature estimation in single-band and multi-band methods using Landsat 8 image. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 7(3), 18-29. [In Persian]
7. Asghari, S., & Emami, H. (2019). Monitoring the earth surface temperature and relationship land use with surface temperature using of OLI and TIRS Image. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 19(53), 195-215. DOI:10.29252/jgs.19.53.195. [In Persian]
8. Bagherpour, M., Seyedian, M., Fathabadi, A., & Mohamadi, A. (2017). Study of Mann-Kendall test performance in detecting the series of autocorrelation. *Iranian Journal of Watershed Management Science & Engineering*, 11(36), 11-21. [In Persian]
9. De Long, J. (2016). *Climate change impacts upon plants and soils along environmental gradients*. PhD thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae.
10. Eastman, J., (2015). *Chapter TerrSet Manual*. Worcester: Clark University.
11. Ebrahimi, H., Alizadeh, A. & Javanmard S. (2005). Investigating the presence of temperature changes in the Mashhad Plain as an index of climate change in the region. *Journal of Geographical Researches*, 20(4), 5-18. [In Persian]
12. Ebrahimi Heravi, B., Rangzan, K., Riahi Bakhtiari, H. R., & Taghi Zadeh, A. (2016). Introducing the most appropriate method to extract land surface temperature using landsat 8 satellite images in Karaj metropolitan. *Iranian Journal of Remote Sencing & GIS*, 8(3), 59-76 [In Persian]
13. Fanai, R., Qavidel, Y., & Farajzadeh, M. (2021). Reanalyzing the trend of long-term spatial changes in the minimum temperature of Iran. *Journal of Geography and Environmental Sustainability*, 11(4), 1-17. DOI:10.22126/ges.2021.6938.2453 [In Persian]
14. Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Tank, A. K., & Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19(3), 193-212. DOI:10.3354/cr019193
15. Ghalandari, S., & Janalizadeh, M. (2015). *Climate change and ecophysiology of crops*. International Conference on Research in Science and Technology papers, University of Tabriz, Tabriz, Iran. [In Persian]
16. Ghobadian, A., (1982). *Central plateau of Iran, natural landscape of Yazd province in relation to desert issues (general study, geomorphology, pedology, hydrology and hydrogeology)*. Ahvaz: Ahvaz Publishing House, Jundishapur University Publisher, 1st edition. [In Persian]
17. Hajilou, M., Almodarresi, A., Zerang, N., & Sarkargar Ardakani, A. (2014). *Surface temperature monitoring and investigation of land use relationship with surface temperature using ETM + and OLI image sensor (Case study: Qom province)*. The fifth National and Second International Conference on the Application of Advanced spatial Analysis models (Rs/GIS) in land-use planning papers, Islamic Azad University, Yazd, Iran. [In Persian]
18. Hamed, K. H. (2008). Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis. *Journal of Hydrology*, 349(3-4), 350-363. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2007.11.009
19. Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196. DOI: 10.1016/S0022-1694(97)00125-X.

20. Jowkar, H., Ostrowski, S., Tahbaz, M., & Zahler, P. (2016). The conservation of biodiversity in Iran: threats, challenges and hopes. *Iranian Studies*, 49(6), 1065-1077. DOI: 10.1080/00210862.2016.1241602
21. Kardovani, P., (1988). Characteristics (climatic, soil and geomorphological) of arid regions and its problems. *Journal of The Faculty of Literature and Humanities*, 26(1, 2, 3 and 4), 154-168 [In Persian]
22. Kardovani, P. (1999). Discussion on the definitions and characteristics of arid, desert and desert areas. *Journal of The Faculty of Literature and Humanities*, 38(2), 26-54 [In Persian]
23. Khaliq, M. N., Ouarda, T. B., Gachon, P., Sushama, L., & St-Hilaire, A. (2009). Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of selected methods and their application to annual flow regimes of Canadian rivers. *Hydrology*, 368(1-4), 117-130. DOI:10.1016/j.jhydrol.2009.01.035
24. Khazaei, M., & Mirzaei, M. (2014). Forecasting climatic variables using the time series analysis of the Zahre watershed, *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 14(34): 233-250. [In Persian]
25. Khorram Del, S., kouchaki, A., & Reza Zadeh, M. (2014). *Effects of climate change and global warming on biodiversity*. National Conference on Climate Change and Sustainable Agriculture, University of Mashhad, Mashhad, Iran. [In Persian]
26. Khosh Akhlagh, F., & Rousta, I. (2009). *Investigation of global warming and its consequences on Iran and the world*. 01st International Conference on Iran & World Contemporary Developments, University of Tehran, Tehran, Iran. [In Persian]
27. NASA Earth Observing System's (EOS). (2002, 2018). *The level-1 and atmosphere archive & distribution system distributed active archive center (LAADS DAAC)*, Retrieved February 9, 2019, from <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/>
28. Lawlor, D. W. (2005, 2005//). *Plant responses to climate change: impacts and adaptation*. Paper presented at the Plant Responses to Air Pollution and Global Change, Tokyo. DOI: 10.1007/4-431-31014-2_10
29. Mahdavi, M., (2013). *Applied hydrology*. Tehran: Tehran University Printing and Publishing Institute. [In Persian]
30. Malekpour, P., & Taleie, M. (2010). Investigation of surface temperature and cover-land use changes of urban land using ETM + sensor data (Case study: Tehran). *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 2(3), 89-102. [In Persian]
31. Masoudian, S. A. (2004). Examining Iran's temperature trend in the last half century. *Journal of Geography and Development*, 3(2), 89-106. [In Persian]
32. Mesbahzadeh, T., Soleimani Sardo, F., Selajeghe, A., Zehtabian, G., Ranjbar, A., & Marcelo, M. (2020). Analyzing the temporal and spatial variations of dusty days in the central plateau of Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 27(4), 752-762. DOI:10.22092/ijrdr.2020.123150. [In Persian]
33. Mirmomtaz, S., & Kikhaei, R. (2014). *Human interaction with the climate in the architectural design of traditional housing in Isfahan city, the design model of new residential buildings in Isfahan city*. 5th International Conference on Sustainable development & Urban Construction, Isfahan, Iran. [In Persian]

34. Miryaghoubzadeh, M H., & Ghanbarpour, M. (2009). Application of Remote Sensing Data in Estimating Land Surface Temperature (Case Study of Verdin Watershed, East Azerbaijan). *Journal of Rangeland*, 3(4), 723-734. [In Persian]
35. Mokari, m., & Abbasnia, M. (2020). Trends analysis of maximum temperature by using Mann-Kendall and Spearman tests in various regions of Iran. *Nivar*, 44(108-109), 31-44. DOI: 10.30467/NIVAR.2020.211885.1143
36. Morovvati, M., & Ghorbani Dashtaki, P. (2016). *Application of remote sensing in the environment (identification and prediction of various pollutants)*. The 8th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering, University of Ardakan, Ardakan, Iran. [In Persian]
37. Pahlevani, A. (2004). Study of reproduction in captivity of Jabir (*Gazella dorcas*) in Shir Ahmad wildlife sanctuary in Sabzevar. *Journal of Environmental Studies*, 30(36), 49-54. DOI: 20.1001.1.10258620.1383.30.36.7.4 [In Persian]
38. Pouyan, S., Jebali, A., Montazerghaem, M., Zare, M., & Minejad, S. O. R. (2017). Comparison of air temperature changes in different ground surfaces in arid regions. *Desert Management*, 4(8), 107-112. DOI: 10.22034/JDMAL.2017.24801 [In Persian]
39. Rahimzadeh, F., Asgari, A., & Fattahi, E. (2009). Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(3), 329-343. DOI: 10.1002/joc.1739
40. Rayegani, B. (2020). Automatic extraction of Pseudo-Invariant Features (PIFs) for digital change detection. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(112), 151-166. DOI:10.22131/sepehr.2020.38613 [In Persian]
41. Rayegani, B., Koopani, S. S., Khajeddin, S. J., & Barati, S. (2011). Estimate of snowmelt runoff using MODIS data. *Watershed Engineering and Management*, 2(4), 221-236. [In Persian]
42. Sabziparvar, A., Mirgaloybayat, R., & Ghyami Shamami, F. (2019). Evaluation of the possible changes in diurnal temperature range (DTR) trend in some arid climates of Iran since last five decades. *Iranian Journal of Physics Research*, 11(1), 27-37. [In Persian]
43. Sabziparvar, A. A., Seif, Z., & Qiami, F. (2012). Analysis of temperature trend in some stations of arid and semi-arid regions of the country. *Journal of Geography and Development*, 30(11), 117-138. [In Persian]
44. Safari Shad, M., & Yari, T. (2011). *Earth surface temperature estimation using remote sensing and separate daily algorithms*. 3rd Conference on Rangeland, Watershed and Desert, University of Sari, Sari, Iran. [In Persian]
45. Salman Bayati, T., & Rashtian, A. (2015). *Remote sensing and environmental*. Third National Conference on Environmental and Agricultural Research in Iran, University of Yazd, Yazd, Iran. [In Persian]
46. Shamsi pur, A., Alavi panah, K., & Mohammadi, H. (2010). Efficiency of vegetation and thermal indices of NOAA-AVHRR satellite in ecological drought analysis of Kashan region. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(3), 445-465. [In Persian]

47. Stroppiana, D., Antoninetti, M., & Brivio, P. A. (2014). Seasonality of MODIS LST over Southern Italy and correlation with land cover, topography and solar radiation. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), 133-152. DOI: 10.5721/EuJRS20144709
48. Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., & Cavadias, G. (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, 16(9), 1807-1829. DOI:10.1002/hyp.1095
49. Zhang, J., Wang, Y., & Li, Y. (2006). A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6. *Computers & geosciences*, 32(10), 1796-1805. DOI:10.1016/j.cageo.2006.05.001
50. Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., . . . Hantosh, T. (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D22). DOI: 10.1029/2005JD006181

Spatial Distribution of Changes in the Trend of Extreme Precipitation Indices in Northwest Iran and Its Relationship with The General Circulation of the Atmosphere in the Region

A. Movaghari^{1*}, Kh. Javan²

1. Assistant Professor of Climatology, Urmia University, Faculty of Literature & Humanities, Department of Geography, Urmia, Iran.
2. Associate Professor of Climatology, Urmia University, Faculty of Literature & Humanities, Department of Geography, Urmia, Iran.

* Corresponding Author: a.movaghari@urmia.ac.ir

Received date: 23/07/2023

Accepted date: 27/10/2023



[10.22034/JDMAL.2023.2007679.1428](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2007679.1428)

Extended Abstract

Introduction

Extreme precipitation has a significant impact on the frequency, severity, and duration of natural hazards, such as floods, droughts, and landslides. This has a significant impact on human life, the economy, natural ecosystems, and agriculture (Song et al, 2015: 34). Between 1880 and 2012, there was a 0.85 °C increase in the average global temperature, with a general increase in precipitation in the mid-latitudes of the Northern Hemisphere (IPCC, 2013: 2; Lio et al, 2017: 822). In addition, there is a possibility of a rise in extreme precipitation in the future (Klein Tank et al, 2006: 1), and so far, the reason for these changes and their relationship with the general circulation of the atmosphere have not been considered. The aim of this study is to analyze the trend of changes in extreme precipitation indices in northwestern Iran and its association with the general circulation of the atmosphere.

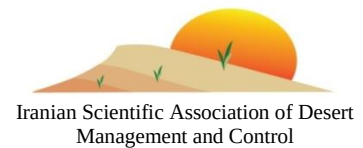
Material and Methods

In order to analyze the changes in extreme precipitation events in northwestern Iran, daily precipitation data was collected from 20 synoptic stations in the region between 1986 and 2010. The region that is being studied encompasses West Azerbaijan, East Azerbaijan, Ardabil, Zanjan, and Kurdistan. In assessing limit events, high quality and reliable long-term climate data with daily (or higher) resolution is required (Clinton et al., 2009: 9). The first step was to examine the quality control and homogeneity of data. The RClimDex software package, introduced as a standard tool by ETCCDI, was used to perform quality control and evaluate data homogeneity in this research. The Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI) introduced 11 indexes to examine changes in precipitation level indices in northwest Iran. RClimDex software calculates these indicators with a significance level of 0.05. This process seeks to establish a standard set of indicators to examine and compare the characteristics of



Desert Management

www.isadmc.ir



different regions. The software was used to calculate precipitation indices and display the trend and rate of change on a map.

Results and Discussion

The extreme precipitation indices were calculated to determine the regional trend and percentage of stations with positive and negative trends for the studied stations in northwestern Iran. Afterward, a map was created showing the spatial distribution of the slope for each of the indices. All precipitation indexes, except for the maximum growth period index (CDD), are declining according to the results. The probability of precipitation has decreased due to the more stable winter atmosphere in the region from the point of view of general atmospheric circulation. The region's spring atmosphere, similar to that of winter, shows an increase in stability, which will result in less rainfall. In summer, except for the coastal provinces of the Caspian Sea and the coasts of the Oman Sea, the rest of the country has recorded a decrease in rainfall of 1 mm per day. Most parts of the country experienced an increase in atmosphere thickness to 6 meters in autumn in the study area. Autumn in the region is typically stable and barotropic, but the study area is experiencing less rainfall. This study examines the trend of changes in extreme precipitation indices in northwestern Iran and its relation to a large-scale general circulation of the atmosphere. According to the results, 75% of stations in the region are experiencing a decrease in the maximum daily rainfall (RX1day) and 80% are experiencing a decrease in the maximum five-day rainfall (RX5day). While both the very wet (R95P) and ultra-wet (R99P) day indices are experiencing a downward trend, the R95P index is experiencing a more pronounced downward trend. All three indices R10, R20, and R25 have been declining for the past 25 years, but the R10 index has fallen more rapidly than the other two indices. Sarab station has a positive CWD trend alone, while other stations have a negative and decreasing trend of this index. In most stations throughout the region, the CDD index is increasing. In 85% of stations in the region, the PRCPTOT index is decreasing and there is a noticeable increase in rainfall. The SDII index is experiencing a decrease in 60% of the stations in northwestern Iran, while an increase is being observed in 40%. All precipitation indices, except for the CDD index, have a decreasing trend in general. Drawing and analyzing combined difference maps for geopotential height parameters of 500 hPa, relative rotation of 500 hPa, vertical velocity (ω), rainwater and precipitation rate to study the general atmospheric circulation of the region indicates an increase in altitude has led to a 500 hPa increase in climate stability in the study area (northwest of Iran). The study of ω and relative rotation shows that the region is experiencing a decrease in upward currents and positive rotation. The lack of atmospheric moisture load and rainfall in all seasons can be seen in rainfall water difference maps and rates. Precipitation indices and the general circulation model of the region's atmosphere are compared, indicating that the moisture load of the region's atmosphere has decreased, resulting in drought.

Keywords: Climate change; Reanalyzed data; Maximum length of dry spell; Humidity; Desertification





توزیع مکانی روند تغییر فراسنجهای فرین بارش شمال غرب ایران و ارتباط آن با گردش عمومی جو منطقه

علیرضا موقری^{۱*}، خدیجه جوان^۲

۱. استادیار آب و هواشناسی دانشگاه ارومیه، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا، ارومیه، ایران.

۲. دانشیار آب و هواشناسی دانشگاه ارومیه، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا، ارومیه، ایران.

* نویسنده مسئول: a.movaghari@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۵

doi: [10.22034/JDMAL.2023.2007679.1428](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2007679.1428)

چکیده

گرمایش جهانی موجب افزایش میزان بخار آب اتمسفر و تغییر در چرخه آب‌شناسی و افزایش بارش‌های فرین شده است. هدف از پژوهش جاری بررسی روند تغییرات فراسنجهای فرین بارش شمال غرب ایران و ارتباط آنها با گردش عمومی جو است. بدین منظور داده‌های بارش ۲۰ ایستگاه همدید شمال غرب ایران در مقیاس روزانه برای سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۰ استخراج و شاخص‌های بارش محاسبه و نقشه‌های توزیع مکانی این شاخص‌ها ترسیم شد. برای بررسی تغییرات گردش عمومی جو و مطالعه تأثیر آن بر وقایع حدی نیز، داده‌های ترکیبی میانگین گردش اتمسفری سالانه دوره ۱۳۶۴-۱۳۴۰ که نمایشگر اقلیم گذشته و مقطع زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۵ به عنوان دوره نوین بر پایه داده‌های بازتحلیل شده NCEP/NCAR دریافت شد. سپس نقشه‌های تفاضل با استفاده از متغیرهای ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰hp، امگای سطح زمین، تاوایی نسبی سطح ۵۰۰hp، آب بارش‌پذیر و میزان بارش برای آشکارسازی تغییرات گردش اتمسفری در دو دوره فوق محاسبه و تولید شد و نتایج حاصل با برونداد فراسنجهای حدی دما مقایسه شد. بررسی تغییرات فراسنجهای حاکی از این بود که تمام شاخص‌های بارش به جز شاخص بیشینه طول دوره رشد (CDD) دارای روند کاهشی هستند. مطالعه گردش عمومی جو نیز حاکی از افزایش ارتفاع تراز ۵۰۰hp و در نتیجه پایداری جو منطقه می‌باشد. مطالعه امگا و چرخندگی نسبی نیز حاکی از تضعیف جریانات صعودی و چرخندگی مثبت در منطقه است. نقشه‌های تفاضل آب قابل بارش و نرخ بارش نیز کمبود بار رطوبتی جو و گرایش منطقه به سمت اقلیم خشک را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم؛ داده‌های واسنجی شده؛ شاخص حداکثر طول دوره رشد؛ رطوبت جو؛ بیابان‌زایی



■ مقدمه

بارش‌های حدی تأثیر زیادی بر فراوانی، شدت و مدت مخاطرات طبیعی مانند سیل، خشکسالی و رانش زمین دارد و آسیب‌های زیادی بر زندگی انسان، اقتصاد، اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی وارد می‌کند (۲۲). متوسط جهانی دما طی سال‌های ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ تقریباً 0.85°C افزایش یافته است. تحت تأثیر این گرمایش، ذوب یخچال‌ها امنیت ۸۰۰ میلیون ساکن پایین دست کوهستان‌های بلند آسیا را بحرانی نموده و تقریباً در تمام حوضه‌های اصلی در سراسر جهان تا قرن بیست و یکم افزایش خواهد یافت (۳۸). عرض‌های میانه در نیمکره شمالی به طور کلی افزایش بارش را نشان داده‌اند (۶، ۱۲). تحلیل بارش‌های روزانه ثبت شده بین نیمه دوم قرن بیستم تا اوایل قرن بیست و یکم در مناطق مختلف دنیا مانند کانادا (۱۳)، اروپا و خاورمیانه (۲۶)، هند (۱۱) و در مقیاس جهانی (۵) افزایش معنی‌داری را در فراوانی و مقدار بارش‌های بیشینه نشان می‌دهند. علاوه بر این پیش‌بینی می‌گردد بارش‌های فرین در آینده نیز تشدید تغییرات را تجربه نمایند (۸). بنابراین، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم در هر منطقه و ارائه راهکارهای مناسب برای سازگاری و کاهش پیامدهای تغییرات اقلیمی برای دانشمندان مهم است (۸). طبق پنجمین گزارش هیئت بین دولتی تغییرات آب و هوایی (IPCC^۱)، در اثر گرم شدن کره زمین، شدت وقایع فرین بارش تقریباً ۷٪ فزونی می‌یابد که بسیار سریع‌تر از نرخ افزایش میانگین بارش که ۱-۳٪ است، می‌باشد (۶). بنابراین بررسی تغییرات بارش‌های فرین برای بررسی آسیب پذیری مناطق مختلف و پیش‌بینی تغییرات آینده تحت سناریوهای تغییر اقلیم بسیار ضروری است. در این راستا و به منظور ارزیابی و آنالیز مقادیر فرین بارش، مجموعه شاخص‌های فرین شبکه حمایت آب و هوای اروپا مشتمل بر ۱۱ شاخص فرین بارش قابلیت استفاده دارد. این نمایه‌ها در سال ۱۹۹۸ و توسط کمیسیون آب و هواشناسی سازمان هواشناسی جهانی (CCL^۲) و برنامه تحقیقات آب و هوای جهانی (WCRP^۳) مرتبط با طرح پیش‌بینی پذیری و

تغییرپذیری آب و هوا (CLIVAR^۲) تشکیل یافته از یک گروه ارزیابی در حیطه نمایان‌سازی و رصد تغییر آب و هوا و نمایه‌های آن (ETCCDMI^۳) به منظور ارزیابی و مشخص نمودن نمایه‌های فرین آب و هوایی، انتخاب گردیدند.

در چند سال گذشته تحقیقات بسیاری جهت شناخت روند بارش‌های فرین در اقصی نقاط دنیا صورت گرفته است (۱۸، ۲۹، ۲۵، ۲، ۲۲، ۳۱، ۳۰، ۱۵). علاوه بر آنالیز تغییرات نمایه‌های فرین بارش، آگاهی از دلایل و محرک‌های این تغییرات نیز ضروری است. بخش قابل توجهی از این تغییرات ناشی از عناصر گردش عمومی جو و درجه حرارت سطح دریا مانند نوسان قطب شمال (AO)، فشار زیاد نیمه گرمسیری غرب اقیانوس آرام (WPSH^۴) و شاخص انسو^۵ می‌باشد (۲۲، ۳۰). همچنین وجود ارتباط قوی بین الگوهای پیوند از دور و تغییر اقلیم در مدیترانه شرقی و خاورمیانه شناسایی شده است (۱۰، ۲۴). بنابراین بسیاری از اقلیم‌شناسان و همچنین محققان دیگر، به بررسی در مورد تغییرات گذشته و آینده وقایع حدی و سازوکارهای به وجود آورنده این تغییرات پرداخته‌اند.

مطالعه شدت تغییر وقایع فرین دما و بارش در ۶۰۰ سال گذشته توسط سناریوهای متفاوت آب و هوایی در حوضه رود زرد ثابت نمود که در قرن ۲۱، شاخص‌های دما و تبخیر فزونی و بارش بیشینه و متوسط آن کاهش خواهد داشت (۲۸). بررسی تغییرات فراسنج‌های حدی آب‌وهوایی بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۳ در جنوب‌باختری چین و تأثیرهای گردش اتمسفری بر این دگرگونی حاکی از این بود که تقویت گردش آنتی‌سیکلونی، افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل، تضعیف جریان مونسونی و انتقال بخار آب در قاره اوراسیا، تغییرات اقلیمی در جنوب غرب چین را تشدید کرده است (۳۲). بررسی رخداد بارش‌های فرین زمستانه در طول کرانه‌های شمال غربی آمریکا و کرانه‌های شرقی اقیانوس آرام برای سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ نشان داد که ناهنجاری منفی فشار تراز دریا و GPT سطوح بالا در اقیانوس آرام مرکزی، ناهنجاری فشار در جنوب باختری آمریکا، آنومالی‌های مثبت

^۴ The Western Pacific Subtropical High^۵ ENSO^۱ Intergovernmental Panel on Climate Change^۲ Climate Variability and Predictability^۳ Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices

دمای تراز ۸۵۰hp در طول ساحل و آب بارش‌پذیر فراوان و جریان بخار آب در جنوب باختر، موجب نزول بارش‌های فرین در منطقه می‌شود (۲۹). بررسی روند بارش‌های حدی در چین در دوره آماری ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۲ با تقسیم این کشور به ۹ منطقه حاکی از این است که شمال شرق، شرق و حوضه رود زرد، روند کاهشی را طی ۵۰ سال اخیر تجربه کرده، در حالی که شش منطقه دیگر روند افزایشی دارند. همچنین نتایج نشان داد دلایلی که منجر به تغییرات بارش‌های حدی در چین می‌شود شامل شاخص انسو، شدت مونسون شرق آسیا، گردش باد و گرمایش جهانی می‌شود، ولی فقط محدود به این فاکتورها نیست (۶). مطالعه روند نمایه‌های فرین بارش در بخش‌های جنوبی چین و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور و ارزیابی تأثیر گردش عمومی جو بر این تغییرات (۳۲) نشان داد که تقویت گردش آنتی‌سیکلونی، تضعیف جریان مونسونی، انتقال بخار آب در اوراسیا و افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل در دگرگونی بارش‌های فرین جنوب چین موثر است. همچنین در پژوهشی دیگر، ارزیابی روند نمایه‌های فرین بارش چین و رابطه آنها با الگوهای دور پیوندی برای سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۴ نشان داد که همه شاخص‌های حدی بارش به جز SDII و R10 دارای روند کاهشی هستند که نشانگر تمایل آب و هوای منطقه به خشکی است همچنین نتایج ثابت کرد که تغییر در این نمایه‌ها زیر تأثیر نمایه‌های انسو، موسمی تابستانه آسیای شرقی (EASM^۱) و نمایه دهه‌ای اقیانوس آرام (PDO^۲) است (۳۱). بررسی روند نمایه‌های فرین دما و بارش چین در دوره ۲۰۱۳-۱۹۶۰ و رابطه آن با الگوهای دور پیوندی و گردش عمومی جو حاکی از این است که از بین الگوهای دور پیوندی مورد مطالعه، نمایه فشار زیاد نیمه گرمسیری غرب اقیانوس آرام (WPSHII) و نوسان قطب شمال (AO^۳) بیشترین تأثیر را بر نمایه‌های فرین داشته و در تغییر اقلیم منطقه مؤثر است (۲۴).

در پژوهش‌های صورت گرفته داخلی، واکاوی نمایه‌های فرین بارش به جهت نمایان‌سازی تغییر آب و هوای خراسان بزرگ طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۶۶ نشان داد که در شمال شرق

و شرق کشور به غیر از منطقه قوچان و تا حدی بجنورد، دیگر مناطق تغییرات شدید بارشی را در طی ۲۵ سال اخیر تجربه کرده‌اند. همچنین نتایج حاکی از این است که تأثیر عامل عرض جغرافیایی نسبت به ارتفاع در تغییر اقلیم منطقه بارزتر می‌باشد، چرا که ایستگاه‌هایی که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر واقع شده‌اند در تعدادی از شاخص‌های حدی، روند افزایشی را از خود نشان می‌دهند. در حالی که ارتفاع زیاد ایستگاه‌هایی که در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر قرار گرفته‌اند، نتوانسته است روندهای افزایشی، از بین نمایه‌های فرین بارش را برجسته سازد (۱). در پژوهشی دیگر به منظور شناسایی تغییرات آب و هوا در ایران با استفاده از نمایه‌های تغییر اقلیم طی دوره ۱۹۶۲ تا ۲۰۰۴، نتایج تحقیق نشان داد که شاخص‌های فرین گرم طی دوره مورد مطالعه رو به افزایش است، در حالی که روند شاخص‌های فرین سرد منفی و رو به کاهش است. امواج گرمایی طولانی‌تر شده و برعکس، امواج سرد کوتاه‌تر شده‌اند (۳). همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که فراوانی رخداد بارش‌های فرین رو به فزونی است. کما اینکه مطالعه روند رخدادهای فرین آب و هوایی در شمال شرق ایران نشان داد که نمایه‌های فرین گرم رو به فزونی رفته که این تغییرات برای نمایه‌های روزهای تابستانه، تعداد شب‌های گرمسیری و همچنین روز و شب‌های گرم معنی‌دار بود. در صورتیکه نمایه‌های فرین سرد روند نزولی داشته که حاکی از کاهش شدت و بسامد رخدادها و روز و شب‌های سرد است. روند نزولی بارش در بررسی همه شاخص‌های بارش، وجود داشت، هر چند تعداد کمی روند معنادار در طول دوره مورد مطالعه مشاهده شد (۱۰). مطالعه تغییرپذیری و آنالیز نوسانات بارش‌های فرین باختر و شمال باختری ایران طی دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۴۰ نشان داد که بارش‌های مفرط در طول ۵ دهه گذشته روند کاهشی را ثبت نموده که این روند کاهشی در رابطه با رفتار شاخص‌های پیوند از دور AO، NAO و ENSO و به علاوه مراکز موثر بر بارش ناحیه از قبیل فشار زیاد سیبری، کم‌فشار سودانی و کم‌فشار مدیترانه است (۲۰). آشکارسازی و تعیین سهم اثرات محرک‌های مختلف تغییر اقلیم بر تغییرات بارش‌های

³ The Arctic Oscillation

¹ The East Asian Summer Monsoon

² The Pacific Decadal Oscillation

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

در پژوهش حاضر، برای بررسی تغییرات رخدادهای فرین بارش، شمال‌باختری ایران به دلیل متأثر بودن از خشکی دریاچه ارومیه و خطرهای محیط‌زیستی پیش‌رو، مورد بررسی قرار گرفت. منطقه مورد نظر شامل استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، زنجان و کردستان است (شکل ۱). در واقع علت انتخاب این محدوده واقع شدن آن در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه به عنوان بزرگ‌ترین آبخیز دائمی در آسیای غربی واقع در شمال غربی فلات ایران است. حوضه آبخیز دریاچه ارومیه، ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع و معادل بیش از ۳٪ مساحت کل کشور ایران می‌باشد. این دریاچه توسط مجموع ۶۰ رودخانه سیرآب می‌شود که ۲۱ رودخانه دائمی یا فصلی هستند و ۳۹ مورد دیگر دوره‌ای می‌باشند. از این میان زرينه رود، سيمينه رود و آجي چای ورودی‌های اصلی به دریاچه ارومیه می‌باشند. این حوضه با داشتن دشتهایی مانند دشت ارومیه، تبریز، آذرشهر، بوکان، بناب، ملکان، میاندوآب، مهاباد، نقده، سلماس، پیرانشهر و اشنویه، یکی از کانون‌های ارزشمند فعالیت کشاورزی و دامداری در ایران به‌شمار می‌رود (۸).

داده‌های مورد استفاده

در پژوهش پیش‌رو از داده‌های بارش روزانه ۲۰ ایستگاه همدیدی که دارای آمار بلند مدت و قابل اطمینان بودند، در دوره زمانی ۱۳۶۵-۱۳۹۰ استفاده شد. با توجه به اینکه در ارزیابی رویدادهای فرین، به داده‌های اقلیمی طولانی مدت با کیفیت بالا و قابل اعتماد با تفکیک روزانه یا بالاتر مورد نیاز است (۹)، بر این اساس به عنوان گام آغازین کنترل کیفی و ارزیابی همگنی داده‌ها با بسته نرم‌افزاری RCLIMDEX انجام شد که با عنوان ابزار پذیرفته شده بوسیله ETCCDI^۵ معرفی شده است.

حدی جنوب غرب کشور با بهره‌گیری از متد انگشت نگاری مطلوب^۱ نیز حاکی از این است که بهره سیکنال تأثیرهای مرکب انسانی و طبیعی^۲ (ALL) در دگرگونی نزولات حدی دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۵۱ قابل آشکارسازی و تناسب دهی هستند، اما هیچ‌گونه آشکارسازی برای تأثیرهای مستقل طبیعی^۳ (NAT) و تأثیرات مستقل گازهای گلخانه‌ای^۴ (GHG) تایید نگردید (۲۱). مطالعه روند تغییرات نمایه‌های فرین بارش روزانه ایران طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۸۲ نشان می‌دهد که طی دوره مطالعاتی، کل فراسنج‌های حدی بارش کشور با تغییر و شیب مواجه است. همچنین، بیشتر ایستگاه‌ها با نزول بارش سالیانه و فزونی روزهای خشک مواجه شده است (۱۷). علاوه بر پژوهش‌های فوق، بررسی‌های دیگری نیز در زمینه تغییرات بارش‌های فرین در کشور (۱۵، ۱۸، ۱۹، ۲۲) انجام شده است.

یکی از مهم‌ترین مشکلات - محیط‌زیستی شمال غرب ایران خشکی دریاچه ارومیه است که موجب بیابان‌زایی در محدوده پیرامونی دریاچه شده است. بیابان‌زایی فرآیند تخریب و نابودی زیست‌بوم‌های طبیعی مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب است که کاهش تولید بایومس و بروز اثرات تخریب خاک یا فرسایش را به دنبال دارد. بیابان‌زایی بر اثر عوامل طبیعی نظیر متغیرهای اقلیمی و فعالیت‌های انسانی روی می‌دهد و تأثیر آن بر فرایندهای اکولوژیک بسیار زیاد و پیچیده است؛ نظیر تأثیر منفی بر ویژگی‌های گیاهی مانند زیست‌توده، تراکم و مساحت اراضی زیر پوشش گیاهی، کاهش تنوع زیستی و باروری خاک و تغییر در چشم‌انداز نواحی خشک در مقیاس‌های متنوع جغرافیایی (۹). بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی تغییرات بارش شمال غرب ایران زیر تأثیر گرم شدن کره زمین و تغییر آب و هوا که موجب تغییر در چرخه آب‌شناسی و به تبع آن بارش‌های فرین می‌شود. با تعیین مجموعه استاندارد از نمایه‌های تخصصی و ارزیابی دلیل‌های این تغییرات از نظر تغییر در گردش عمومی جو می‌توان تأثیر آن بر روند خشکی منطقه را بررسی کرد.

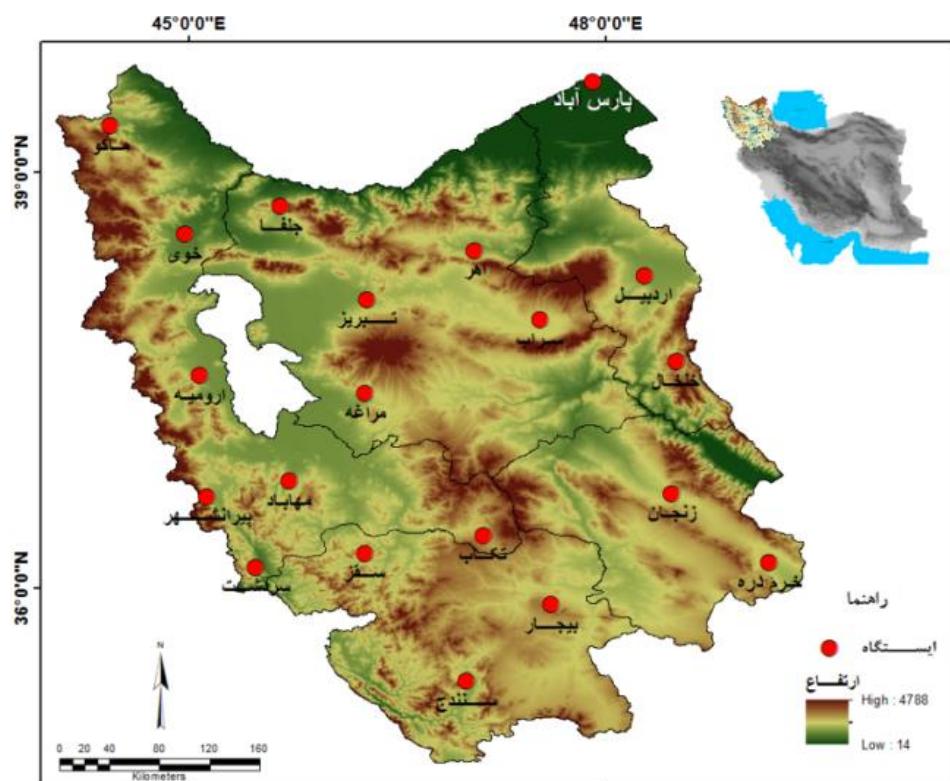
^۴ Greenhouse gases forcing alone

^۵ The Expert Team on Climate Change Detection and Indices

^۱ Optimal Fingerprinting

^۲ Combined Effect of External Anthropogenic and Natural Forcing

^۳ Anthropogenic forcing alone



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در شمال غرب ایران

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)
مهاباد	۳۶/۷۶	۴۵/۷۲	اردبیل	۳۸/۲۴	۴۸/۲۹
مراغه	۳۷/۳۸	۴۶/۲۳	زنجان	۳۶/۶۸	۴۸/۵۰
ارومیه	۳۷/۵۴	۴۵/۰۷	پارس آباد	۳۹/۶۴	۴۷/۹۱
سقز	۳۶/۲۴	۴۶/۲۷	بیجار	۳۵/۹۸	۴۷/۶۸
خلخال	۳۷/۳۸	۴۸/۶۰	تکاب	۳۶/۳۹	۴۷/۱۰
سهند	۳۷/۷۲	۴۶/۵۰	سنندج	۳۵/۳۱	۴۶/۹۹
تبریز	۳۸/۰۷	۴۶/۲۸	پیرانشهر	۳۶/۶۹	۴۵/۱۴
ماکو	۳۹/۲۹	۴۴/۴۶	خوی	۳۸/۵۴	۴۴/۹۵
جلفا	۳۸/۹۳	۴۵/۶۲	خرمدره	۳۶/۲۰	۴۹/۱۹
سردشت	۳۶/۱۵	۴۵/۴۷	اهر	۳۸/۴۷	۴۷/۰۶

روش‌های مورد استفاده

محاسبه نمایه‌های فرین بارش

به منظور مطالعه تغییرات نمایه‌های فرین بارش در شمال‌باختری ایران، ۱۱ نمایه فرین بارش (جدول ۱) معرفی شده توسط تیم کارشناسی شناسایی تغییر اقلیم و

شاخص‌ها (ETCCDMI) استفاده شد (۱۶). این شاخص‌ها توسط نرم‌افزار RClimDex و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ برآورد شد. با استفاده از این نرم‌افزار، شاخص‌های بارش محاسبه شده و روند و نرخ روند تغییر شاخص‌ها به صورت نقشه نمایش داده شد.

جدول ۲. فهرست و تعاریف نمایه‌های فرین بارش

نمایه	نام تشریحی	تعریف
RX1DAY	بیشینه بارش ۱ روزه	بیشینه بارش ۱ روزه
RX5DAY	بیشینه بارش ۵ روزه	بیشینه بارش ۵ روز متوالی
R95P	روزهای بسیار مرطوب	مجموع سالیانه بارش روزهای با بارش افزون بر صدک ۹۵ دوره پایه
R99P	روزهای فوق مرطوب	مجموع سالیانه بارش روزهای با بارش افزون بر صدک ۹۹ دوره پایه
R10	شمار روزهای با بارش سنگین	تعداد سالانه روزهای با بارندگی بیشتر و یا مساوی ۱۰ mm
R20	شمار روزهای با بارش خیلی سنگین	شمار سالیانه روزهای با بارندگی بیشتر و یا مساوی ۲۰ mm
R25	روزهای با بارش بیش از ۲۵ mm	شمار سالیانه روزهای با بارندگی بیشتر و یا مساوی ۲۵ mm
CDD	بیشینه طول دوره خشک	بیشینه تعداد روزهای پیاپی با بارش کمتر از ۱ mm
CWD	بیشینه طول دوره مرطوب	بیشینه تعداد روزهای پیاپی با بارش بیشتر و یا مساوی ۱ mm
SDII	شاخص ساده شدت بارش روزانه	مجموع بارش سالیانه تقسیم بر تعداد روزهای تر (بارش افزون و یا مساوی ۱ mm)
PRCPTOT	مجموع بارش سالیانه روزهای تر	مجموع بارش سالیانه روزهای تر (بارش افزون و یا مساوی ۱ mm)

منبع: <http://ccma/seos.uvic.ca/ETCCDMI>

آزمون معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها

برای مقایسه دو میانگین از آزمون t استفاده شد (رابطه)

(۱)

$$t_c = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

که در آن X_1 و X_2 میانگین دو دوره آماری، n_1 و n_2 به ترتیب تعداد سال‌های دوره اول و دوم و S_p انحراف معیار می‌باشد که از رابطه ۲ به دست آمد:

$$S_p = \left(\frac{\left[\sum x_{1j}^2 + \frac{(\sum x_{1j})^2}{n_1} \right] + \left[\sum x_{2j}^2 + \frac{(\sum x_{2j})^2}{n_2} \right]}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{0.5} \quad (2)$$

که در آن n_1 و n_2 به ترتیب تعداد سال‌های دوره اول و دوم می‌باشد و X_{1j} و X_{2j} به ترتیب مقدار z ام در سری اول و دوم می‌باشد. پس از محاسبه مقادیر فوق، t_c با t جدول student t با درجه آزادی $n_1 + n_2 - 2$ و سطح اطمینان (a) ۵٪ مقایسه گردید.

مطالعه گردش اتمسفری

برای بررسی تغییرات گردش کلی بزرگ مقیاس اتمسفر و ارزیابی تأثیر گردش اتمسفری در رویدادهای حدی اقلیمی، داده‌های ترکیبی متوسط سالانه گردش اتمسفر^۱ مقطع زمانی ۱۳۶۴-۱۳۴۰ که نمایشگر آب و هوای گذشته

و دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۵ به نمایندگی عصر نوین بر پایه داده‌های واسنجی شده NCEP/NCAR استخراج شد. سپس نقشه‌های تفاضل^۲ به وسیله کسر چارچوب زمانی جدید از مقطع زمانی پیشین جهت آشکارسازی تغییرات گردش کلی اتمسفر در دو دوره فوق با بکارگیری نرم‌افزار Grads تولید گردید. نقشه‌های مرکب با بکارگیری پارامترهای GPT سطح ۵۰۰ mb، حرکت قائم سطحی، تاوانی نسبی سطح ۵۰۰ mb، آب بارش‌پذیر و میزان بارش تهیه شد. در ادامه، نقشه‌ها تحلیل گردیده و نتایج آن با برونداد فراسنج‌های بارش حدی مقایسه شد تا تأثیر گردش کلی اتمسفر بر شیب تغییرات بارش آشکار شد.

■ نتایج و بحث

تحلیل روند نمایه‌های فرین بارش

پس از محاسبه نمایه‌های فرین بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه در شمال غرب ایران، همانند پژوهش‌های مشابه روند منطقه‌ای این شاخص‌ها و درصد ایستگاه‌های با روند مثبت و منفی مشخص شد (۳، ۸ و ۱۸). به منظور مقایسه شاخص‌ها در دو مقطع زمانی از آزمون مقایسه میانگین (رابطه ۱) برای دو دوره ۱۳۷۷-۱۳۶۵ و ۱۳۹۰-۱۳۷۸ استفاده و نتایج آن مورد واکاوی قرارگرفت (جدول ۴). سپس نمودار روند داده‌های حدی ترسیم (شکل ۲) و

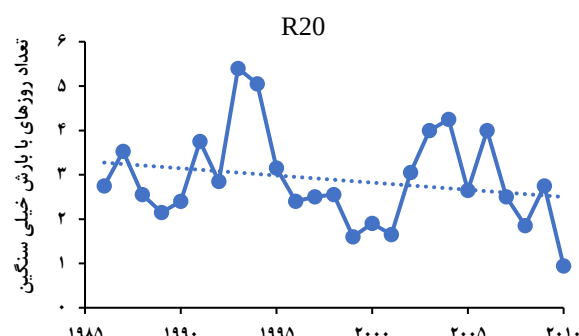
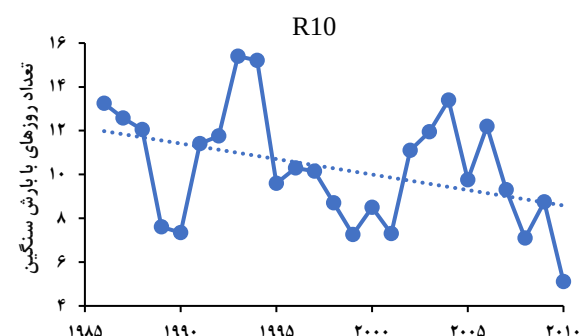
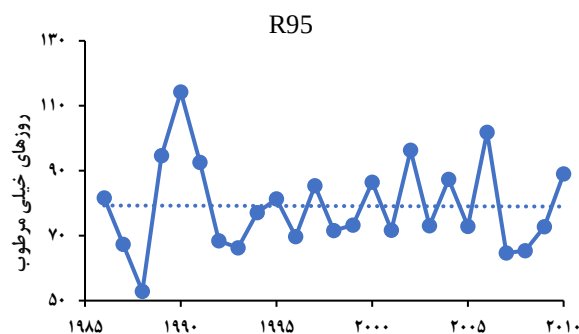
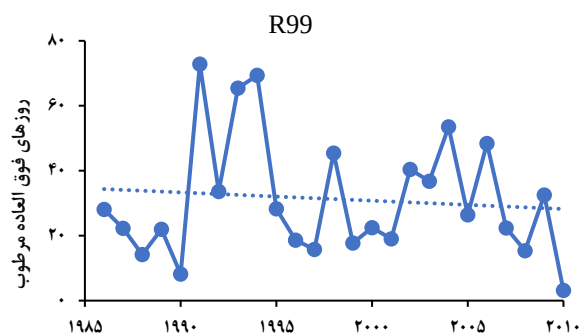
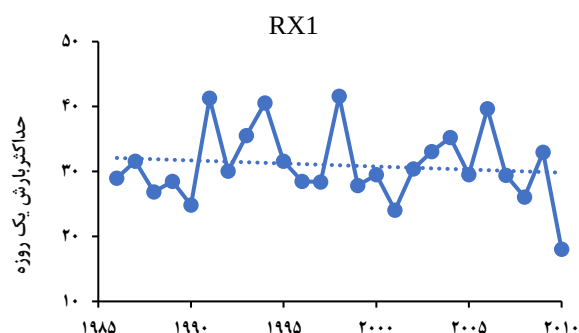
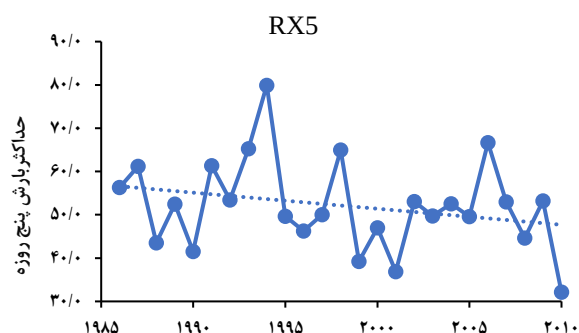
² Difference Map¹ Mean Circulation Composites

جز شاخص بیشینه طول دوره رشد (CDD) دارای روند کاهشی هستند (جدول ۳ و شکل ۲).

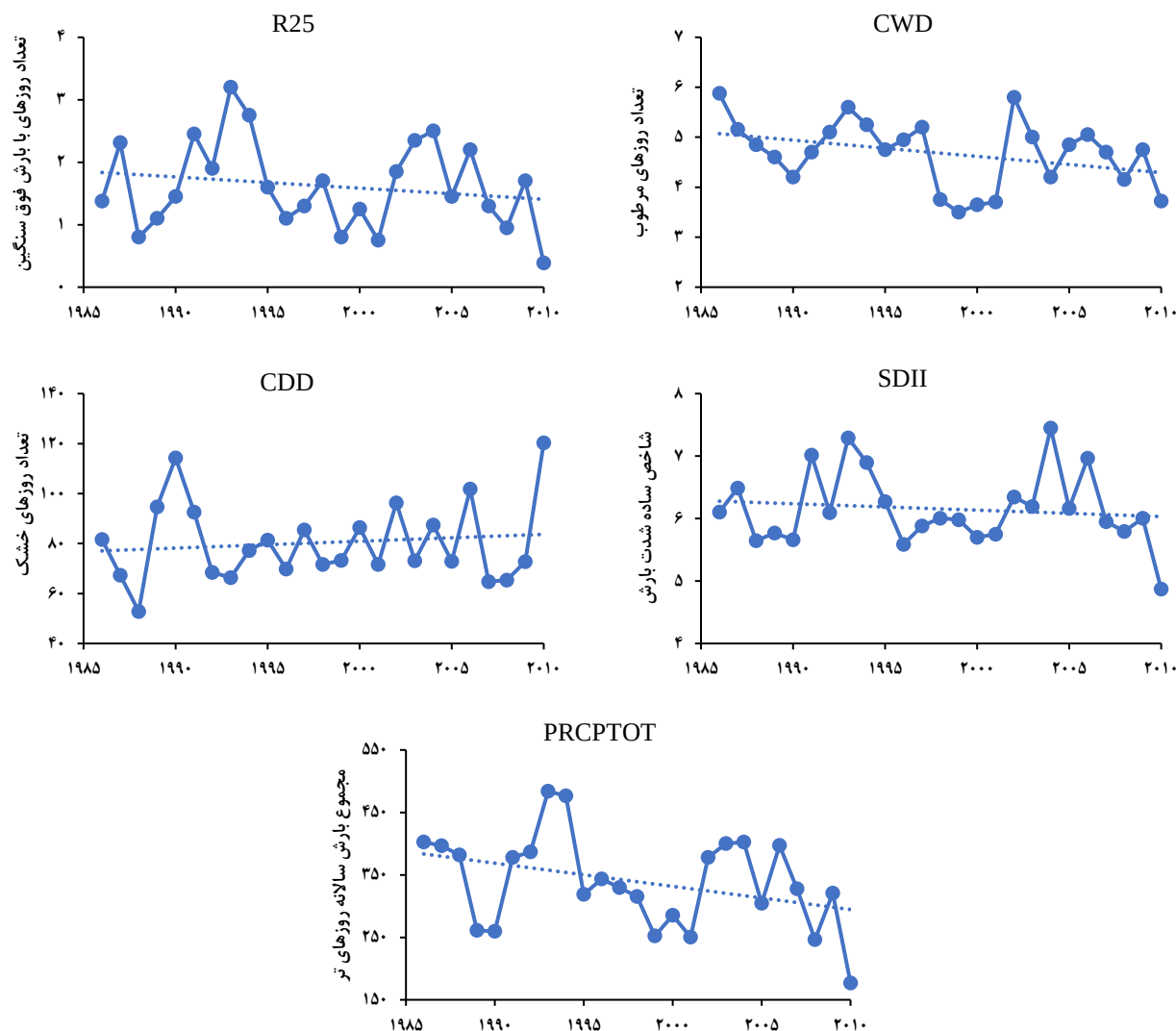
پراکندگی فضایی شیب هر کدام از شاخص‌ها به صورت نقشه تهیه شد (شکل‌های ۳ تا ۶). شاخص‌های بارش به

جدول ۳. روند منطقه‌ای شاخص‌های حدی بارش و درصد ایستگاه‌های با روند مثبت و منفی

شاخص دمایی	روند منطقه‌ای	دامنه	درصد ایستگاه‌های با روند مثبت	درصد ایستگاه‌های با روند منفی
RX1 _{day}	-۰/۰۷	۱/۳۶ تا -۰/۶۱	%۲۵	%۷۵
RX5 _{day}	-۰/۳۳	۱/۱۸ تا -۱/۳۵	%۲۰	%۸۰
R95 _p	-۰/۶۶	۵/۲۱ تا -۳/۱۵	%۳۰	%۷۰
R99 _p	-۰/۲۱	۳/۹۹ تا -۲/۶۵	%۳۵	%۶۵
R10	-۰/۱۳	۰/۰۳ تا -۰/۳۸	%۳۰	%۷۰
R20	-۰/۰۳	۰/۱۴ تا -۰/۱۱	%۲۵	%۷۵
R25	-۰/۰۲	۰/۱۱ تا -۰/۰۷	%۲۰	%۸۰
CDD	۰/۲۳	۲/۵۴ تا -۱/۰۸	%۵۵	%۴۵
CWD	-۰/۰۳	۰/۰۷ تا -۰/۰۹	%۵	%۹۵
SDII	-۰/۰۱	۰/۱۰ تا -۰/۰۶	%۴۰	%۶۰
PRCPTOT	-۳/۴۴	۲/۸۳ تا -۸/۳۰	%۱۵	%۸۵



شکل ۲. منحنی توزیع داده‌های حدی و روند تغییرات آن در طول زمان



ادامه شکل ۲. منحنی توزیع داده‌های حدی و روند تغییرات آن در طول زمان

سقر و تکاب و بیش‌ترین روند افزایشی در ایستگاه سردشت دیده می‌شود.

بررسی شاخص‌های تعداد روزهای خیلی مرطوب (شکل ۴-الف) و فوق‌العاده مرطوب (شکل ۴-ب) در شمال غرب ایران نشان می‌دهد که هر دو شاخص دارای روند کاهشی هستند، ولی شاخص تعداد روزهای خیلی مرطوب روند کاهشی شدیدتری نسبت به تعداد روزهای فوق‌العاده مرطوب دارد. ۷۰٪ ایستگاه‌های منطقه با کاهش تعداد روزهای خیلی مرطوب و حدود ۶۵٪ با کاهش تعداد روزهای فوق‌العاده مرطوب روبه‌رو هستند. از نظر هر دو شاخص، ایستگاه‌های سقر و تکاب دارای بیشترین روند کاهشی و سردشت دارای بیشترین روند افزایشی است.

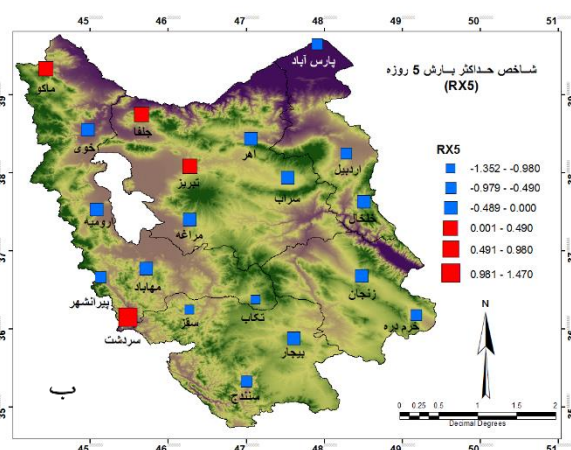
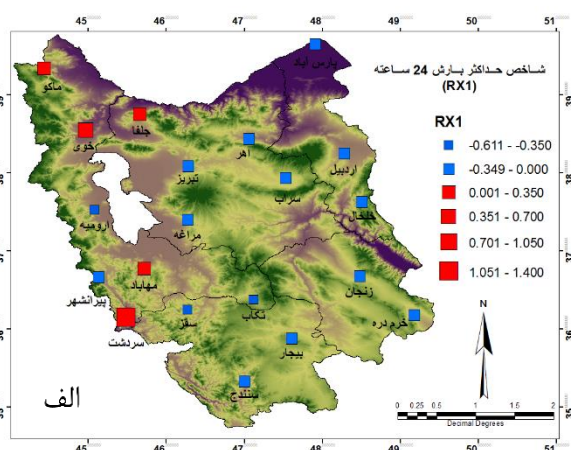
توزیع فضایی شیب شاخص‌های بیشینه بارش ۱ روزه ($RX1_{day}$) و ۵ روزه ($RX5_{day}$) در شمال غرب ایران حاکی از این است که در مجموع ۷۵٪ ایستگاه‌های منطقه با کاهش بیشینه بارش یک‌روزه و ۸۰٪ با کاهش بیشینه بارش پنج‌روزه مواجه هستند (شکل ۳ و جدول ۳). قابل ذکر است که شدت شیب نزولی این نمایه‌ها نسبت به شیب صعودی در ایستگاه‌های مطالعاتی، بیشتر است. به طور میانگین، مقدار بیشینه بارش یک‌روزه در شمال غرب ایران در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۶ حدود ۰/۰۷mm در دهه (شکل ۳-الف) و مقدار بیشینه بارش پنج‌روزه (شکل ۳-ب) حدود ۰/۳۳mm در دهه کاهش یافته‌است. بیش‌ترین روند کاهشی بیشینه بارش یک‌روزه و پنج‌روزه در ایستگاه‌های

از نظر R25 نیز، ۸۰٪ ایستگاه‌های منطقه دارای روند کاهشی هستند و میزان روند کاهشی این شاخص ۰/۰۲ روز در دهه می‌باشد. ایستگاه بیجار و پیرانشهر با کاهش تعداد روزهای بارش بیش از ۲۵mm و ایستگاه سردشت با افزایش این شاخص روبرو بوده‌اند (شکل ۵-ج). در مجموع می‌توان گفت طی ۲۵ سال اخیر هر سه شاخص فوق، روند کاهشی داشته‌اند، ولی شاخص R10 روند کاهشی شدیدتری نسبت به دو شاخص دیگر داشته است. نتایج به دست آمده همانند کارهای مشابه (۸ و ۳)، حاکی از کاهش مقدار بارش در شمال غرب کشور در دهه‌های آینده و افزایش خشکی است.

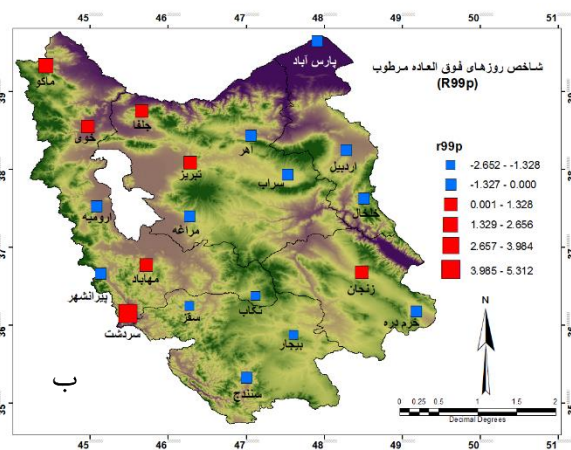
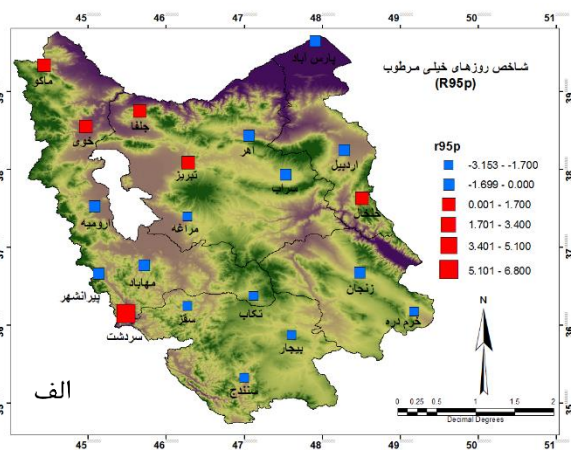
روند شاخص بیشینه طول دوره مرطوب (CWD) تنها در ایستگاه سراب مثبت بود و در دیگر ایستگاه‌ها، روند این شاخص منفی و کاهشی می‌باشد.

بررسی نمایه‌های شمار روزهای بارش سنگین و خیلی سنگین (R10، R20 و R25) در شمال غرب ایران نشان داد که در طی دوره مورد مطالعه شیب این شاخص‌ها در اکثر ایستگاه‌ها کاهشی و فراوانی آنها پایین است. از نظر شاخص R10، ۷۰٪ ایستگاه‌ها دارای روند منفی و ۳۰٪ دارای روند مثبت هستند (شکل ۵-الف). بیشترین شیب افزایشی این شاخص در جلفا و سردشت و بیشترین شیب کاهشی در پیرانشهر و تکاب دیده می‌شود. میزان این شاخص به طور میانگین حدود ۰/۱۳ روز در دهه کاهش می‌یابد. در طی دوره مورد مطالعه، حدود ۷۵٪ ایستگاه‌های منطقه از نظر شاخص R20 روند کاهشی دارند که میزان این روند به طور میانگین ۰/۰۳ روز در دهه است.

بیشترین شیب کاهشی این شاخص در ایستگاه‌های سنندج و پیرانشهر و بیشترین شیب افزایشی در سردشت مشاهده می‌شود (شکل ۵-ب).



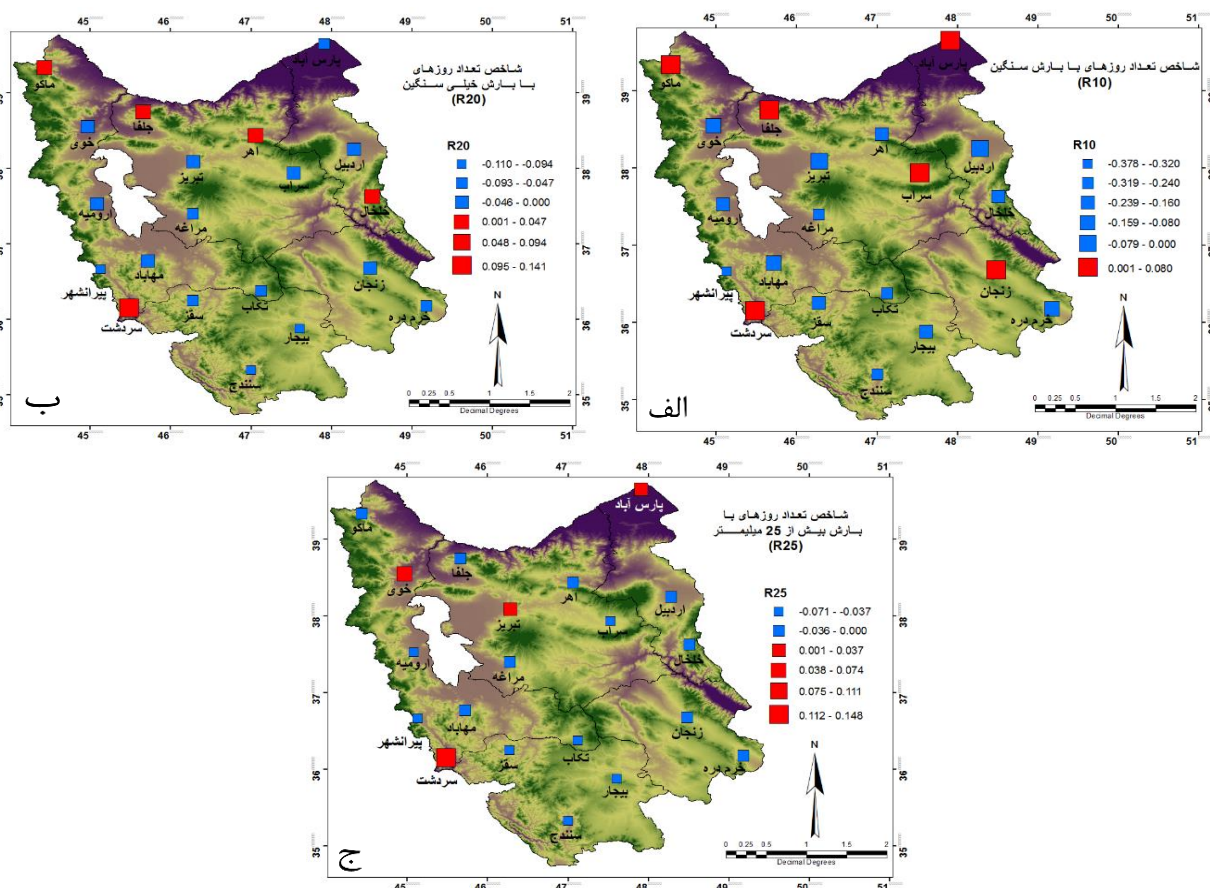
شکل ۳. توزیع فضایی شیب شاخص‌های بیشینه بارش ۱ روزه (الف) و ۵ روزه (ب)



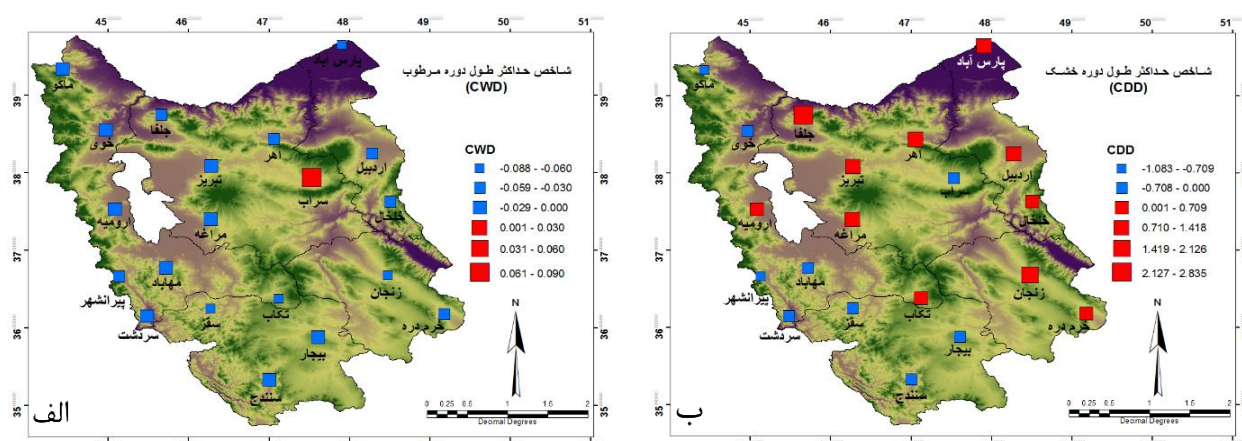
شکل ۴. توزیع فضایی شیب شاخص‌های روزهای خیلی مرطوب (الف) و فوق‌العاده مرطوب (ب)

(شکل ۶). بنابراین از یک‌سو تعداد روزهای مرطوب متوالی در اکثر ایستگاه‌ها با تقلیل مواجه شده و از دیگر سو شمار روزهای متوالی خشک با افزونی در بیش از ۵۰٪ ایستگاه‌ها روبرو شده است. از این رو می‌توان گفت در طول ۲۵ سال گذشته در شمال غرب ایران تعداد روزهای خشک در طول سال افزایش یافته است که این موضوع می‌تواند در مسائل مربوط به کشاورزی اهمیت زیادی داشته باشد.

تعداد روزهای مرطوب متوالی با شیب ۰/۳٪ روز در دهه در حال کاهش است. فراسنج بیشینه طول دوره خشک (CDD) روند افزایشی را در اکثر ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که حاکی از افزونی خشکی سالیانه در منطقه مطالعاتی می‌باشد. در مجموع بیشتر ایستگاه‌های غربی منطقه که در مسیر توده‌های باران‌آور قرار دارند دارای شیب نزولی هستند، اما سایر نواحی شیب صعودی را نشان داده اند



شکل ۵. توزیع فضایی شیب تعداد روزهای بارش سنگین (الف)، خیلی سنگین (ب) و بیش از ۲۵mm (ج)



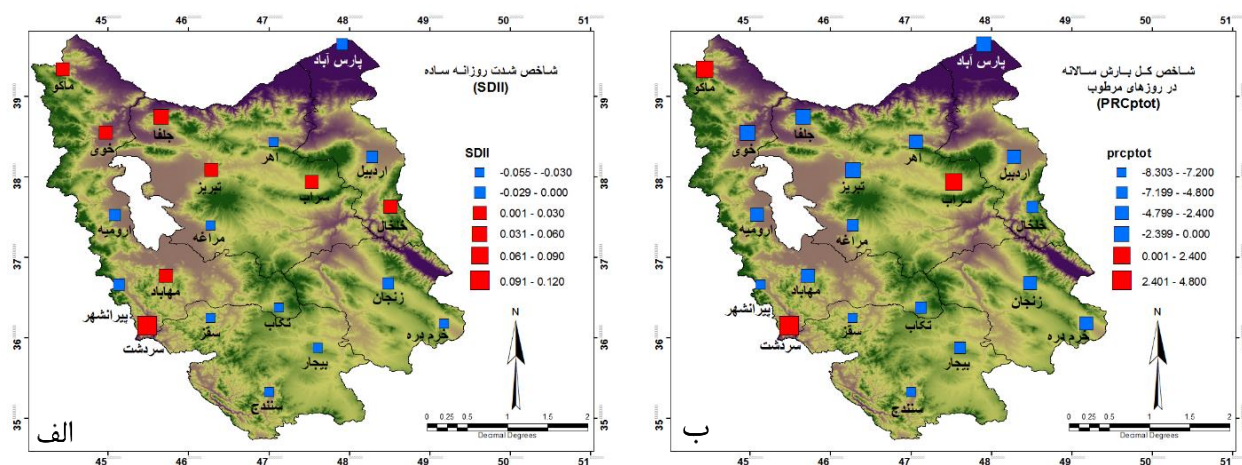
شکل ۶. توزیع فضایی شیب شاخص بیشینه طول دوره مرطوب متوالی (الف) و بیشینه طول دوره خشک (ب)

۰/۰۶mm در دهه و شدیدترین روند افزایشی در سردشت به میزان ۰/۱mm در دهه می‌باشد (شکل ۷-ب) که به خوبی خروجی‌های پژوهش دیگری که در این زمینه انجام شده را تایید می‌کند (۱۸).

آزمون معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها

به منظور مقایسه شاخص‌ها در دو مقطع زمانی از آزمون مقایسه میانگین (رابطه ۱) برای دو دوره ۱۳۶۵-۱۳۷۷ و ۱۳۷۸-۱۳۹۰ استفاده گردید که جزئیات آن در بخش مواد و روش‌ها ذکر گردیده است. همانگونه که مشهود است (جدول ۴)، به غیر از دو شاخص R10 و PRCPTOT که تفاوت معنی‌دار در دو دوره را نشان می‌دهند، سایر شاخص‌ها حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار بین دو دوره می‌باشد.

شاخص PRCPTOT که نشان‌دهنده مقدار سالانه بارش در روزهای مرطوب می‌باشد، در ۸۵٪ ایستگاه‌های منطقه دارای روند کاهشی بوده و میزان کاهش بارش در منطقه محسوس است (شکل ۷-الف). به طور میانگین، میزان این شاخص حدود ۳/۴۴mm در دهه کاهش می‌یابد. بیش‌ترین روند کاهشی آن در ایستگاه‌های پیرانشهر، سنندج و سقز و بیش‌ترین روند افزایشی در ایستگاه‌های سردشت و ماکو دیده می‌شود. شاخص ساده شدت بارش روزانه (SDII) در ۶۰٪ ایستگاه‌های شمال غرب ایران روند کاهشی و در ۴۰٪، روند افزایشی دارد که تاییدی بر کارهای انجام شده مشابه در این زمینه می‌باشد (۸، ۱۸). مقدار کاهش شدت بارش روزانه به طور میانگین ۰/۰۱mm در دهه است. شدیدترین روند کاهشی در بیجار به میزان



شکل ۷. توزیع فضایی شاخص شدت روزانه ساده (الف) و مقدار سالانه بارش در روزهای مرطوب (ب)

جدول ۴. آزمون معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها

شاخص حدی	آماره T	P-VAIUE	وضعیت
RX1 _{day}	۰/۶۶۴	۰/۵۱۹	تایید فرض صفر
RX5 _{day}	۱/۷۵۶	۰/۱۰۵	تایید فرض صفر
R95 _p	-۰/۴۱۷	۰/۶۸۴	تایید فرض صفر
R99 _p	۰/۶۹۹	۰/۴۹۸	تایید فرض صفر
R10	۲/۴۲۸	۰/۰۳۲	رد فرض صفر
R20	۱/۸۳۳	۰/۰۹۲	تایید فرض صفر
R25	۱/۳۵۴	۰/۲۰۱	تایید فرض صفر
CDD	-۰/۴۱۷	۰/۶۸۴	تایید فرض صفر
CWD	۲/۱۲۵	۰/۰۵۵	تایید فرض صفر
SDII	۰/۶۱۳	۰/۵۵۱	تایید فرض صفر
PRCPTOT	۲/۲۳۳	۰/۰۴۵	رد فرض صفر

تغییرات در گردش بزرگ مقیاس جوی

نتایج تحلیل فصل زمستان

نقشه تفاضل آب قابل بارش (شکل ۸-الف) بین سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۵ و ۱۳۶۴-۱۳۴۰ حاکی از این است که کل پهنه کشور کاهش میزان این پارامتر را نشان می‌دهد که این مقدار برای منطقه مورد مطالعه به 1 kg/m^2 و برای جنوب غرب کشور حتی به 3 kg/m^2 نیز می‌رسد. نکته قابل توجه، وجود مقادیر منفی این پارامتر در کل حوضه دریای مدیترانه، سرخ، سیاه و حتی خلیج فارس است که حاکی از کاهش بار رطوبتی جو منطقه در سال‌های اخیر می‌باشد. مطابق نقشه مرکب تفاضل ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 hp که به صورت رنگی و امگای سطح زمین که با خطوط پربند نشان داده شده، تمام پهنه کشور با افزایش ارتفاع جو روبه‌رو شده که این مقدار در منطقه مورد مطالعه بالغ بر 20 m می‌باشد که نشان دهنده تقویت سامانه پرفشار و پایداری بیشتر جو منطقه است (شکل ۸-ب). افزایش ارتفاع تراز 500 hp به میزان 40 m بر روی بخش عظیمی از منطقه، جو زمستانه منطقه را به شدت پایدار نموده است. محل تلاقی عرض 55° و طول 45° تنها منطقه‌ای است که کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل سطح 500 hp را به مقدار 15 m نشان می‌دهد. خطوط پربند، مقدار امگای سطح زمین را به نمایش می‌گذارد. منطقه شمال‌باختری ایران فزونی میزان حرکت قائم جو به میزان 0.05 p/s را ثبت کرده که همانند نقشه تفاضل ارتفاع ژئوپتانسیل، حاکی از افزایش پایداری جو منطقه در دوره ۱۳۶۴-۱۳۸۶ نسبت به دوره ۱۳۶۵-۱۳۸۵ می‌باشد. نقشه ترکیبی تفاضل چرخندگی نسبی تراز 500 hp و ضخامت جو (شکل ۸-ج) نیز حاکی از تشدید چرخندگی منفی بر روی منطقه است. به عبارت دیگر، در دوره ۱۳۶۴-۱۳۸۶ میزان چرخندگی نسبت به دوره ۱۳۶۵-۱۳۸۵ کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته که نشان‌دهنده تشدید جو پایدار بر روی شمال غرب کشور و بخش عظیمی از ایران است. تنها بخش کوچکی از شمال شرق و جنوب غرب کشور افزایش چرخندگی نسبی مثبت را نمایش می‌دهد. مشاهده نقشه ضخامت جو نیز حکایت از افزایش ارتفاع جو منطقه در فصل زمستان دارد که این مقدار در شمال غرب کشور بالغ بر 3 m بود. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که جو

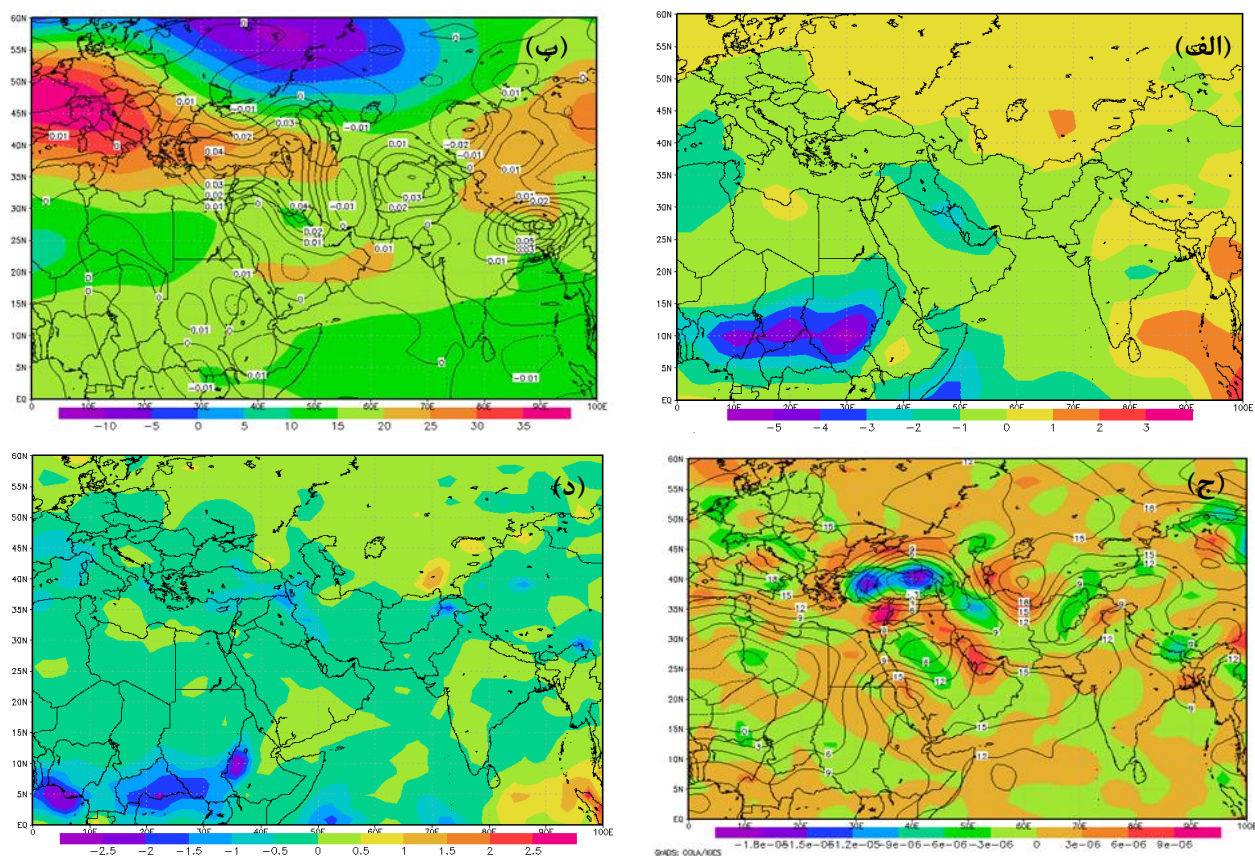
زمستانه منطقه پایدارتر و در نتیجه احتمال وقوع بارش کاهش یافته است.

نقشه تفاضل نرخ بارش زمستانه (شکل ۸-د) حاکی از این است که علاوه بر بیشتر مناطق کشور که افت میزان بارش را به نمایش می‌گذارند، منطقه مورد مطالعه نیز با کاهش 1.5 mm در روز روبرو بوده است.

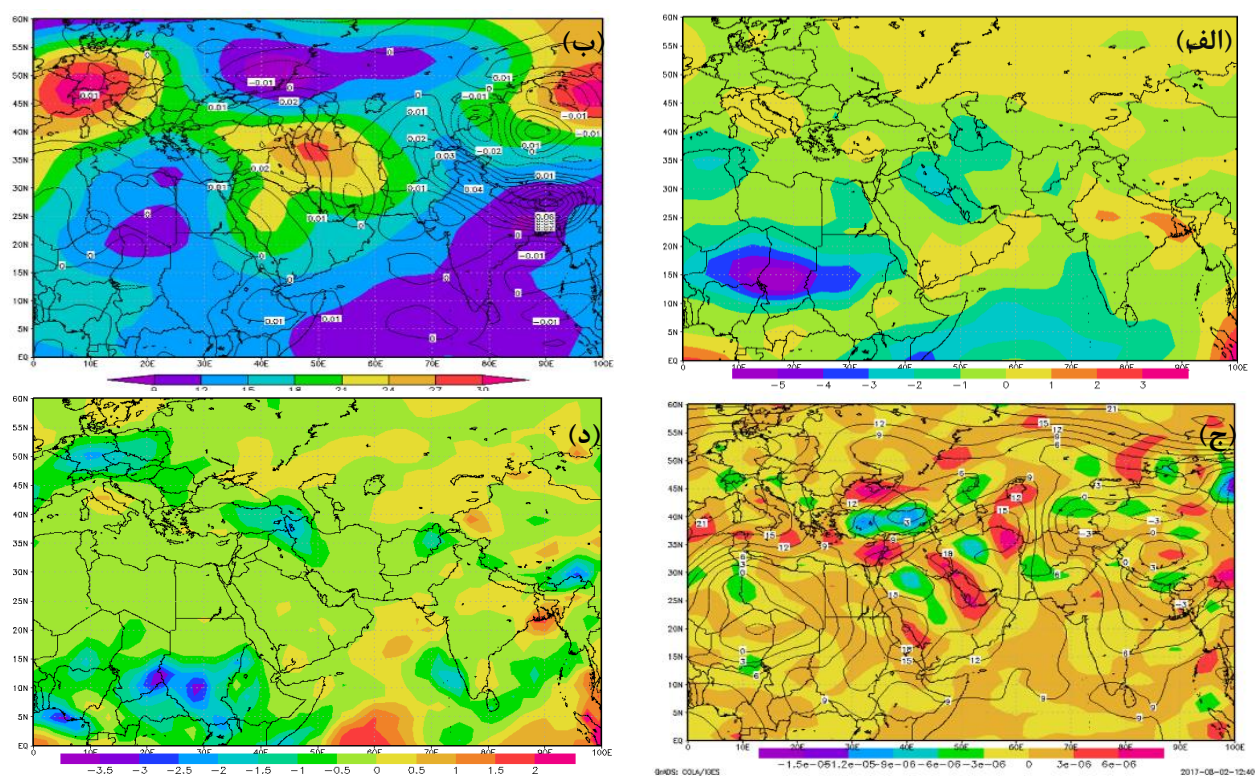
نتایج تحلیل فصل بهار

نقشه تفاضل آب قابل بارش فصل بهار (شکل ۹-الف) کاهش میزان رطوبت جو را حتی به 2 kg/m^2 در بعضی مناطق شمال غرب کشور ثبت کرده است.

نقشه ترکیبی تفاضل ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 hp و امگای سطح زمین بین سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۵ و ۱۳۸۵-۱۳۶۱ فصل بهار (شکل ۹-ب) نشان می‌دهد که کل منطقه خاورمیانه افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 hp را نشان می‌دهد که این میزان برای منطقه مورد مطالعه به 30 m نیز می‌رسد که حاکی از تشدید جو باروتروپیک بر روی منطقه است. نکته حائز اهمیت افزایش بیشتر این پارامتر در عرض‌های میانه نسبت به عرض‌های پایین است که می‌تواند نشانه توسعه سامانه ارتفاع زیاد جنب حاره به نواحی شمالی باشد. میزان حرکت قائم جو نیز در کشور افزایش یافته که برای منطقه شمال غرب کشور این میزان بالغ بر 0.2 p/s بود. جو بهاره منطقه نیز همانند فصل زمستان افزایش پایداری را نشان می‌دهد که کاهش بارندگی را در پی داشته است. نقشه ترکیبی تفاضل چرخندگی نسبی تراز 500 hp و ضخامت جو فصل بهار (شکل ۹-ج) حاکی از کاهش چرخندگی نسبی بر روی منطقه مورد مطالعه است؛ نقشه ضخامت جو نیز افزایش ارتفاع جو در کل پهنه کشور را نشان می‌دهد که این مقدار برای منطقه مورد مطالعه به 15 m متر نیز رسیده که پایداری جو منطقه را از طریق گردش عمومی جو به خوبی توجیه می‌نماید. در نقشه تفاضل نرخ بارش (شکل ۹-د) علاوه بر کل کشور، خاورمیانه و حتی اروپا که افت میزان بارش را ثبت نموده، این میزان برای شمال غرب کشور به 2.5 mm در روز رسیده که زنگ خطری برای تشدید خشکسالی بر روی منطقه است.



شکل ۸. نقشه ترکیبی تفاضل آب قابل بارش (الف)، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ hp و امگای سطح زمین (ب)، تفاضل چرخندگی نسبی تراز ۵۰۰ hp و ضخامت جو (ج) و تفاضل نرخ بارش (د) فصل زمستان



شکل ۹. نقشه ترکیبی تفاضل آب قابل بارش (الف)، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ hp و ام گای سطح زمین (ب)، تفاضل چرخندگی نسبی تراز ۵۰۰ hp و ضخامت جو (ج) و تفاضل نرخ بارش (د) فصل بهار

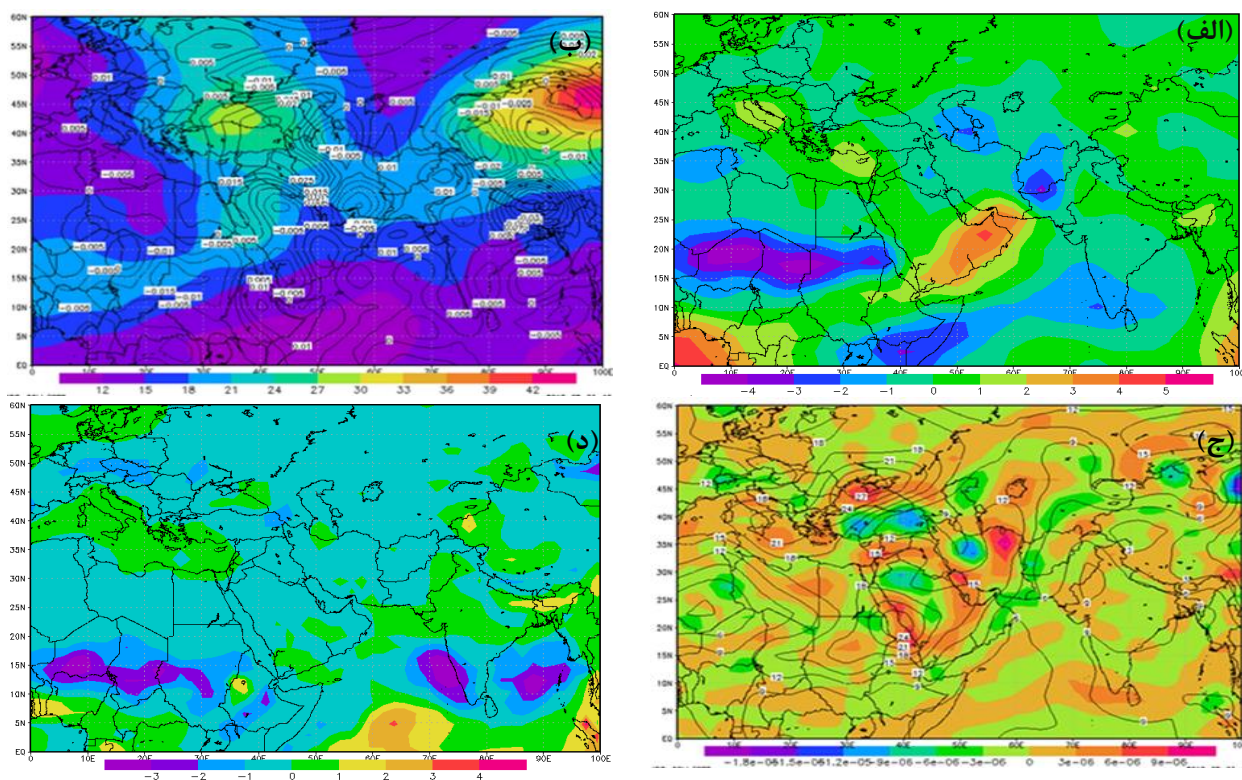
نتایج تحلیل فصل تابستان

منفی و افزایش ضخامت جو به طور توأمان خبر از افزایش توان فشار زیاد نیمه گرمسیری در تابستان می‌دهد. میزان تغییرات نرخ بارش بین دو دوره برای فصل تابستان نشان می‌دهد که به جزء استان‌های ساحلی دریاچه خزر و کرانه دریای عمان، بقیه مناطق کشور کاهش بارش به مقدار ۱mm در روز را ثبت کرده‌اند (شکل ۱۰-د).

نتایج تحلیل فصل پاییز

نقشه تفاضل آب قابل بارش فصل پاییز (شکل ۱۱-الف) همانند فصول گذشته، کاهش بار رطوبتی جو را به مقدار 1 kg/m^2 بر روی شمال غرب کشور نشان داد که کاهش بارش‌های فصل پاییز منطقه را به خوبی توضیح می‌دهد. نقشه ترکیبی تفاضل ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hp و امگای سطح زمین بین سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۸۶ و ۱۹۸۵-۱۹۶۱ نشان داد که در فصل پاییز نیز که آغاز استیلای موج بادهای غربی بر روی کشور است، تفاضل مثبت به مقدار ۲۴m دیده می‌شود که نشان‌دهنده تضعیف جریانات غربی و در نتیجه حاکمیت جو پایدارتر بر روی منطقه و کل پهنه کشور می‌باشد (شکل ۱۱-ب).

نقشه تفاضل آب قابل بارش فصل تابستان (شکل ۱۰-الف)، کاهش میزان رطوبت جو به مقدار 1 kg/m^2 را نمایش می‌دهد که خشکی بیشتر منطقه را مانند دیگر فصل‌ها نشان می‌دهد. تفاضل ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hp بین دوران گذشته و حال نشان‌دهنده افزایش این شاخص در کل خاورمیانه و ایران است که این مقدار برای منطقه مورد مطالعه بیشتر از ۲۷m است و نشانه تشدید پایداری جوی است. میزان تفاضل امگا نیز مقادیر مثبت را نشان می‌دهد که حکایت از تضعیف جریانات صعودی و در نتیجه گرایش منطقه به سوی جو باروتروپیک و در نتیجه کاهش بارندگی دارد (شکل ۱۰-ب). مطابق نقشه ترکیبی تفاضل چرخندگی نسبی تراز ۵۰۰hp و ضخامت جو فصل تابستان (شکل ۱۰-ج) همانند فصول گذشته، تفاضل چرخندگی نسبی بین دو دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۶ و ۱۹۸۵-۱۹۶۱ کمیت منفی را بر روی بخش عظیمی از منطقه مورد مطالعه نشان داد که نشان‌دهنده تضعیف چرخندگی مثبت در سال‌های اخیر است که پایداری بیشتر جو را در برداشته است. نقشه ضخامت جو نیز همچنان حکایت از افزایش ارتفاع جو منطقه دارد. چرخندگی نسبی

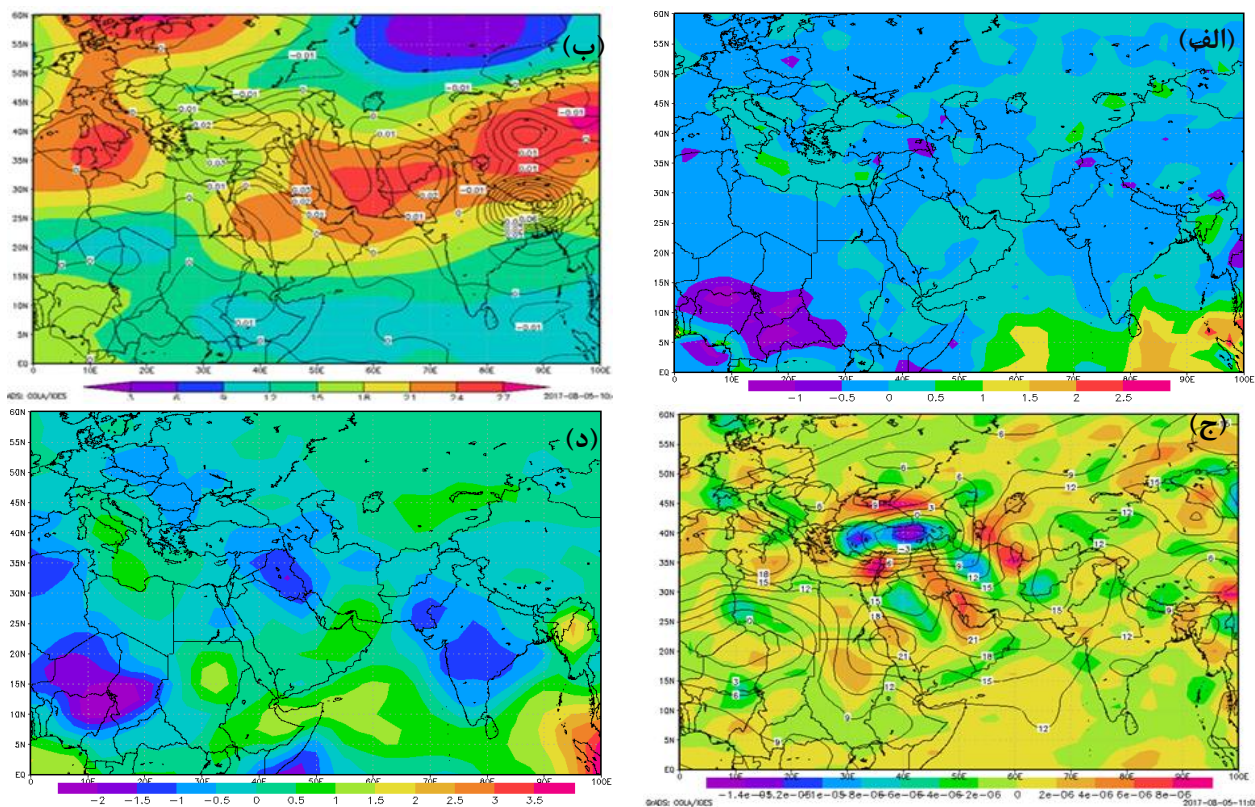


شکل ۱۰. نقشه تفاضل آب قابل بارش (الف)، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ hp و امگای سطح زمین (ب)، تفاضل چرخندگی نسبی تراز ۵۰۰ hp و ضخامت جو (ج) و تفاضل نرخ بارش (د) فصل تابستان

در پژوهش انجام شده روند تغییر نمایه‌های فرین بارش شمال غرب ایران و ارتباط آن با گردش عمومی بزرگ مقیاس جو بررسی شد. نتایج مشخص کرد که منطقه مورد مطالعه به طور کلی با کاهش بارش و رطوبت و همچنین افزایش خشکی روبه رو شده و شوربختانه در حال سیر به اقلیم خشک می‌باشد. بهترین شاهد برای این ادعا خشکی دریاچه ارومیه می‌باشد. از دیگر سو، مطالعه گردش عمومی جو منطقه نیز نتایج جدید و قابل تاملی را به دنبال داشت. بدین صورت که بر خلاف باور عمومی و مطالعات فراوان انجام شده در این حیطه، دلیل خشکی منطقه و به تبع آن دریاچه ارومیه تنها عوامل آنتروپوژنیک نیست و عامل همدیدی و تغییر بزرگ مقیاس در گردش جو از قبیل کاهش ناپایداری در منطقه، کاهش جریان‌های صعودی و کاهش ورود جریان‌ات مرطوب به شمال غرب کشور موجب گرایش منطقه به سمت اقلیم خشک شده است. بر این اساس بررسی‌های بیشتر و جزئی‌تر در زمینه گردش عمومی جو منطقه می‌تواند ابعاد تازه‌تری از دلایل این تغییرات را روشن سازد.

میزان حرکت قائم جو نیز همانند سایر فصول کمیت مثبت را نمایش می‌دهد که حاکی از تضعیف جریانات صعودی است که کاهش جابجایی عمود هوا را در برداشته و کمبود بارش پاییزه را سبب می‌گردد. تفاضل چرخندگی نسبی تراز 500 hp و ضخامت جو نیز همچنان مقادیر منفی چرخندگی را نشان داده که به معنی تضعیف ناپایداری در این فصل بر روی منطقه است. ضخامت جو در بخش عمده کشور بیشتر شده که این مقدار برای منطقه مورد مطالعه به 6 m هم می‌رسد. بطور کلی، جو پاییزه منطقه، جوی پایدار و باروتروپیک است (شکل ۱۱-ج). مطابق نقشه تفاضل نرخ بارش برای فصل پاییز نیز منطقه مورد مطالعه با کاهش میزان بارش روبرو است (شکل ۱۱-د). شوربختانه ادامه این روند می‌تواند در سال‌های آتی شمال غرب ایران را وارد اقلیم خشک نموده و روند بیابان‌زایی که اکنون محدود به پیرامون دریاچه ارومیه می‌باشد، تشدید و در کل منطقه مورد مطالعه گسترش دهد.

■ نتیجه‌گیری



شکل ۱۱. نقشه ترکیبی تفاضل ارتفاع آب قابل بارش (الف)، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 hp و امگای سطح زمین (ب)، تفاضل چرخندگی نسبی تراز 500 hp و ضخامت جو (ج) و تفاضل نرخ بارش (د) فصل پاییز

■ سپاسگزاری

دادن آمار و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی منطقه

مورد مطالعه قدردانی کند.

نگارندگان پژوهش حاضر بر خود لازم می‌دانند از اداره

کل هواشناسی استان آذربایجان غربی برای در اختیار قرار

■ References

- Ahmadi, M., Lashkari, H., Azadi, M., & Keikhosravi, G. (2015). Detection of climate change with extreme precipitation indices in great Khorasan. *Researches in Earth Sciences*, 6(23), 34-52. [In Persian]
- Bennett, K. E., & Walsh, J. E. (2015). Spatial and temporal changes in indices of extreme precipitation and temperature for Alaska. *International Journal of Climatology*, 35(7), 1434-1452. DOI: doi.org/10.1002/joc.4067
- Darand, M. (2015). Assessment and detection of climate change in Iran during recent decades. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 9(30), 1-14. [In Persian]
- Data, C. (2009). *Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. World Meteorological Organization.
- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P. M., Gleason, B., Haylock, M., Tank, A. K., & Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate research*, 19(3), 193-212. DOI: doi.org/10.3354/cr019193
- Gobin, A., Tarquis, A. M., & Dalezios, N. R. (2013). Weather-related hazards and risks in agriculture. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 13(10), 2599-2603. DOI: http://doi.org/10.5194/nhess-13-2599-2013
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The physical science basis. contribution of working group i to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Javan, K., Movaghari, A., & Park, J. S. (2023). Projected changes in extreme precipitation indices over the Lake Urmia basin in Iran. *Water and Climate Change*, 14(8), 2564-2582. DOI: doi.org/10.2166/wcc.2023.447
- khodaei Geshlag, F., roostaei, S., & mokhtari, D. (2020). Monitoring the desertification trend in the areas surrounding Lake Urmia (2000-2018). *Geography and Environmental Planning*, 31(3), 21-40. DOI: 10.22108/GEP.2020.121458.1264
- Klein Tank, A. M., Peterson, T. C., Quadir, D. A., Dorji, S., Zou, X., Tang, H., ... & Spektorman, T. (2006). Changes in daily temperature and precipitation extremes in central and south Asia. *Geophysical Research: Atmospheres*, 111(D16). DOI: doi.org/10.1029/2005JD006316
- Kouzegaran, s, Mousavi Bayg, M. (2015). Investigation of meteorological extreme events in the north-east of Iran. *Journal of Water and Soil*, 29(3), 750-764. DOI: 10.22067/JSW.V0I0.40845 [In Persian]
- Krichak, S. O., Breitgand, J. S., Gualdi, S., & Feldstein, S. B. (2014). Teleconnection-extreme precipitation relationships over the Mediterranean region. *Theoretical and applied climatology*, 117(3-4), 679-692. DOI: doi.org/10.1007/s00704-013-1036-4
- Krishnamurthy, C. K. B., Lall, U., & Kwon, H. H. (2009). Changing frequency and intensity of rainfall extremes over India from 1951 to 2003. *Climate*, 22(18), 4737-4746. DOI: doi.org/10.1175/2009JCLI2896.1
- Liu, J., Du, H., Wu, Z., He, H. S., Wang, L., & Zong, S. (2017). Recent and future changes in the combination of annual temperature and precipitation throughout China. *International Journal of Climatology*, 37(2), 821-833. DOI: doi.org/10.1002/joc.4742

15. Mailhot, A., Duchesne, S., Caya, D., & Talbot, G. (2007). Assessment of future change in intensity–duration–frequency (IDF) curves for Southern Quebec using the Canadian Regional Climate Model (CRCM). *Journal of Hydrology*, 347(1), 197-210. DOI: doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.09.019
16. Marofi, S., Sohrabi, M. M., Mohammadi, K., Sabziparvar, A. A., & Abyaneh, H. Z. (2011). Investigation of meteorological extreme events over coastal regions of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 103, 401-412. DOI: doi.org/10.1007/s00704-010-0298-3
17. Merino, A., Fernández-Vaquero, M., López, L., Fernández-González, S., Hermida, L., Sánchez, J.L., García-Ortega, E. & Gascón, E. (2016). Large-scale patterns of daily precipitation extremes on the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 36(11), 3873-3891. DOI: doi.org/10.1002/joc.4601
18. Mohammadi, H., Azizi, G., khoshahklagh, F., & Ranjbar, F. (2017). Analysis of daily precipitation extreme indices trend in Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 49(1), 21-37. DOI: 10.22059/JPHGR.2017.61577 [In Persian]
19. Molanejad, M., Soltani, M., & Ranjbar, A. (2014). Changes in precipitation extremes in climate variability over northwest Iran. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 2(10), 334-345. DOI: doi.org/10.15739/IJAPR.005
20. Rahimzadeh, F., Asgari, A., & Fattahi, E. (2009). Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. *International Journal of Climatology*, 29(3), 329-343. DOI: https://doi.org/10.1002/joc.1739
21. Rezai Banafsheh, Majid, Najafi, Mohammad Saeed, Naghizadeh, Habibeh, & Abkharabat, Shoaib. (2015). The Study of relationship between variability of extreme precipitation and the main factors affecting the precipitation in the west and north west of Iran. *Geography and Environmental Hazards*, 4(13), 133-153. DOI: 10.22067/GEO.V4I1.37833 [In Persian]
22. Saadi, Tofigh, Alijani, Bohloul, Massah Bavani, Alireza, & Akbari, Mehri. (2016). Detection of extreme precipitation changes and attribution to climate change using standard optimal fingerprinting (Case Study: The Southwest of Iran). *Journal Of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 3(3), 65-80. DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.65 [In Persian]
23. Soltani, M., Laux, P., Kunstmann, H., Stan, K., Sohrabi, M.M., Molanejad, M., Sabziparvar, A.A., Ranjbar SaadatAbadi, A., Ranjbar, F., Roustae, I. and Zawar-Reza, P. (2016). Assessment of climate variations in temperature and precipitation extreme events over Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 126(3-4), 775-795. DOI: doi.org/10.1007/s00704-015-1609-5
24. Song, X., Song, S., Sun, W., Mu, X., Wang, S., Li, J., & Li, Y. (2015). Recent changes in extreme precipitation and drought over the Songhua River Basin, China, during 1960–2013. *Atmospheric Research*, 157, 137-152. DOI: doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.01.022
25. Sun, W., Mu, X., Song, X., Wu, D., Cheng, A., & Qiu, B. (2016). Changes in extreme temperature and precipitation events in the Loess Plateau (China) during 1960–2013 under global warming. *Atmospheric Research*, 168, 33-48. DOI: doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.09.001
26. Tabari, H., & Willems, P. (2016). Daily precipitation extremes in Iran: decadal anomalies and possible drivers. *the American Water Resources Association*, 52(2), 541-559. DOI: doi.org/10.1111/1752-1688.12403
27. Tabari, H., AghaKouchak, A., & Willems, P. (2014). A perturbation approach for assessing trends in precipitation extremes across Iran. *Hydrology*, 519, 1420-1427. DOI: doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.019

28. Tank, A. K., Wijngaard, J., & van Engelen, A. (2002). *Climate of europe. assessment of observed daily temperature and precipitation extremes. european climate assessment*. De Bilt, The Netherlands. ISBN 90-396-2208-9.
29. Tingley, M. P., & Huybers, P. (2013). Recent temperature extremes at high northern latitudes unprecedented in the past 600 years. *Nature*, 496(7444), 201-205. DOI: doi.org/10.1038/nature11969
30. Wang, X., Yang, T., Shao, Q., Acharya, K., Wang, W., & Yu, Z. (2012). Statistical downscaling of extremes of precipitation and temperature and construction of their future scenarios in an elevated and cold zone. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 26(3), 405-418. DOI: doi.org/10.1007/s00477-011-0535-z
31. Warner, M. D., Mass, C. F., & Salathe Jr, E. P. (2012). Wintertime extreme precipitation events along the Pacific Northwest coast: Climatology and synoptic evolution. *Monthly Weather Review*, 140(7), 2021-2043. DOI: doi.org/10.1175/MWR-D-11-00197.1
32. Wei, W., Shi, Z., Yang, X., Wei, Z., Liu, Y., Zhang, Z., Ge, G., Zhang, X., Guo, H., Zhang, K. & Wang, B. (2017). Recent trends of extreme precipitation and their teleconnection with atmospheric circulation in the Beijing-Tianjin sand source region, China, 1960–2014. *Atmosphere*, 8(5), 83. DOI: https://doi.org/10.3390/atmos8050083
33. Zhang, X., E. Aguilar, S. Sensoy, H. Melkonyan, U. Tagiyeva, N. Ahmed, N. Kutladze, F. Rahimzadeh, A. Taghipour, T.H. Hantosh, P. Albert, M. Semawi, M. Karam Ali, M. Halal Said Al-Shabibi, Z. AlOulan, Taha Zatari, I. Al Dean Khelet, S. Hammoud, M. Demircan, M. Eken, M. Adiguzel, L. Alexander, T. Peterson & Wallis, T. (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D22). DOI: https://doi.org/10.1029/2005JD006181
34. Zhao, Y., Zou, X., Cao, L., & Xu, X. (2014). Changes in precipitation extremes over the Pearl River Basin, southern China, during 1960–2012. *Quaternary International*, 333, 26-39. DOI: doi.org/10.1016/j.quaint.2014.03.060
35. Zhou, B., Xu, Y., Wu, J., Dong, S., & Shi, Y. (2016). Changes in temperature and precipitation extreme indices over China: analysis of a high-resolution grid dataset. *International Journal of Climatology*, 36(3), 1051-1066. DOI: doi.org/10.1002/joc.4400
36. Zollo, A. L., Rillo, V., Bucchignani, E., Montesarchio, M., & Mercogliano, P. (2016). Extreme temperature and precipitation events over Italy: assessment of high-resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios. *International Journal of Climatology*, 36(2), 987-1004. DOI: doi.org/10.1002/joc.4401
37. Zongxing, L., He, Y., Wang, P., Theakstone, W.H., An, W., Wang, X., Lu, A., Zhang, W. & Cao, W. (2012). Changes of daily climate extremes in southwestern China during 1961–2008. *Global and Planetary Change*, 80, 255-272. DOI: doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.06.008
38. Zongxing, L., Juan, G., Baijuan, Z., & Qi, F. (2021). Soil water sources in permafrost active layer of Three-River Headwater Region, China. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 1-59. DOI: doi.org/10.5194/hess-2021-558

Investigating the Effect of The Habitat and Type of Extracted Organ on The Phytochemical Compounds of Caper (*Capparis Spinosa* L.) As A Medicinal and Pasture Plant

E. Zamani¹, K. Kamali Aliabad^{2*}, S. M. Kalantar³, H. Sodaiezadeh², B. F. Haghirsadat⁴, E. Capanoglu⁵

1. PhD Student, Department of Arid Lands and Desert Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Associate Professor, Department of Arid Lands and Desert Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran.
3. Professor, Department of Genetics, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.
4. Assistant professor, Department of Advanced Medical Sciences and Technologies, School of Paramedicine, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.
5. Professor, Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Istanbul Technical University, Maslak 34469 Istanbul, Turkey.

* Corresponding Author: kkamali@yazd.ac.ir

Received date: 06/08/2023

Accepted date: 17/09/2023



[10.22034/JDMAL.2023.2008607.1430](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2008607.1430)

Extended Abstract

Introduction

With the increasing world's population, the need for food and medicine, and their continuous supply, are essential for mankind. Medicinal plants are one of the important factors for human life, as they can be used both as food and medicine. The ancients had a long history of using medicinal plants, and they used their many properties extensively. The scientific name for Caper plant is *Capparis spinosa* L. Due to its resistance to environmental stress and its ability to act as a protector against soil destruction, this valuable medicinal plant is suitable for growing in arid and desert areas. Commercial cultivation of this plant is very valuable because it is rich in bioactive compounds. This plant's compounds can be extremely useful and effective in protecting humans from various diseases or enhancing the treatment of diseases. This study aimed to examine the total phenol and flavonoid composition, antioxidant activity, and extraction efficacy of various parts of this plant in two desert locations in Yazd and Isfahan to select the best cultivation region from these two sites for expanding cultivation. To determine the most effective compounds and the optimal extraction method, various organs of the plant were examined separately in this research. The best extraction efficiency can be achieved by growing the plant in the region and harvesting the desired organ, and the extracted materials can be used to prevent and treat diseases.

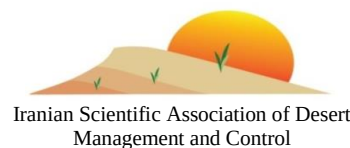
Material and Methods



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Desert Management

www.isadmc.ir



The caper plant was collected from desert sites in Yazd and Isfahan in different parts, which included leaves, stems, buds, flowers, fruits, and roots. Plants were collected from four different locations on the site, and finally, the plants from four different locations were combined. After the botany expert's approval, extraction was done from different parts of the plant with hydroalcoholic solvent (80% ethanol) by the Soxhlet method. In this research, different experiments of total phenol, total flavonoid, antioxidant content, and extraction efficiency were performed using standard methods. Different dilutions of extract and standard material were made for all experiments. Folin Ciocalto's reagent was used to measure the total phenol, and it was reported according to the Gallic Acid standard per gram dry weight of the plant. Different tests like ABTS, DPPH, CUPRAC, and FRAP were employed to measure the plant's antioxidant content. The standard for milligrams of Trolox per gram of dried plant weight was used to calculate all of them. The number of flavonoids was measured based on the Aluminium Chloride colorimetry method and was expressed in the standard form of milligrams of Quercetin per gram of weight of the dried plant. To determine the extraction efficiency, the weight of the powder extract obtained from the extraction of different organs was calculated with a scale, and then the ratio of the weight of the powder extract of the weight of dried plant was reported as extraction method efficiency. For each of the experiments, 3 repetitions were performed. A two-way analysis of variance was utilized to examine the data's normality, and finally, IBM SPSS Statistics 26 software was utilized to analyse them.

Results and Discussion

The findings demonstrated that phenolic and flavonoid compounds were abundant in various parts of the caper plant from both locations. The leaves demonstrated a higher concentration of phenolic and flavonol compounds, with 48.611 mgGA/gDW and 19.842 mgQE/gDW, respectively. The antioxidant activity of roots was the highest among all parts of the plant. The Yazd site's caper plants were found to have a higher total phenolic and flavonoid content, with 35.572 mgGA/gDW and 14.14.164 mgQE/gDW, when compared to the other regions. The highest antioxidant activity was found in the fruit and root of the caper plant using the DPPH method. The ABTS method's measurement of antioxidant activity resulted in the same results and indicated that fruits had the highest activity. A positive correlation was observed between the amount of phenol and flavonoids. Furthermore, the Yazd site had a higher extraction efficiency than the Isfahan site, measuring 16.754%. The best region between two desert sites is also the best organ for extraction, as per the results of the current investigation. These results can be utilized to cultivate caper plants that contain more effective substances. These findings emphasize the status of the Caper plant as a rich source of secondary metabolites and show its potential as a potent healing agent with highly beneficial compounds, the site of Yazd is a suitable site for the cultivation of this plant. By cultivating this plant, in addition to helping to reduce desertification and prevent soil erosion, it is possible to have a source of secondary metabolites, especially phenol and flavonoid compounds, and use them in many medicinal applications.

Keywords: Phenolic compounds; Flavonoids; Antioxidant; Extraction performance; Tension





بررسی تأثیر رویشگاه و نوع اندام عصاره‌گیری شده بر ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه کور (*Capparis spinosa* L.) به عنوان یک گیاه مرتعی و دارویی

الهه زمانی^۱، کاظم کمالی علی‌آباد^{۲*}، سیدمهدی کلانتر^۳، حمید سودائی‌زاده^۴، بی‌بی فاطمه حقیرالسادات^۴، اسرا کاپان اوغلو^۵

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران.
 ۲. دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران.
 ۳. استاد، گروه ژنتیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، ایران.
 ۴. استادیار، گروه علوم و فنون نوین، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، ایران.
 ۵. استاد، گروه مهندسی مواد غذایی، دانشکده مهندسی شیمی و متالورژی، دانشگاه فنی استانبول، ماسلاک استانبول، ترکیه.
- * نویسنده مسئول: kkamali@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶



[10.22034/JDMAL.2023.2008607.1430](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2008607.1430)

چکیده

گیاه کور (*Capparis spinosa* L.) به‌عنوان گیاه مرتعی و دارویی با ارزش و مقاوم به تنش‌های محیطی شناخته شده است که در مناطق خشک و بیابانی به‌راحتی رشد می‌کند. این گیاه دارای اجزای زیست فعال فراوان بوده و به‌همین دلیل کشت آن به لحاظ تجاری دارای ارزش فراوان است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر رویشگاه و نوع اندام عصاره‌گیری شده گیاه کور بر عملکرد عصاره و مقدار ترکیب‌های فیتوشیمیایی آن بود. بر این اساس تأثیر رویشگاه‌های مکان‌های یزد و اصفهان و نوع اندام عصاره‌گیری شده برگ، ساقه، غنچه و گل، میوه و ریشه گیاه کور بر مقدار کل فنول، فلاونوئید کل و فعالیت‌های آنتی اکسیدانی مانند فعالیت پاکسازی رادیکال‌های آزاد و کاهش قدرت رادیکال‌ها در گیاه دارویی کور با ۳ تکرار با استفاده از روش تجزیه واریانس دو طرفه بررسی گردید. نتایج نشان داد که بخش‌های مختلف این گیاه در هر دو مکان سرشار از مواد فنولی و فلاونوئیدی است. با این حال گیاهان رشد یافته در مکان یزد دارای محتوای فنول و فلاونوئید کل بالاتری بوده که به‌ترتیب معادل $35/572 \text{ mgGA/gDE}$ و $14/164 \text{ mgQE/gDE}$ بود. در بین بخش‌های مختلف گیاه، برگ‌ها دارای مقدار فنول و فلاونوئید بیشتری بود که به‌ترتیب حاوی $19/842 \text{ mgQE/gDE}$ و $48/611 \text{ mgGA/gDE}$ بود. میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در ریشه‌ها بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. همچنین عملکرد در یزد بیشتر از استان اصفهان بود. به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گیاه کور علاوه بر نقشی که در احیاء مراتع دارد، غنی از متابولیت‌های ثانویه است و می‌تواند به‌عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند در بخش پزشکی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: ترکیبات فنولی؛ فلاونوئیدها؛ آنتی اکسیدان؛ عملکرد عصاره؛ تنش



■ مقدمه

گیاه دارویی کور با نام علمی *Capparis spinosa* L. از خانواده کاپاریداسه *Capparidaceae* و سرده کاپاریس *Capparis* به‌عنوان گیاهی است که توانایی رشد در شرایط آب و هوایی متنوع از زیستگاه‌های ساحلی نیمه خشک تا ارتفاعات سردتر را دارد (۲۹). گیاه کور به‌دلیل توانایی رشد در محیط‌های خشک و نامطلوب مانند مناطق صخره‌ای، درون شکاف‌ها و در دیوارهای سنگی، به‌عنوان ایفا کننده نقش حیاتی در بوم‌نظام مطرح است. کشت گیاه کور می‌تواند به‌عنوان راه حل مناسبی برای جلوگیری از بیابان‌زایی و فرسایش خاک در بوم‌نظام‌های آسیب پذیر باشد. رشد بخش‌های رویشی گیاه کور به‌عنوان گیاهی مقاوم در برابر آتش مطرح بوده که در سرکوب آتش سوزی جنگل‌ها به‌ویژه جنگل‌های کاج در مناطق مدیترانه بسیار مؤثر است (۲۷). مواد موجود در گیاه کور از نظر ساختار و ترکیب شیمیایی بسیار پیچیده هستند و با داشتن ویژگی‌های دارویی در بسیاری از فعالیت‌های درمانی، کاربردهای مفیدشان برای سلامتی بدن ثابت شده است (۲۹). غنچه‌های گل این گیاه به‌عنوان منبع غذایی استفاده می‌شوند (۲۰). همچنین بر اساس پایگاه اطلاعاتی کتابخانه ملی کشاورزی آمریکا^۱، میوه‌های گیاه کور دارای انواع ترکیبات بالارزش از جمله کربوهیدرات‌ها $C_n(H_2O)_n$ ، فیبر، پروتئین $RCH(NH_2)COOH$ ، چربی $CH_3(CH_2)_nCOOH$ و ویتامین $C_6H_8O_6$ هستند (۸). این گیاه به‌دلیل قابلیت زیاد فعالیت‌های متابولیک اولیه و ثانویه خود شناخته می‌شود (۹).

برخلاف متابولیت‌های اولیه، متابولیت‌های ثانویه در عملکردهای ذاتی گیاهان مانند رشد و تکامل نقشی ندارند. این مواد برای سازگاری گیاهان با محیط اطراف و دفاع و حفاظت در برابر شرایط تنش مهم بوده و تولید و توزیع آن‌ها در بین گونه‌های مختلف یک گیاه متفاوت است. طبقه‌بندی‌های مختلف از متابولیت‌های ثانویه وجود دارد اما به‌طور کلی گروه‌های اصلی شامل آلکالوئیدها، ترپنوئیدها و ترکیبات فنولی هستند (۲۱، ۱۵).

ترکیب‌های فنولی، از فراوان‌ترین متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و اغلب در دیواره‌های سلولی و واکوئل‌های سلول‌های اپیدرمی و زیراپیدرمی یافت می‌شوند (۲۱). فنولیک‌ها می‌توانند به‌صورت سازنده یا القایی در گیاهان وجود داشته باشند. فنول‌های سازنده در گیاهان از قبل تشکیل می‌شوند بدین صورت که معمولاً در طول رشد و نمو طبیعی سنتز می‌شوند. فنول‌های القایی در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی سنتز می‌شوند. فنول‌های القایی خود می‌توانند سازنده باشند که در این حالت، ساخت و تجمع آن‌ها با قرار گرفتن گیاه در معرض تنش‌های زنده و غیرزنده افزایش می‌یابد (۶).

ترکیب‌های فنولی یکی از بهترین منابع آنتی‌اکسیدان در گیاهان هستند. فلاونوئیدها با بیش از ۸۰۰۰ ترکیب، بزرگترین گروه فنول‌های طبیعی می‌باشند. هرچه تعداد گروه‌های هیدروکسیل بیشتر باشد، قدرت آنتی‌اکسیدانی ترکیب‌های فلاونوئیدی بیشتر می‌شود. آنتی‌اکسیدان‌ها با حذف یا جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های آزاد باعث محافظت از سلول‌ها در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند. ترکیب‌های فنولی با خنثی کردن رادیکال‌های آزاد، عمل آنتی‌اکسیدانی انجام می‌دهند به‌صورتی که در مواجهه با شرایط نامساعد و تنش‌ها، میزان این مواد در گیاه افزایش پیدا کرده و پاسخ به شرایط تنش در گیاهان بهتر صورت می‌گیرد (۱۱).

تولید متابولیت‌های ثانویه و آنتی‌اکسیدان‌ها درون بافت گیاه تحت اثر شرایط محیطی، شرایط آب و هوایی، گونه گیاه و روش‌های عصاره‌گیری قرار دارد. شناسایی محیط‌های مناسب برای کشت، برای تولید متابولیت‌های مخصوص در گیاه می‌تواند باعث افزایش متابولیت‌ها در گیاه شود. اثرات محیط کشت بر میزان ترکیب‌های موجود در گیاهان، اثری قابل توجه است. در یک مطالعه، میزان فنول، فلاونوئید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی شش گونه میخک وحشی *Wild Dianthus* L. بررسی شده و بیان شده است که تغییرات اقلیمی و تغییر در ارتفاع اثر معنی‌داری بر شاخص‌های بیولوژیک می‌گذارد (۳۰).

¹ National nutrient database (USDA)

جمع‌آوری شده به‌وسیله آسیاب برقی پودر شده و تا زمان شروع آزمایش به دور از رطوبت و در محیطی خنک نگهداری شدند.

تهیه عصاره گیاهی

مقدار ۵۰ gr از پودر گیاه در ۵۰۰ ml حلال هیدروالکلی اتانول ۸۰٪ C_2H_5OH به نسبت ۱:۱۰ با استفاده از دستگاه سوکسله عصاره‌گیری گردید. برای عصاره‌گیری، گیاه پودر شده ابتدا با مقداری حلال مرطوب شد و سپس درون کارتوش ریخته شد. حلال درون بالن انتهایی ریخته شده و با گرم شدن هیتر زیر بالن حاوی حلال، عملیات تبخیر برای حلال اتفاق افتاده و در بخش بالایی آن، این بخارها به‌وسیله یک مبرد به مایع تبدیل شد و به‌صورت قطره‌ای روی کارتوش محتوی مواد گیاهی ریخته شد. بدین صورت به آرامی عملیات عصاره‌گیری انجام شد. پس از پر شدن محفظه کارتوش، عصاره به درون بالن تخلیه شد. عملیات عصاره‌گیری ۳ مرتبه تکرار شد و پس از پایان کار، عصاره درون بالن با کاغذ صافی فیلتر گردید. در آخر عصاره‌ها درون فالدون ۵۰ ml ریخته شده و به‌وسیله سانتریفیوژ ۴۰۰۰ rpm/min (Universal 320 R, Germany) به مدت ۵ min سانتریفیوژ شدند تا اجزای اضافی از عصاره جدا شود. عصاره روی ظروف شیشه‌ای پخش شده و در معرض هوای اتاق قرار گرفت تا حلال آن کاملاً تبخیر و عصاره به حالت خشک در آید. دما در این حالت بین $10^{\circ}C$ - $15^{\circ}C$ بود. پس از گذشت مدت زمان ۵ روز، عصاره خشک شده جمع‌آوری و درون ظرف ویژه (ویال) ریخته شد و تا زمان انجام آزمایش‌ها درون فریزر $20^{\circ}C$ - قرار گرفت. عصاره‌هایی که برای مدت طولانی ذخیره شدند، در فریزر $80^{\circ}C$ - قرار گرفتند (۱۹).

تعیین مقدار فنول کل

برای اندازه‌گیری میزان فنول کل از معرف فولین سیوکالتو $C_{10}H_5NaO_5S$ استفاده شد (۱۰). بدین منظور ۱۰ ml معرف فولین سیوکالتو با آب مقطر به حجم ۱۰۰ ml رسید. سپس ماده کربنات سدیم ۷/۵٪ (Na_2CO_3) آماده‌سازی شد. عصاره با غلظت ۱ mg/ml تهیه گردید و

بررسی میزان مواد مؤثره موجود در بخش‌های مختلف گیاه دارویی کور و بررسی اثر رویشگاه بر ترکیب‌های فیتوشیمیایی موجود در گیاه برای دستیابی به بازدهی بالا امری ضروری است. هدف پژوهش حاضر، بررسی محتوای فنول کل، فلاونوئید، آنتی‌اکسیدان و عملکرد عصاره اندام‌های مختلف گیاه کور برداشت شده از دو مکان مختلف کویری اشکذر یزد و میمه اصفهان است. پراکندگی گیاهان کور در این دو مکان و دسترسی به آن‌ها امکان‌پذیرتر بوده و بدین دلیل این دو مکان انتخاب شدند. با انجام پژوهش حاضر می‌توان مقایسه‌ای جامع از دو مکان داشت و اثر نوع منطقه و نوع اندام بر فعالیت‌های مختلف فیزیکوشیمیایی گیاه را بررسی نمود.

■ مواد و روش

جمع‌آوری گیاهان

برای بررسی تأثیر نوع رویشگاه و نوع اندام عصاره‌گیری شده بر ترکیب‌های فیتوشیمیایی گیاه کور *Capparis spinosa* L. پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۰ اجرا گردید. بدین منظور اندام‌های مختلف گیاه کور در فصل بهار از دو مکان اصفهان و یزد با ۳ تکرار برداشت شد. برداشت گیاه در استان اصفهان در شهر میمه با مختصات جغرافیایی $33^{\circ} 26'$ شمالی و $51^{\circ} 16'$ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۹۶۵ m، میانگین دمای $16/5^{\circ}C$ و میانگین بارش سالانه ۱۳۲ mm بود. در استان یزد از مکان اشکذر با مختصات جغرافیایی $32^{\circ} 2'$ شمالی و $12^{\circ} 27'$ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۵ m، میانگین دمای $24/8^{\circ}C$ و میانگین بارش ۶۸ mm نمونه‌گیری صورت گرفت. یکی دیگر از فاکتورهای مهم پژوهش حاضر، شاخص تشعشع اشعه UV بود که شدت آن در استان یزد بین ۱۱ تا ۱۲ و در اصفهان بین ۱۰ تا ۱۱ بوده است. برای هر اندام گیاه تعداد ۴ نمونه از هر مکان گرفته شد و در نهایت گیاهان ۴ نمونه با هم ترکیب شدند. پس از برداشت گیاهان، گونه و جنس آن‌ها به تأیید کارشناس گیاه‌شناسی رسید. در مرحله بعد، بخش‌های مختلف ساقه، برگ، غنچه و گل، میوه و ریشه‌های گیاه از یکدیگر جدا شده و پس از شست و شو، در سایه خشک شدند. پس از خشک شدن، نمونه‌های

ابتدا از ماده DPPH $C_{18}H_{12}N_5O_6$ به‌وسیله متانول خالص CH_3OH ، محلول 0.1 mM ساخته شد. 0.1 ml از عصاره با 2 ml محلول DPPH ترکیب شده و به‌مدت 30 min در تاریکی انکوبه شد. پس از آن جذب‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 517 nm قرائت گردید. برای عصاره‌ها همانند تست‌های قبلی عملیات رقیق سازی صورت گرفت. برای رسم منحنی کالیبراسیون، از ماده ترولوکس $C_{14}H_{18}O_4$ استفاده شد (۲۵).

روش ABTS

تست ABTS یا همان تست TEAC^۵ برای اولین بار توسط Miller و همکاران (۱۶) به‌عنوان روشی ساده برای تعیین ظرفیت آنتی اکسیدانی کل توسعه یافت. میزان 220 mg ماده ABTS $C_{18}H_{24}N_6O_6S_4$ در 200 ml آب مقطر حل گردید. 38 mg ماده پتاسیم پرسولفات $K_2S_2O_8$ در 2 ml آب حل شد. در پایان برای ساخت محلول ABTS، این دو محلول باهم ترکیب شده و یک روز کامل در تاریکی قرار داده شد. محلول ABTS با بافر 0.05 M KPi ($\text{pH}=8$) رقیق شد تا جذب آن به 0.9 برسد. در پایان pH پایانی 7.4 بود. برای انجام تست، $100\text{ }\mu\text{l}$ از عصاره با 1 ml از محلول ABTS (ترکیب شده با بافر KPi) ترکیب و 10 sec شیک شدند. پس از گذشت 1 min ، جذب آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 734 nm خوانش شد. برای رسم منحنی کالیبراسیون، از رقت‌های مختلف ماده ترولوکس $C_{14}H_{18}O_4$ بهره‌گیری شد (۲۲).

روش CUPRAC

روش احیا کننده یون کوپریک به‌عنوان یک روش سنجش فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های گیاهی است. آماده سازی آمونیوم استات $C_2H_3O_2NH_4$ با حل کردن 19.27 g آمونیوم استات در 250 ml آب مقطر بود. برای آماده سازی نئوکوپرین $C_{14}H_{12}N_2$ ، 0.39 g ماده با 25 ml اتانول 96% C_2H_5OH ترکیب شد. 1 ml کلرید مس دو ظرفیتی 0.1 mM $CuCl_2$ ، 1 ml آمونیوم استات $C_2H_3O_2NH_4$ ، 1 ml نئوکوپرین $C_{14}H_{12}N_2$ همراه با 1 ml

سپس به روش سریالی، رقت سازی آن انجام شد. مقدار $100\text{ }\mu\text{l}$ عصاره و $100\text{ }\mu\text{l}$ محلول فولین سیوکالتو رقیق سازی شده به درون یک ویال ریخته شد و به‌مدت 5 min انکوبه گردید. پس از آن میزان 2 ml محلول کربنات سدیم $7/5$ به آن اضافه شد و به‌مدت 30 min در تاریکی انکوبه شد. در نهایت، جذب‌ها در طول موج 765 nm توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل VWR, UV-3100PC, European Union قرائت شده و میزان فنول کل بر اساس میلی گرم گالیک اسید $C_7H_6O_5$ بر گرم وزن خشک عصاره (mgGA/g DE) تعیین شد. به‌منظور رسم منحنی کالیبراسیون، در مرحله افزودن عصاره گیاهی به‌جای عصاره گیاهی، رقت‌های مختلف گالیک اسید اضافه شد (۲۶).

سنجش فلاونوئید کل

برای سنجش مقدار فلاونوئید کل از روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلرید $AlCl_3$ استفاده گردید. عصاره گیاهی با غلظت 1 mg/ml تهیه و سپس رقت‌های مختلف آن به‌صورت سریالی تهیه گردید. $500\text{ }\mu\text{l}$ از عصاره رقیق شده با $1500\text{ }\mu\text{l}$ اتانول C_2H_6O ترکیب شد. پس از آن میزان $100\text{ }\mu\text{l}$ آلومینیوم کلرید 10% $AlCl_3$ به ترکیب اضافه شد. در نهایت میزان $100\text{ }\mu\text{l}$ پتاسیم استات 1 M CH_3CO_2K و $2800\text{ }\mu\text{l}$ آب مقطر اضافه شد تا حجم نهایی 4 ml شود. 30 min محلول در تاریکی انکوبه شده و پس از آن جذب‌ها به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 415 nm خوانده شد. برای رسم نمودار واسنجی (کالیبراسیون)، به‌جای افزودن عصاره گیاهی، رقت‌های مختلف از ماده کوئرستین اضافه شد (۷).

تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی

روش‌های استاندارد برای تعیین مهار رادیکال‌های آزاد شامل DPPH^۱ و ABTS^۲ و برای کاهش قدرت رادیکال‌ها FRAP^۳ و CUPRAC^۴ هستند.

روش DPPH

^۴ Cupric Reducing Antioxidant Capacity

^۵ Trolox Equivalent Antioxidant Capacity

^۱ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

^۲ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

^۳ Ferric Reducing Antioxidant Power

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه داده‌ها پس از اطمینان از نرمال بودن آن‌ها از روش تجزیه واریانس دو طرفه و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد. جهت به‌دست آوردن همبستگی بین صفات مورد بررسی، ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. در پژوهش حاضر، از نرم افزار IBM SPSS Statistics 26 برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها استفاده شد (۲۹).

■ نتایج

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رویشگاه بر عملکرد عصاره، محتوای فنول کل و محتوای فلاونوئید کل در سطح ۵٪ معنی‌دار بود و بر سایر خصوصیات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر نوع اندام مورد بررسی بر عملکرد عصاره، فعالیت آنتی اکسیدانی (ABTS و DPPH)، میزان فلاونوئید و میزان فنول کل در سطح ۱٪ معنی‌دار بود اما بر فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به تست‌های CUPRAC و FRAP تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل رویشگاه و نوع اندام بر هیچکدام از صفات‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر محل رویش گیاه بر میزان فنول کل نشان داد که مکان یزد بیشترین میزان ترکیب‌های فنولی با مقدار عددی $35/572 \text{ mgGA/gDE}$ را داشت که دارای اختلاف معنی‌دار با مکان اصفهان با مقدار عددی $33/557 \text{ mgGA/gDE}$ است (شکل ۱-الف). این موضوع در مورد محتوای فلاونوئید نیز صادق بود. مقدار فلاونوئید کل در مکان یزد $14/164 \text{ mgQE/gDE}$ بود که دارای مقدار بیشتری نسبت به مکان اصفهان ($12/743 \text{ mgQE/gDE}$) بود (شکل ۱-ب). عملکرد عصاره تحت اثر محل رویش قرار گرفت و بیشترین عملکرد در بین دو مکان یزد و اصفهان، مربوط به مکان یزد با مقدار عددی $16/754\%$ بود. این مقدار در اصفهان معادل $15/852\%$ محاسبه شد (شکل ۱-ج).

آب مقطر ترکیب شده و ۵min در تاریکی قرار گرفتند. سپس $0/1 \text{ ml}$ عصاره با رقت‌های مختلف درون کووت با محلول آماده شده بالا ترکیب شد و ۳۰min در دمای اتاق و تاریکی انکوبه شد. پس از آن جذب‌ها به وسیله اسپکتروفتومتر در طول موج 450 nm قرائت شد. برای رسم منحنی واسنجی (کالیبراسیون)، بجای افزودن عصاره، از ماده ترولوکس $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_4$ با رقت‌های مختلف استفاده شد (۲۴).

روش FRAP

روش FRAP یا همان روش کاهش آهن (III) به آهن (II) در واقع توانایی عصاره گیاهی در احیای یون‌های آهن سه ظرفیتی Fe^{3+} و تبدیل آن‌ها به یون‌های آهن دو ظرفیتی Fe^{2+} است. 300 mM از بافر سدیم استات $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$ دارای $\text{pH}=3/5$ با 10 mM از ماده TPTZ^1 ترکیب شده در 40 mM هیدروکلریک اسید HCl و 20 mM کلرید آهن سه ظرفیتی FeCl_3 در نسبت‌های حجمی ۱۰:۱:۱۰ ترکیب شدند. $10 \mu\text{l}$ عصاره با $300 \mu\text{l}$ محلول آماده شده ترکیب و پس از گذشت مدت ۳۰min انکوبه شدن در دمای اتاق، جذب آن‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 593 nm خوانده شد. برای رسم منحنی واسنجی، از ماده ترولوکس $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_4$ استفاده شد (۱۸).

سنجش عملکرد عصاره (بازده استخراج)

برای محاسبه عملکرد عصاره، پس از خشک شدن عصاره‌ها، جرم آن‌ها با ترازو اندازه‌گیری شد. عملکرد عصاره نسبت بین وزن عصاره خشک به‌دست آمده به وزن ماده گیاهی اولیه است که مطابق رابطه (۱) محاسبه شد (۳۲).

$$EY = (m2/m1) * 100 \quad (1)$$

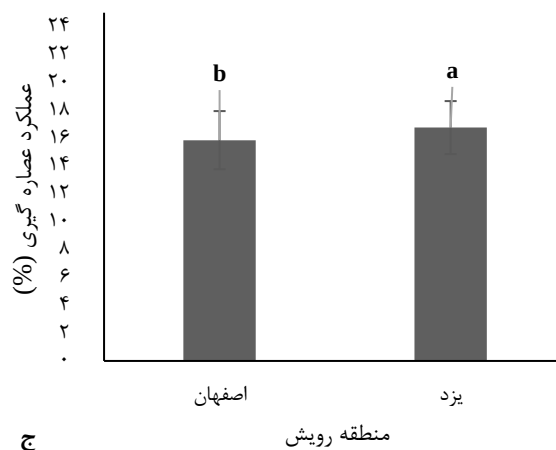
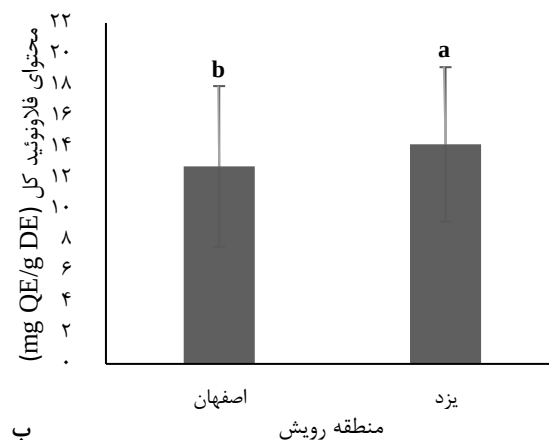
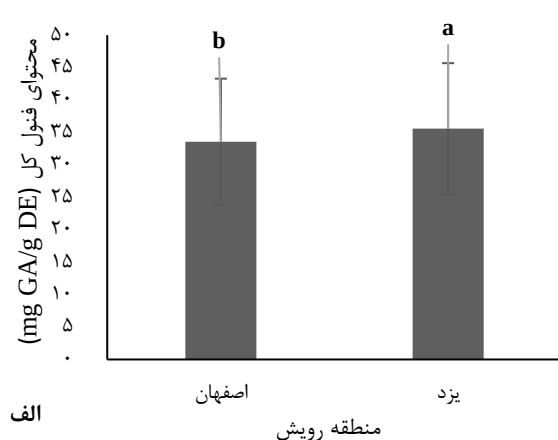
در این رابطه، EY بیان‌کننده عملکرد عصاره، m2 بیان‌کننده جرم عصاره خشک شده و m1 بیان‌کننده جرم ماده اولیه خشک است.

¹ Tris (2-pyridyl)-s-triazine

جدول ۱. تحلیل واریانس تأثیر رویشگاه و نوع اندام گیاه بر ترکیب‌های فیتوشیمیایی و عملکرد عصاره گیاه دارویی کور (*C. spinosa*)

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد عصاره	میانگین مربعات				محتوای فنول کل	محتوای فلاونوئید کل
			فعالیت آنتی اکسیدانی (FRAP method)	فعالیت آنتی اکسیدانی (CUPRAC method)	فعالیت آنتی اکسیدانی (DPPH method)	فعالیت آنتی اکسیدانی (ABTS method)		
رویشگاه	۱	۶/۱۱۴ *	۱۱/۵۱۵ ns	۴/۹۹۱ ns	۲/۸۱۲ ns	۲/۹۷۷ ns	۳۰/۴۳۸ *	۱۵/۱۲۷ *
نوع اندام گیاه	۴	۲۳/۶۵۴ **	۹/۵۵ ns	۸/۰۴۱ ns	۲۴۶/۵۰۷ **	۱۸۰/۴۹۴ **	۶۶۳/۴۵۴ **	۱۶۹/۲۱۹ **
محل رویش*	۴	۰/۳۵۳ ns	۱/۴۲۷ ns	۱/۲۴۱ ns	۰/۲۵ ns	۰/۲۹۵ ns	۲/۲۲۹ ns	۲/۴۴۸ ns
اندام گیاه								
خطا	۲۰	۰/۷۸	۳/۵۶۱	۳/۵۰۸	۲/۶۵۶	۲/۱۶۷	۴/۷۸۴	۱/۸۳۹

ns بدون اختلاف معنی‌دار، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر رویشگاه بر الف) محتوای فنول کل، ب) محتوای فلاونوئید کل و ج) عملکرد عصاره گیاه دارویی کور (*C. spinosa*). مقادیر نشان دهنده میانگین $\pm$ انحراف معیار است. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

کل در میوه گیاه با میانگین عددی ۲۲/۶۷mgGA/gDE به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر اندام‌های گیاه داشت. از نظر مقدار فنول پس از برگ ساقه، غنچه و گل و ریشه در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۲-الف).

مقایسه میانگین تأثیر اندام‌های مختلف گیاه بر میزان فنول کل نشان‌داد که برگ‌های کور با میانگینی معادل ۴۸/۶۱۱mgGA/gDE به‌طور معنی‌داری از فنول بیشتری در مقایسه با سایر اندام‌ها برخوردار بودند. کمترین مقدار فنول

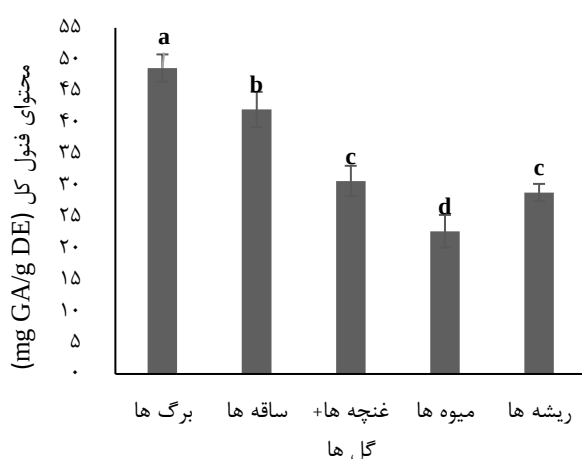
اکسیدانی نشان دادند که در هر دو مورد، بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به ریشه‌ها و برگ‌ها بود (شکل ۴).

همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر اندام‌های مختلف گیاه بر عملکرد عصاره نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به برگ‌ها با میانگین عددی $18/469$ و کمترین عملکرد مربوط به ریشه‌ها با میانگین عددی $13/143$ بود (شکل ۵). بر پایه نتیجه به دست آمده، مقدار فنول کل و فلاونوئید با ضریب $0/955$ از همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح 1% برخوردار بودند. همبستگی بین فنول کل و ABTS میزان $0/834$ و بین فنول کل و DPPH میزان $0/850$ به دست آمد که نشان دهنده رابطه منفی و معنی‌دار بین این صفت‌ها بود. بین فنول کل و عملکرد عصاره ضریب همبستگی مثبت معادل $0/413$ به دست آمد که در سطح 5% معنی‌دار بود. بدین صورت با افزایش میزان فنول کل نمونه، عملکرد عصاره افزایش یافت. بین میزان فلاونوئید کل و ABTS و DPPH با مقادیر عددی $0/856$ و $0/890$ همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح 1% به دست آمد. بین ABTS و DPPH با CUPRAC و FRAP همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. بین CUPRAC با FRAP با ضریب $0/382$ ، همبستگی معنی‌داری در سطح 5% مشاهده شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر اندام‌های مختلف بر میزان فلاونوئید کل اثری مشابه با فنول کل نشان داد به گونه‌ای که بیشترین مقدار فلاونوئید کل در برگ‌های گیاه با میانگین عددی $19/842 \text{ mgQE/gDE}$ و کمترین میزان فلاونوئید کل در میوه‌های گیاه با میانگین عددی $7/747 \text{ mgGA/gDE}$ به دست آمد که با مقدار فلاونوئید کل ریشه با میانگین عددی $9/297 \text{ mgGA/gDE}$ تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۲-ب).

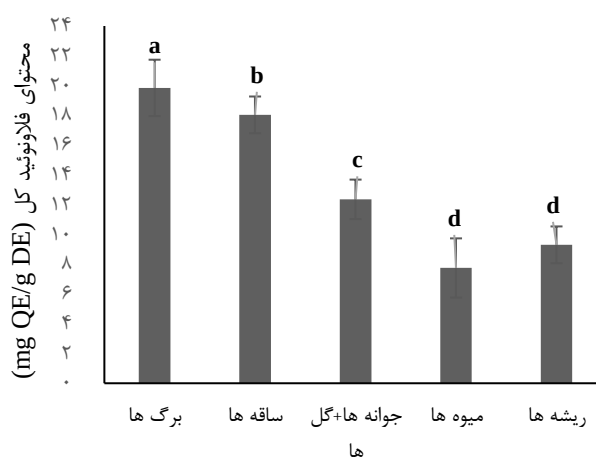
مقایسه میانگین اثر اندام‌های مختلف گیاه بر فعالیت آنتی اکسیدانی نشان داد که مطابق روش DPPH، بیشترین میزان مهار رادیکال‌های آزاد با مقدار $41/058 \text{ mgTE/gDE}$ در میوه‌های گیاه کور به دست آمد که با مقدار عصاره ریشه گیاه ($40/394 \text{ mgTE/gDE}$) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این ویژگی با مقدارهای $27/666 \text{ mgTE/gDE}$ و $28/257 \text{ mgTE/gDE}$ به ترتیب در عصاره‌های ساقه و برگ‌های گیاه مشاهده شد (شکل ۳-الف). همچنین نتایج فعالیت آنتی اکسیدانی مطابق روش ABTS نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار مهار رادیکال‌های آزاد به ترتیب توسط عصاره میوه‌ها ($42/734 \text{ mgTE/gDE}$) و برگ‌ها ($29/991 \text{ mgTE/gDE}$) بود (شکل ۳-ب).

در حالت کلی هر دو روش ABTS و DPPH نتایج تقریباً یکسانی در ارتباط با اثر اندام بر فعالیت آنتی



الف

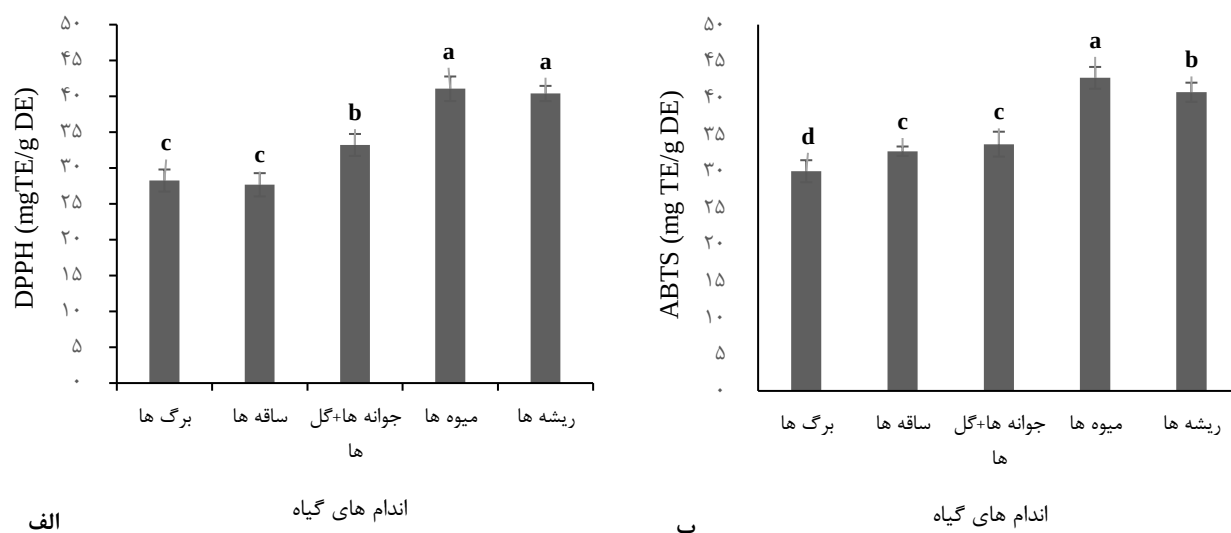
اندام های گیاه



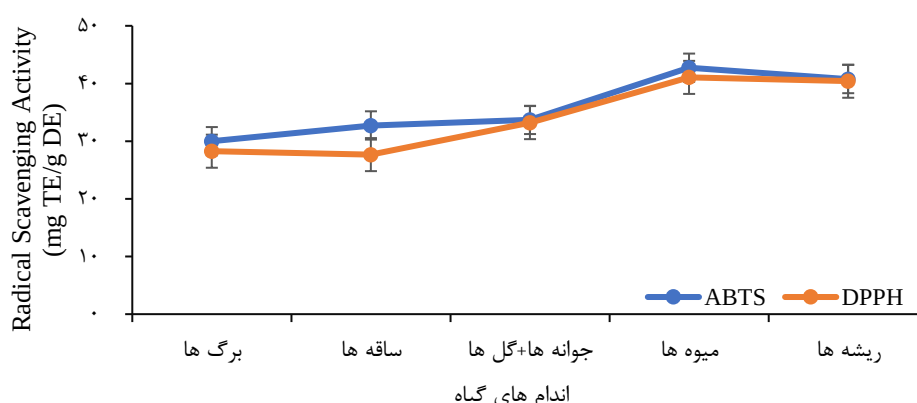
ب

اندام های گیاه

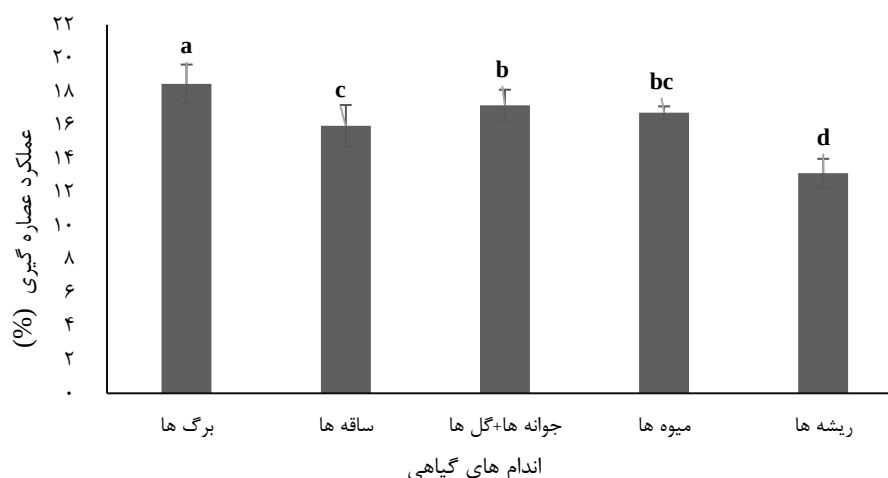
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر نوع اندام بر الف) محتوای فنول کل و ب) محتوای فلاونوئید کل در گیاه دارویی کور (*C. spinosa*). مقادیر نشان دهنده میانگین $\pm$ انحراف معیار است. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح 5% آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر نوع اندام بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی (الف) روش DPPH و (ب) روش ABTS در گیاه دارویی کور (*C. spinosa*). مقدارها نشان دهنده میانگین $\pm$ انحراف معیار است. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۴. مقایسه دو روش ABTS و DPPH به‌عنوان روش‌هایی برای بررسی مهار رادیکال‌های آزاد در اندام‌های مختلف گیاه کور (*C. spinosa*)



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر نوع اندام گیاه بر عملکرد عصاره گیاه دارویی کور (*C. spinosa*). مقادیر نشان دهنده میانگین $\pm$ انحراف معیار است. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

بر پایه نتیجه بدست آمده، مقدار فنول کل و فلاونوئید با ضریب $0/955$ از همبستگی مثبت و معنی داری در سطح 1% برخوردار بودند. همبستگی بین فنول کل و ABTS میزان $0/834$ - و بین فنول کل و DPPH میزان $0/850$ - به دست آمد که نشان دهنده رابطه منفی و معنی دار بین این صفت ها بود. بین فنول کل و عملکرد عصاره ضریب همبستگی مثبت معادل $0/413$ به دست آمد که در سطح 5% معنی دار بود. بدین صورت با افزایش میزان فنول کل نمونه، عملکرد عصاره افزایش یافت. بین میزان فلاونوئید کل و ABTS و DPPH با مقادیر عددی $0/856$ - و $0/890$ - همبستگی منفی و معنی دار در سطح 1% به دست آمد. بین ABTS و DPPH با CUPRAC و FRAP همبستگی معنی داری مشاهده نشد. بین CUPRAC با FRAP با ضریب $0/382$ ، همبستگی معنی داری در سطح 5% مشاهده شد (جدول ۲).

■ بحث و نتیجه گیری

در گیاهان دارویی، ترکیب های فنولی و فلاونوئیدها دو گروه مهم متابولیت های ثانویه هستند. تفاوت بین محتوای

فنول کل یا توزیع متابولیت های ثانویه به مرحله رشد و شرایط آب و هوایی مانند طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، درجه حرارت، رطوبت، تابش نور، خشکی و شوری بستگی دارد. تحقیقات متعدد، غنی بودن بخش های مختلف گیاه کور به لحاظ پلی فنول ها را تأیید کرده اند. از جمله مهمترین عوامل تغییر دهنده میزان پلی فنول های گیاه کور در پژوهش های مختلف شامل نوع حلال عصاره گیری و منشأ جغرافیایی گیاه است (۲۹). اشعه ماوراء بنفش نیز به عنوان عاملی تأثیرگذار بر میزان متابولیت های ثانویه گیاهی است که پژوهش های متعدد حاکی از افزایش میزان متابولیت های ثانویه گیاهی با افزایش میزان اشعه ماوراء بنفش است (۳۴،۳۵). افزایش غلظت متابولیت های ثانویه از طریق افزایش فعالیت آنزیم های مسیرهای مربوطه است (۳۴).

در پژوهش حاضر محتوای فنول کل عصاره ها در اندام های مختلف گیاه کور متفاوت بود به نحوی که برگ ها با میانگین عددی $48/61 \text{ mgGA/gDE}$ ، بیشترین محتوای فنول کل را داشتند.

جدول ۲. مقادیر عددی ضریب همبستگی پیرسون بین خصوصیات مواد مؤثره عصاره گیاه دارویی کور (*C. spinosa*)

محتوای فنول کل	محتوای فلاونوئید کل	فعالیت آنتی اکسیدانی (ABTS)	فعالیت آنتی اکسیدانی (DPPH)	فعالیت آنتی اکسیدانی (CUPRAC)	فعالیت آنتی اکسیدانی (FRAP)	عملکرد عصاره
۱	۰/۹۵۵**	-۰/۸۳۴**	-۰/۸۵۰**	۰/۳۲۳ ^{ns}	۰/۰۸۳ ^{ns}	۰/۴۱۳*
	۱	-۰/۸۵۶**	-۰/۸۹۰**	۰/۲۴۱ ^{ns}	۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۴۷۹**
		۱	۰/۹۳۵**	-۰/۰۴۶ ^{ns}	۰/۱۷۲ ^{ns}	-۰/۵۱۴**
			۱	-۰/۰۵۳ ^{ns}	۰/۲۰۲ ^{ns}	-۰/۴۷۶**
				۱	۰/۳۸۲*	-۰/۱۲۷ ^{ns}
					۱	-۰/۱۱۹ ^{ns}
						۱

^{ns} بدون اختلاف معنی دار، * اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5% و ^{**} اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1%

اکسیدانی گردید (۱۶). بنابراین در این پژوهش یکی از دلایل مهم برای ازدیاد میزان فنول و فلاونوئید کل در گیاهان استان یزد نسبت به گیاهان استان اصفهان، کاهش ارتفاع منطقه کشت آن‌ها نسبت به سطح دریاست. در این مناطق به دلیل افزایش درجه حرارت و واکنش گیاه به آن ممکن است بیوسنتز این مواد افزایش یابد. در ارتفاع پایین، فصل رشد گیاه طولانی‌تر شده و این عامل به نوبه خود می‌تواند متابولیت‌های ثانویه بیشتری را در گیاه ذخیره و حفظ نماید. ارتفاع از سطح دریا به عنوان عامل مهمی برای رشد و عملکرد گیاهان مطرح است (۳۳).

بر اساس پژوهش انجام گرفته، تنش‌های محیطی موجب افزایش سطح متابولیت‌های ثانویه در گیاهان می‌شوند (۱۱). مکان یزد از میانگین دمایی بیشتری نسبت به مکان اصفهان برخوردار است. دماهای بالای روزانه می‌تواند به عنوان تنش گرمایی برای گیاه تلقی گردیده و گیاه را به تولید بیشتر متابولیت‌های ثانویه و به خصوص ترکیب‌های فنولی برای کاهش تأثیر مخرب تنش هدایت کند. همچنین به دلیل بیشتر بودن میانگین بارش در مکان اصفهان، غلظت ترکیب‌های مؤثره گیاهی کاهش پیدا کرده که این عامل به سهم خود روی کاهش عملکرد گیاه می‌تواند مؤثر باشد.

گیاه دارویی کور به عنوان یکی از بهترین منابع ژنتیکی فلاونوئیدها شناخته شده است (۱). در پژوهش حاضر، غلظت کل فلاونوئید در عصاره‌های هیدروالکلی بخش‌های مختلف گیاه کور با استفاده از معادل کوئرستین بر گرم وزن خشک عصاره اندازه‌گیری شد که بیشترین میزان مربوط به عصاره برگ‌های گیاه بود. گونه‌های مختلف گیاه کور سطوح زیادی از فلاونوئیدهای اصلی از جمله روتین $C_{15}H_{10}O_7$ و کوئرستین $C_{15}H_{10}O_6$ و کامپفرول $C_{27}H_{30}O_{16}$ را دارا هستند (۹).

خاصیت آنتی اکسیدانی از مهمترین خصوصیات مواد مؤثره است که باعث مهار رادیکال‌های آزاد یا کاهش قدرت آن‌ها می‌شود (۳۳). در حالت کلی در مطالعات مختلف، قسمت‌های مختلف گیاه کور فعالیت آنتی اکسیدانی از خود نشان دادند. اعداد گزارش شده در مطالعات مختلف دامنه عددی متفاوت داشته اما تمام این مقادیر عددی چه در نمونه‌های خشک، چه نمونه‌های تر و چه در عصاره‌ها و با

میزان بالای محتوای فنول کل در عصاره‌های خشک نشان دهنده اهمیت قابل توجه برای کاربردهای دارویی است. میزان پلی فنول‌ها در آزمایش‌های مختلف بسیار متفاوت گزارش شده‌اند. این مقدار برابر با $120 \text{ mgGA}/100 \text{ gFW}$ (۲) و $37/01 \text{ mgGA}/100 \text{ gDE}$ بیان گردید. میزان پلی فنول عصاره برگ‌های گیاه کور نیز متغیر بیان شده است. به طور مثال این میزان $16 \text{ mgGA}/\text{gDE}$ (۲۸) و $0/082 \text{ mgGA}/\text{gDE}$ (۵) بیان شده است. در حالت کلی تفاوت در مقادیر ترکیب‌های فنولی، مربوط به تفاوت در اندام‌های گیاهی مورد مطالعه، روش‌های مورد استفاده در تعیین پلی فنول‌ها، عوامل جغرافیایی، ناحیه کشت گیاه و روش‌های سنجش است (۱۲).

طبق نتایج پژوهش حاضر، رویشگاه گیاه تأثیر معنی‌داری بر میزان فنول و فلاونوئید کل داشت. گیاه کور برداشت شده از مکان یزد ترکیب‌های فنول و فلاونوئید بیشتری نسبت به گیاه کور برداشت شده در مکان اصفهان داشت. پژوهشی روی محتوای فنول و فلاونوئید گیاه دارویی مورد *Myrtus communis* L. از سه رویشگاه مختلف در زاگرس انجام شد که نتایج آن نشان داد که مکان جمع‌آوری نمونه بر میزان این ترکیب‌ها اثر معنی‌داری دارد (۳۳). همچنین پژوهشی روی ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه ریواس *Rheum ribes* L. جمع‌آوری شده از نقاط مختلف ایران انجام شد که نشان داد مکان بر محتوای فیتوشیمیایی گیاه، اثر معنی‌داری دارد (۱۴). در حالت کلی شرایط نمونه‌برداری و محل نمونه‌برداری می‌تواند اثر معنی‌داری بر محتوای ترکیب‌های گیاهان داشته باشد. نمونه‌گیری در استان اصفهان، از مکان میمه با متوسط ارتفاع از سطح دریا 1965 m و در استان یزد از مکان اشکذر با متوسط ارتفاع از سطح دریا 1175 m بود. بررسی‌ها نشان داده‌اند که ارتفاع از سطح دریا می‌تواند بر میزان ترکیب‌های فنول و فلاونوئید مؤثر باشد. مطالعه‌ای نشان داد که بیشترین میزان فنول و فلاونوئید مربوط به منطقه‌ای با پایین‌ترین ارتفاع از سطح دریا بود (۱۳). در تحقیق دیگر اثر ارتفاع بر برخی از متابولیت‌های ثانویه اندام‌های گیاه آقطی *Sambucus ebulus* در استان گلستان بررسی شد و نتایج نشان داد که کاهش ارتفاع از سطح دریا باعث افزایش میزان فنول کل، فلاونوئید و فعالیت آنتی

استانداردهای مختلف یک موضوع را بیان می‌کنند و آن تأیید فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه کور است. غنچه‌های گل و میوه‌های گیاه کور دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی بوده و به‌همین دلیل به‌عنوان فعالیت ضد باکتریایی و به‌عنوان اثرات هم افزایی روی آنتی بیوتیک‌ها می‌توانند توصیف شوند (۸). عصاره برگ‌های گیاه کور فعالیت قابل توجهی در آزمون FRAP نشان دادند (۲۳). قدرت احیا کنندگی عصاره برگ‌های گیاه کور احتمالاً به‌دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل در ترکیب‌های فنولی آن است که می‌تواند به‌عنوان دهنده الکترون عمل کند. همچنین ممکن است مقادیرهای FRAP گزارش شده با محتوای تیول و ترکیب‌های گوگردی نیز مرتبط باشد (۲).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین میزان فنول کل و فلاونوئید کل همبستگی مثبتی وجود دارد. در مطالعات مختلف همبستگی بالایی بین میزان فنول کل و فلاونوئید کل گزارش شده است (۴). در پژوهش حاضر، بین فلاونوئید کل و فعالیت‌های آنتی اکسیدانی و همچنین فنول کل و فعالیت‌های آنتی اکسیدانی همبستگی منفی وجود داشت. در پژوهش دیگری همبستگی مثبت بین میزان فلاونوئید و فعالیت آنتی اکسیدانی بیان شد (۳۱) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی ندارد. محتوای فنول کل لزوماً شامل تمام آنتی اکسیدان‌های موجود در یک عصاره نیست. به عبارت دیگر

ظرفیت آنتی اکسیدانی صرفاً به ترکیب‌های فنولی بستگی ندارد و می‌تواند ناشی از دیگر ترکیب‌ها و مواد مانند اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها باشد (۱۷). در حالت کلی همبستگی مبهمی بین محتوای فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدان می‌تواند وجود داشته باشد (۳). در پژوهشی همبستگی منفی بین محتوای فنول کل و فعالیت ABTS و DPPH عصاره ایتیل استات و دی کلرومتان گیاه گارسینیا کامبوجیا *Garcinia lasoar* بیان شد. همچنین وجود همبستگی منفی بین فلاونوئید کل و ABTS در عصاره اتانولی این گیاه نیز بیان شد (۱۷). روش‌های ABTS و DPPH سازوکار واکنش یکسانی بر اساس انتقال الکترون دارند. همبستگی مثبت بین این دو فعالیت در پژوهش حاضر نیز به دست آمد.

■ سیاست‌گذاری

نویسندگان از حمایت مالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و پارک علم و فناوری یزد از رساله دکتری در قالب کد ۳۲-۰۰-۰۲-۰۰۶۴۶ قدرانی می‌نمایند. همچنین از دانشگاه یزد-ایران و دانشگاه فنی استانبول-ترکیه بابت در اختیار گذاشتن امکانات آزمایشگاهی سپاسگزاری می‌نمایند.

■ References

1. Abo El-Fadl, R., Ahmed, M. E., Abd Elaziem, T. M., Ibrahim, H., Ghaly, O., Ewas, M., & Allam, M. A. (2021). Micropropagation, conservation, molecular and biochemical studies on *Capparis spinosa* var. *deserti*, a wild endangered plant in Egyptian flora. *Egyptian Journal of Desert Research*, 71(2), 209-243. DOI: <https://doi.org/10.21608/EJDR.2022.110302.1093>
2. Allaith, A. A. A. (2016). Assessment of the antioxidant properties of the caper fruit (*Capparis spinosa* L.) from Bahrain. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 19(1), 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2014.07.001>
3. Alu'datt, M.H., Rababah, T., Sakandar, H.A., Imran, M., Mustafa, N., Alhamad, M.N., Mhaidat, N., Kubow, S., Tranchant, C., Al-Tawaha, A.R. and Ayadi, W. (2018). Fermented food-derived bioactive compounds with anticarcinogenic properties: Fermented royal jelly as a novel source for compounds with health benefits. *Anticancer plants: Properties and Application: 1*, 141-165. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-8548-2_7

4. Becerril-Sánchez, A. L., Quintero-Salazar, B., Dublán-García, O., & Escalona-Buendía, H. B. (2021). Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. *Antioxidants*, 10(11), 1700. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox10111700>
5. Benzidane, N., Charef, N., Krache, I., Baghiani, A., & Arrar, L. (2013). In vitro bronchorelaxant effects of *Capparis spinosa* aqueous extracts on rat trachea. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(9), 085-088. DOI: <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3916>
6. Bhattacharya, A., Sood, P., & Citovsky, V. (2010). The roles of plant phenolics in defence and communication during Agrobacterium and Rhizobium infection. *Molecular plant pathology*, 11(5), 705-719. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00625.x>
7. Chang, Q., Zuo, Z., Harrison, F., & Chow, M. S. S. (2002). Hawthorn. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 42(6), 605-612. DOI: 10.1177/00970002042006003
8. Ennacerie, F. Z., Filali, F. R., Moukrad, N., Boudra, M., & Bentayeb, A. (2018). Evaluation of the Antioxidant Activity and the Cytotoxicity of Extracts of *Capparis spinosa*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 10(2), 57-64. DOI: <https://doi.org/10.25004/IJPSDR.2018.100202>
9. Ewas, M. (2023). Systematic revision of *Capparis spinosa* L. var. (canescens, deserti, inermis), the endemic varieties among egyptian flora based on molecular and chemo-taxonomy. *Egyptian Journal of Desert Research*, 73(1), 131-156. DOI: <https://doi.org/10.21608/EJDR.2023.207924.1141>
10. Faheem, S. A., Saeed, N. M., El-Naga, R. N., Ayoub, I. M., & Azab, S. S. (2020). Hepatoprotective effect of cranberry nutraceutical extract in non-alcoholic fatty liver model in rats: Impact on insulin resistance and Nrf-2 expression. *Frontiers in pharmacology*, 11, 218. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00218>
11. Farrokhi, E., Samadi, A., & Rahimi, A. (2021). Investigation of antioxidant activity, total phenol and flavonoid content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) in different media under hydroponic condition. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 8(4), 19-33. [In Persian]
12. Feduraev, P., Chupakhina, G., Maslennikov, P., Tacenko, N., & Skrypnik, L. (2019). Variation in phenolic compounds content and antioxidant activity of different plant organs from *Rumex crispus* L. and *Rumex obtusifolius* L. at different growth stages. *Antioxidants*, 8(7), 237. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8070237>
13. Ghanbari, M., Souri, M. K., Omidbaigi, R., & Mirzaei, H. H. (2014). Evaluation of some ecological factors, morphological traits and essential oil productivity of *Achillea millefolium* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(5), 692-701. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2014.10707> [In Persian]
14. Ghasemi, G., Fattahi, M., & Alirezalou, A. (2018). The study of phytochemical properties and antioxidant activity of different genotypes *Rheum ribes* L. collected from different regions of Iran. *Journal of Food Research*, 28(4), 73-88. [In Persian]
15. Jain, C., Khatana, S., & Vijayvergia, R. (2019). Bioactivity of secondary metabolites of various plants: a review. *Int. J. Pharm. Sci. Res*, 10(2), 494-504. DOI: [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10\(2\).494-04](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10(2).494-04)
16. Kaghazloo, Z., Hemati, K., & Khorasaninejad, S. (2017). The effect of height on some secondary metabolites of different organs of *Sambucus* (*Sambucus ebulus* L.) in three cities of Golestan province. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, 12(47), 31-43. [In Persian]

17. Kainama, H., Fatmawati, S., Santoso, M., Papilaya, P. M., & Ersam, T. (2020). The relationship of free radical scavenging and total phenolic and flavonoid contents of *Garcinia lasoar* PAM. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 53, 1151-1157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11094-020-02139-5>
18. Kalantari, H., Foruozaandeh, H., Khodayar, M. J., Siahpoosh, A., Saki, N., & Kheradmand, P. (2018). Antioxidant and hepatoprotective effects of *Capparis spinosa* L. fractions and Quercetin on tert-butyl hydroperoxide-induced acute liver damage in mice. *Journal of traditional and complementary medicine*, 8(1), 120-127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.04.010>
19. Karami, Z., Emam-Djomeh, Z., Mirzaee, H. A., Khomeiri, M., Mahoonak, A. S., & Aydani, E. (2015). Optimization of microwave assisted extraction (MAE) and soxhlet extraction of phenolic compound from licorice root. *Journal of food science and technology*, 52(6), 3242-3253. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1384-9>
20. Kdimy, A., El Yadini, M., Guaadaoui, A., Bourais, I., El Hajjaji, S., & Le, H. V. (2022). Phytochemistry, biological activities, therapeutic potential, and socio-economic value of the Caper Bush (*Capparis Spinosa* L.). *Chemistry & Biodiversity*, 19(10), e202200300. DOI: <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200300>
21. Kisiriko, M., Anastasiadi, M., Terry, L. A., Yasri, A., Beale, M. H., & Ward, J. L. (2021). Phenolics from medicinal and aromatic plants: Characterisation and potential as biostimulants and bioprotectants. *Molecules*, 26(21), 6343. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26216343>
22. Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., & Milner, A. (1993). A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical science (London, England: 1979)*, 84(4), 407-412. DOI: 10.1042/cs0840407
23. Mohebal, N., Shahzadeh Fazeli, S. A., Ghafoori, H., Farahmand, Z., MohammadKhani, E., Vakhshiteh, F., Ghamarian, A., Farhangniya, M., & Sanati, M. H. (2018). Effect of flavonoids rich extract of *Capparis spinosa* on inflammatory involved genes in amyloid-beta peptide injected rat model of Alzheimer's disease. *Nutritional neuroscience*, 21(2), 143-150. DOI: <https://doi.org/10.1080/1028415X.2016.1238026>
24. Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
25. Nakajima, J. I., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M., & Saito, K. (2004). LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004(5), 241-247. DOI: <https://doi.org/10.1155/S1110724304404045>
26. Oloumi, H., Shakeri, S., & Behzadi, M. (2016). Antioxidant activities, polyphenolic composition and their correlation analysis on *Hibiscus sabdarifa* L.(sabdariffa) calices. *Journal of Medicinal Herbs*, 7(2), 89-96. [In Persian]
27. Pegiou, S., Raptis, P., Zafeiriou, I., Polidoros, A. N., & Mylona, P. V. (2023). Genetic diversity and structure of *Capparis spinosa* L. natural populations using morphological and molecular markers. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 34, 100487. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100487>
28. Proestos, C., Boziaris, I. S., Nychas, G. J., & Komaitis, M. (2006). Analysis of flavonoids and phenolic acids in Greek aromatic plants: Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Food chemistry*, 95(4), 664-671. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.049>

29. Rajhi, I., Hernandez-Ramos, F., Abderrabba, M., Ben Dhia, M. T., Ayadi, S., & Labidi, J. (2021). Antioxidant, antifungal and phytochemical investigations of *Capparis spinosa* L. *Agriculture*, 11(10), 1025. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11101025>
30. Saboora, A., Dadmehr, K. H., & Ranjbar, M. (2013). Total phenolic and flavonoid contents and investigation on antioxidant properties of stem and leaf extracts in six Iranian species of wild *Dianthus* L. *Iranian journal of medicinal and aromatic plants*, 29(2), 281-294. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2856> [In Persian]
31. Sepehrifar, R., & Hasanloo, T. (2010). Polyphenolics, flavonoids and anthocyanins content and antioxidant activity of Qare-Qat (*Vaccinium arctostaphylos* L.) from different areas of Iran. *Journal of Medicinal Plants*, 9(33), 66-74. [In Persian]
32. Shamsiev, A., Park, J., Olawuyi, I. F., Odey, G., & Lee, W. (2021). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polyphenols and antioxidants from cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Korean Journal of Food Preservation*, 28(4), 510-521. DOI: <https://doi.org/10.11002/kjfp.2021.28.4.510>
33. Sohrabi Muri, V., Azadfar, D., Hemmati, K., & Saeedi, Z. (2022). Study of essential oil, phenol and flavonoid compounds of *Myrtus communis* L. in three forest habitats of Zagros. *Journal of Plant Process and Function*, 11(50), 327-340. [In Persian]
34. Takshak, S., & Agrawal, S. B. (2017). Exogenous application of IAA alleviates effects of supplemental ultraviolet-B radiation in the medicinal plant *Withania somnifera* Dunal. *Plant Biology*, 19(6), 904-916. DOI: <https://doi.org/10.1111/plb.12601>
35. Vanhaelewyn, L., Van Der Straeten, D., De Coninck, B., & Vandenbussche, F. (2020). Ultraviolet radiation from a plant perspective: The plant-microorganism context. *Frontiers in plant science*, 11, 1984. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.597642>

Effectiveness of Remote Sensing and Machine Learning Algorithms in Zoning Areas Prone to Dust in Isfahan Province

M. Afshari¹, A. A. Vali^{2*}

1. PhD candidate, Desert control and management, Department of Natural Resources and Earth Science, University of Kashan, Kashan, Iran.
2. Associate professor, Department of Natural Resources and Earth Science, University of Kashan, Kashan, Iran.

* Corresponding Author: Vali@kashanu.ac.ir

Received date: 19/09/2023

Accepted date: 25/10/2023



[10.22034/JDMAL.2023.2011344.1438](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2011344.1438)

Extended Abstract

Introduction

Dust is a phenomenon that is mostly seen in arid and semi-arid areas due to high wind speeds and turbulence on the soil surface without vegetation, and prone to erosion. Wind erosion and its dust are a result of various factors including wind speed, vegetation cover, soil characteristics, and climatic conditions. The interaction of all of them leads to an increase or decrease in wind erosion and dust storms. The absence of sufficient information about the prevailing conditions in the region, and knowledge about sensitive and prone areas to dust storms is the cause of the problems caused by them. To address this phenomenon and provide effective management solutions, it is necessary to understand the areas that are most susceptible to dust and the factors that contribute to its occurrence. Remote sensing and modeling can be highly effective in investigating the dust phenomenon in this regard. Remote sensing data and machine learning have been utilized in numerous studies to investigate dust storms and their sources, as well as to model areas that are susceptible to this phenomenon. Although Isfahan province is considered one of the most significant geographical regions of the country, it is prone to repeated droughts, desertification, and dust storms due to its special geographical location, low rainfall, and proximity to the desert. Conducting studies that will lead us to a better understanding of dust-prone areas in this province is necessary. Therefore, In the current research, zoning of dust-prone areas in Isfahan province was done using meteorological codes related to dust, aerosol optical depth values of MODIS sensor of Terra satellite (2001-2022), and machine learning algorithms including RF, BRT, SVM, and CART.

Material and Methods

Isfahan Province with an area of nearly 107017 km², is located between 30° 43' to 34° 30' N and 49° 38' to 55° 31' E in Central Iran (Fig. 1). This province experiences an annual rainfall of between 40 mm and more than 800 mm. According to the Iran Meteorological Organization, the average annual temperature is between 10 °C and 20 °C. According to the Thornthwaite method, the climate of Isfahan province is arid in 58.73% of its area (eastern, northeastern, and sub-central parts of the province), semi-arid in 28% of its area (central



and northern parts of the province), and humid and semi-humid in 13.27% of its area (western and southern parts of the province). The first step was to determine the occurrence and non-occurrence points of dust through the use of AOD values. Predictive factors were determined by analyzing 10 different factors, which include land use, temperature, rainfall, erosive wind speed, slope, altitude, albedo, EVI, NDSI, and NDMI. The variance inflation factor (VIF) was used to calculate the correlation between the predictive factors in the next step. Machine learning algorithms were employed to model areas susceptible to dust, and the jackknife test was used to determine the significance of predictive factors in zoning. The model was verified by measuring the value of the area under the ROC curve (ROC-AUC).

Results and Discussion

According to the zoning map for dust-prone areas in Isfahan province, areas with low altitude and flat parts of the north, parts of the northeast, southeast of the province, and the central areas towards the southwest and west of Isfahan province are susceptible to dust. In the RF model, the very low class had the highest percentage of areas that were prone to dust, with a value of 21.36%, and in the BRT model, 22.66% was in the medium class, and in the SVM and CART models, it was very high and low classes with values of 23.92% and 37.6%, respectively. The results of validation illustrated that the RF model with AUC of 0.86 was the most efficient, followed by BRT, CART, and SVM models with AUC values of 0.82, 0.79, and 0.77 respectively. According to the Jackknife test results, in RF, BRT, and CART models, rainfall had the most effect in modeling, while in the SVM model, temperature and rainfall had the most effect in the modeling. The results indicate that salty, barren, and rangeland with poor quality are the most susceptible areas to dust. The lack of vegetation or weak vegetation is a result of the low amount of surface soil moisture, lowest rainfall, and highest temperature in these areas. These areas are susceptible to dust, and when winds blow at a speed above the threshold for wind erosion, dust storms will happen. The validation results indicate that the RF model is the most effective among the applied models, followed by BRT, CART, and SVM models. The Random Forest algorithm is an advanced decision tree model that is utilized for classification and regression. This algorithm's performance is significantly better than other simple regression trees or parametric statistical methods, and it is determined by a large number of decision trees. Rainfall was identified as the most important factor in RF, BRT, and CART models by the jackknife test results. In the RF model, which is considered the best model, the temperature and altitude factors are more important than other factors, after the rainfall factor. The low rainfall in dust-prone areas can lead to soil dryness and low vegetation, which increases the conditions for wind erosion and dust.

Keywords: Random forest; Aerosol optical depth; Area under the curve; Jackknife





کارآیی سنجش از دور و خوارزمیک‌های یادگیری ماشین در پهنه‌بندی مناطق مستعد گردوغبار استان اصفهان

مجید افشاری^۱، عباسعلی ولی^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه مدیریت سرزمین‌های خشک، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

۲. دانشیار گروه مدیریت سرزمین‌های خشک، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

* نویسنده مسئول: Vali@kashanu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۳

doi: [10.22034/JDMAL.2023.2011344.1438](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2011344.1438)

چکیده

گردوغبار پدیده‌ای است که عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک در نتیجه سرعت زیاد باد و تلاطم آن بر روی سطح خاک بدون پوشش گیاهی و مستعد فرسایش ایجاد می‌شود. استان اصفهان یکی از مهمترین مناطق جغرافیایی کشور محسوب می‌شود که به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، میزان کم بارندگی، همجواری با کویر و بیابان‌های بزرگ کشور، زمینه برای خشکسالی‌های دوره‌ای، گسترش بیابان‌زائی و وقوع توفان‌های گردوغبار در این استان فراهم می‌باشد. بنابراین انجام مطالعاتی که ما را به شناخت صحیحی از مناطق مستعد گردوغبار در این استان برساند، بیش از پیش احساس می‌گردد. لذا در این تحقیق، با استفاده از کدهای هواشناسی گردوغبار و مقادیر عمق اپتیک آئروسول، سنجنده مودیس ماهواره Terra (۲۰۰۱-۲۰۲۲) و الگوریتم‌های RF، BRT، SVM و CART به پهنه‌بندی مناطق مستعد گردوغبار در استان اصفهان پرداخته شد. بدین منظور، نقشه نقاط وقوع و عدم وقوع گردوغبار با استفاده از کدهای هواشناسی و مقدار عمق اپتیک آئروسول تهیه شد. عوامل دما، بارش، شیب، ارتفاع، آلودگی، کاربری اراضی، سرعت باد فرساینده، شاخص رطوبت سطح خاک، شاخص شوری، و شاخص پوشش گیاهی به عنوان عوامل پیش‌بینی‌کننده در نظر گرفته شد و سپس با بهره‌گیری از خوارزمیک‌های (الگوریتم) یادگیری ماشین، پهنه‌بندی مکانی مناطق مستعد گردوغبار انجام شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که بیشترین احتمال وقوع گردوغبار مربوط به اراضی بایر، شور و نیز کاربری مرتع با تاج پوشش فقیر بوده است. ارزیابی کارآیی مدل‌ها نشان داد که مدل جنگل تصادفی با مقدار $AUC=0/86$ بهترین کارآیی را داشته است و پس از آن به ترتیب خوارزمیک‌های BRT با $AUC=0/82$ ، CART با $AUC=0/79$ و SVM با مقدار $AUC=0/77$ قرار دارد. بررسی تحلیل حساسیت جک‌نایف نیز نشان داد که در مدل‌های RF، BRT و CART عامل بارش بیشترین اثرگذاری را در پهنه‌بندی و تعیین مناطق مستعد گردوغبار داشته و در مدل SVM عامل دما و پس از آن بارش بیشترین اثرگذاری را داشته است.

واژگان کلیدی: جنگل تصادفی؛ عمق اپتیک آئروسول؛ سطح زیر منحنی؛ جک‌نایف



■ مقدمه

گرد و غبار به‌عنوان مؤلفه اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (۳)، یکی از مهمترین مشکلات محیط‌زیستی در این مناطق محسوب می‌شود. از آنجایی که قسمت اعظمی از کشور ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌است، در طول سال با پدیده گرد و غبار مواجه است، به‌طوری که مسئله گرد و غبار به یک چالش در کشور تبدیل شده و تقریباً تمام ارگان‌های مرتبط با محیط زیست را درگیر کرده است. در ایجاد فرسایش بادی و گرد و غبار ناشی از آن عواملی چون سرعت باد، پوشش گیاهی سطح خاک، خصوصیات خاک، عوامل اقلیمی و ... دخیل هستند که تمامی عوامل باهم در ارتباط بوده و منجر به افزایش یا کاهش فرسایش بادی و در نتیجه وقوع یا عدم وقوع طوفان‌های گرد و غبار در یک منطقه می‌شوند (۴). اقلیم گسترده خشک و نیمه‌خشک ایران، به دلیل شرایط خاص محیطی از جمله کمبود بارندگی، تراکم محدود پوشش گیاهی، برداشت نادرست منابع آب و غیره، زمینه را برای وقوع طوفان‌های گرد و غبار فراهم کرده است (۱۴). پدید گرد و غبار به‌عنوان یک چالش جدی برای تولید پایدار و مدیریت اراضی محسوب می‌شود. بنابراین مقابله با این پدیده به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، امری لازم و ضروری می‌باشد به‌طوری‌که می‌توان با ارائه روش‌های مدیریتی مناسب، شدت این پدیده را کاهش داد و از گسترش آن جلوگیری کرد. نوسان اقلیم در سال‌های اخیر اثرات قابل توجهی بر بخش‌های مختلف زمین از جمله کشاورزی، منابع طبیعی، منابع آب داشته است. در این راستا بررسی تأثیر اقلیم بر پدیده‌های ثانوی از جمله گرد و غبار که در نتیجه تغییر عوامل هواشناسی ناشی از تغییر اقلیم رخ می‌دهد نیز مورد توجه قرار گرفته است. بارش، درجه حرارت و باد مهمترین عوامل اقلیمی هستند که در وقوع گرد و غبار نقش دارند (۱۶). علاوه بر عوامل اقلیمی، فعالیت‌های نادرست انسانی از جمله تغییر کاربری اراضی (۱۱)، تخریب پوشش گیاهی (۲) و ... در وقوع این پدیده اثرگذار است. اصولاً مشکلات ناشی از وقوع طوفان‌های گرد و غبار، به دلیل فقدان اطلاعات کافی در خصوص شرایط

حاکم بر منطقه، نحوه تغییرات این شرایط و عدم شناخت مناطق حساس و مستعد به وقوع گرد و غبار و یا عدم شناخت کانون‌های گرد و غبار می‌باشد. به همین دلیل به‌منظور مقابله با این پدیده و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب، شناخت مناطق مستعد وقوع گرد و غبار و عوامل مؤثر در وقوع این پدیده لازم و ضروری است.

مدلسازی که اغلب به صورت روابط ریاضی یا مدل‌های مفهومی بیان می‌شود، یکی از ابزارهای مناسب برای تصمیم‌گیری و پیش‌بینی پدیده‌های محیط‌زیستی و طبیعی است (۸). یادگیری ماشین (ML^۱) به برنامه‌نویسی برای بهینه‌سازی یک عملکرد با استفاده از داده‌ها و تجربیات گذشته گفته می‌شود. درواقع یادگیری ماشین استخراج یک مدل کلی از روی داده‌ها (اکثراً دیجیتالی) است که می‌تواند برای پیش‌بینی و یا به منظور استخراج دانش از داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. سنجش از دور به‌عنوان یکی از مهمترین فناوری‌های مبتنی بر مطالعات مکانی و ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها، نقش مهمی در بررسی‌های پدیده‌های زمینی دارد. در این راستا داده‌های سنجده مودیس، برای بررسی پدیده گردوغبار، می‌تواند بسیار مؤثر باشد. پژوهش‌های متعددی در سراسر جهان به بررسی پدیده گردوغبار و مدلسازی مناطق حساس به این پدیده با استفاده از داده‌های سنجش از دور و یادگیری ماشین صورت گرفته است که در ادامه به پاره‌ای از موارد اشاره شده است.

در پژوهشی با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی پیچشی (کانولوشن) به تعیین مناطق برداشت گردوغبار در منطقه‌ای از چین پرداخته شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد که مجموعه‌های بزرگ داده‌های ژئوشیمیایی همراه با فناوری یادگیری ماشین کاملاً قادر به ردیابی منابع گردوغبار هستند (۱۳). نتایج استفاده از سامانه عصبی فازی در پیش‌بینی و مدلسازی منابع گردوغبار نشان داد که مدل هیبرید شده DE ANFIS- دقت بیشتری دارد (۱۸). در مطالعه‌ای با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و متغیرهای BTDD3132، BTDD2931، NDDI و D2 برای تعیین کانون‌های گردوغبار، به مدلسازی مکانی مناطق

¹ Machine learning

استفاده از خوارزمیک‌های یادگیری ماشین در استان (۲) مقایسه کارایی خوارزمیک‌های یادگیری ماشین (۳) الویت‌بندی عوامل اثرگذار بر گردوغبار بر اساس هر مدل. نتایج این تحقیق می‌تواند به مدیران و تصمیم‌گیران در شناخت بهتر مناطق مستعد گردوغبار در استان اصفهان و نیز تعیین کارایی شیوه‌های نوین در این حوزه کمک کند.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

استان اصفهان با مساحتی حدود ۱۰۷۰۹۰ کیلومتر مربع (حدود ۶/۴٪ سطح کل کشور) در محدوده جغرافیایی ۳۰° ۴۳' و ۳۰° ۳۰' عرض شمالی و ۴۹° ۳۸' و ۵۵° ۳۰' طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). این استان از شمال به استان‌های سمنان و قم، از جنوب به استان فارس، از غرب به استان‌های چهارمحال بختیاری و لرستان، از جنوب غرب به استان کهگیلویه و بویر احمد و از شرق به استان‌های یزد و خراسان جنوبی محدود می‌شود. اقلیم استان براساس روش تورنث‌وایت در ۵۸/۷۳٪ از سطح استان، خشک (مناطق شرقی، شمال شرقی و نواحی پست مرکزی استان)، در ۲۸٪ نیمه‌خشک (نواحی مرتفع مرکزی و شمالی استان) و در ۱۳/۲۷٪ نیمه‌مرطوب و مرطوب (نواحی مرتفع غربی و جنوبی استان) است (سازمان هواشناسی ایران).

روش پژوهش

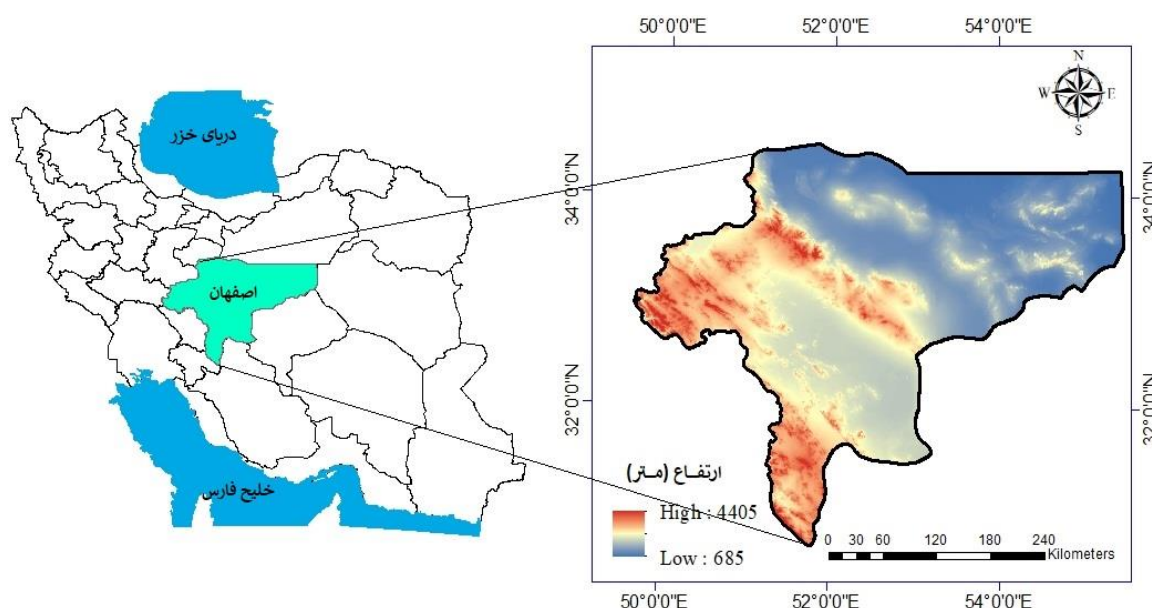
در آغاز با استفاده از مقادیر AOD نقاط وقوع و عدم وقوع گردوغبار تعیین شد. ده متغیر کاربری اراضی، دما، بارش، سرعت، شیب، ارتفاع، آلودگی، شاخص پوشش گیاهی، شاخص رطوبت سطح خاک و شاخص شوری سطح خاک به‌عنوان عوامل پیش‌بینی‌کننده تعیین شد و نقشه‌های مربوط به هر پارامتر تهیه گردید.

تمامی نقشه‌ها در محیط GIS به صورت نقشه‌های رستری با پیکسل‌سایزهای برابر تهیه شدند و جهت پهنه‌بندی، به فرمت ASCII درآمدند.

مستعد گردوغبار در استان‌های البرز و قزوین پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که در بین مدل‌های استفاده شده، مدل جنگل تصادفی بهترین کارایی را جهت مدلسازی مناطق مستعد گردوغبار داشته است (۸). در مطالعه‌ای، مسیریابی رخداد گردوغبار در استان اصفهان با استفاده از سنجش از دور و مدل عددی صورت گرفت. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که شمال عربستان به عنوان منشأ و مسیر جنوب غربی-شمال شرقی، مسیر اصلی ورود گرد و غبار برای اصفهان محسوب می‌شود (۱۲). در مطالعه‌ای دیگر، تعیین منابع برداشت گردوغبار و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق برداشت گردوغبار در استان خراسان رضوی با استفاده از سنجش از دور و خوارزمیک‌های یادگیری ماشین از جمله وزن شواهد، جنگل تصادفی و نسبت فراوانی انجام گرفته است. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که تمامی مدل‌ها قابلیت خوبی جهت پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق برداشت گردوغبار داشتند و در بین مدل‌های اعمال شده، خوارزمیک جنگل تصادفی کارایی بهترین نشان داده است (۶).

استان اصفهان با وسعت ۱۰۷۰۴۵ کیلومترمربع به لحاظ طبیعی و انسانی در شمار یکی از مهمترین مناطق جغرافیایی کشور است. به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، میزان کم بارندگی، همجواری با کویر و بیابان‌های بزرگ کشور، زمینه برای خشکسالی‌های دوره‌ای، گسترش بیابان‌زائی و وقوع توفان‌های گرد و غبار در این استان فراهم می‌باشد (۲۴). بنابراین انجام مطالعاتی که با استفاده از شیوه‌های نوین ما را به شناخت صحیحی از مناطق مستعد گردوغبار و نیز کانون‌های این پدیده، در این استان برساند و به اولویت‌بندی عوامل اثرگذار بر این پدیده بپردازد، بیش از پیش احساس می‌گردد. لذا در این تحقیق، با استفاده از مقادیر AOD^۱ سنجنده MODIS ماهواره Terra، نقشه نقاط پیش‌بینی‌کننده وقوع و عدم وقوع گردوغبار تهیه شد و سپس با بهره‌گیری از خوارزمیک‌های یادگیری ماشین، به پهنه‌بندی مکانی مناطق برداشت گردوغبار در استان اصفهان پرداخته شد. به‌طور کلی اهداف پژوهش حاضر عبارتند از: (۱) پهنه‌بندی مکانی مناطق مستعد گردوغبار با

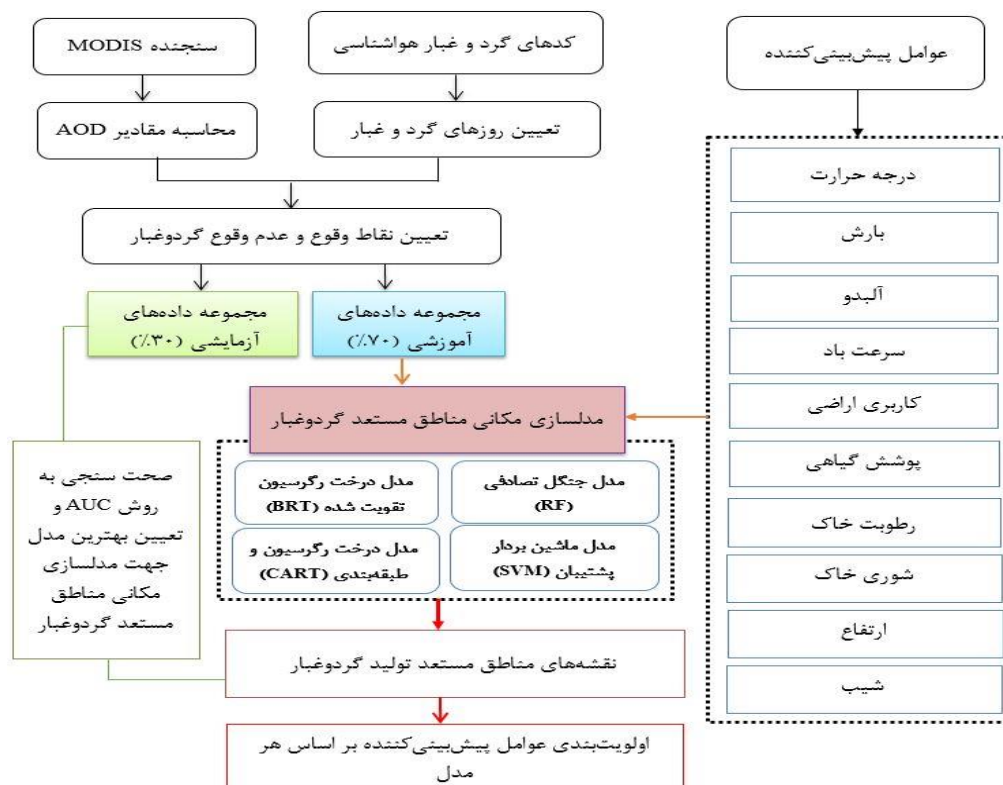
¹ Aerosol Optical Depth



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان اصفهان

حساسیت جک‌نایف تعیین شد (۱). در پایان با استفاده از مقدار سطح زیر منحنی راک (ROC^3 -AUC^۳) صحت‌سنجی مدل انجام شد (۸). مراحل مختلف پژوهش به‌طور اختصار در شکل ۲ ارائه شده است.

در مرحله بعد، همبستگی عوامل پیش‌بینی‌کننده با استفاده از عامل تورم واریانس (VIF^1) محاسبه شد (۱). با استفاده از خوارزمیک‌های یادگیری ماشین، پهنه‌بندی مکانی مناطق برداشت گرد و غبار صورت گرفت و اهمیت عوامل پیش‌بینی‌کننده در پهنه‌بندی، با استفاده از آنالیز



شکل ۲. مراحل انجام پژوهش

³ Receiver Operating Characteristic

¹ Variance Inflation Factor

² Area Under ROC Curve

تعیین نقاط وقوع و عدم وقوع گردوغبار

برای تهیه نقشه نقاط وقوع و عدم وقوع گردوغبار از کدهای هواشناسی که برای گردوغبار تعیین شده‌اند، طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۱، استفاده شد. طبق تعریف سازمان جهانی هواشناسی (WMO) در بین کدهای ۱۰۰-۰ موجود برای پدیده‌های مختلف هواشناسی، ۱۱ کد برای گرد و غبار تعریف شده‌اند. پس از تعیین روزهای گرد و غبار در طول ۲۲ سال، از بیشینه مقدار AOD سنجنده MODIS ماهواره Terra برای تعیین عمق نوری ذرات معلق جو در روزهای وقوع گرد و غبار استفاده شد. داده‌های MCD19A2 با قدرت تفکیک زمانی یک روزه و قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر ارائه می‌شود. این محصول از پردازش سنجنده مودیس ماهواره Terra و Aqua تولید می‌شود و شامل داده‌های مربوط به AOD است. نقشه حاصل‌شده با نقشه مناطق برداشت، حمل و رسوب (DTS)، که از اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان تهیه شد، مقایسه شد و بر اساس آن به دو طبقه کم و زیاد تقسیم شد. طبقه زیاد AOD و یا مناطقی که دارای بیشترین مقدار AOD بودند به عنوان مناطق برداشت گردوغبار و مناطقی با کمترین مقدار AOD، به عنوان منطقه عدم وقوع در نظر گرفته شدند. در هریک از مناطق وقوع و عدم وقوع به طور تصادفی ۲۰۰ نقطه انتخاب شد. در ادامه مجموعه نقاط به صورت تصادفی به دو دسته گروه آموزشی یا واسنجی شامل ۷۰٪ نقاط، برای آموزش به مدل و گروه اعتبارسنجی شامل ۳۰٪ نقاط تقسیم شد.

تهیه لایه‌های اطلاعاتی عوامل پیش‌بینی کننده

با بررسی پژوهش‌های پیشین صورت گرفته و نیز قابلیت دسترسی به آمار، عوامل مؤثر در وقوع گردوغبار انتخاب و اطلاعات مربوط به هر یک تهیه شد. شاخص‌های مورد استفاده در این مرحله شامل کاربری اراضی، دما، بارش، شیب، ارتفاع، سرعت باد فرساینده، آلودگی، شاخص پوشش گیاهی (EVI^۱)، شاخص رطوبت سطح خاک (NDMI^۲) و شاخص شوری سطح خاک (NDSI^۳) می‌باشد.

(۲، ۸، ۱۸). با توجه به اینکه اختلاف انعکاس سطحی و ایجاد جریان‌های همرفتی می‌تواند منجر به تولید باد گردد، عامل آلودگی در این پژوهش برای بررسی نقش آن در بروز پدیده گردوغبار، به عنوان عامل پیش‌بینی کننده در نظر گرفته شده است. به منظور تهیه نقشه عوامل هواشناسی شامل دما، بارش و سرعت باد فرساینده (بیش از ۶ متر بر ثانیه)، از داده‌های ایستگاه‌های همدیدی سازمان هواشناسی استفاده شد. نقشه کاربری اراضی با استفاده از نقشه پایه سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری تهیه شد و در پایان با استفاده از Google Earth در حد امکان مورد تصحیح و بازبینی قرار گرفت. همچنین برای تهیه نقشه‌های آلودگی، پوشش گیاهی، شاخص رطوبت و شوری خاک، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس، MOD09A1، مورد استفاده قرار گرفت و در محیط GIS به صورت نقشه‌های رستری تهیه شد.

تعیین همبستگی عوامل پیش‌بینی کننده

همبستگی زیاد بین متغیرهای پیش‌بینی کننده می‌تواند موجب کاهش دقت مدل شود. به منظور بررسی همبستگی خطی بین عوامل پیش‌بینی کننده، پیش از اعمال مدل‌های یادگیری ماشینی، روش‌های مختلفی وجود که در بیشتر موارد هر یک از این روش‌ها تأیید کننده روش‌های دیگر است (۱). یکی از روش‌های تشخیص وجود هم‌خطی که کاربرد زیادی دارد، استفاده از عامل تورم واریانس است. عامل تورم واریانس نشان می‌دهد که واریانس ضرایب تخمینی تا چه حد نسبت به حالتی که متغیرهای تخمینی، هم بستگی خطی ندارند، متورم شده است. به بیان ساده‌تر، VIF نشان می‌دهد که یک عامل تا چه اندازه تحت تأثیر دیگر عوامل پیش‌بینی کننده تغییر رفتار می‌دهد (رابطه ۱).

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2} \quad (1)$$

در این رابطه، شاخص R^2 بیانگر ضریب تبیین آمین متغیر مستقل روی بقیه است. محققان مختلف مقادیر

³ Normalized Difference Moisture Index

⁴ Normalized Difference Salinity Index

¹ Weather Meteorological Organization

² Enhanced Vegetation Index

صحيح تمرکز دارد. برای ارائه پیش‌بینی‌های قوی، نقاط قوت فرآیند تقویت و درخت‌های رگرسیون توسط درخت رگرسیون تقویت‌شده ترکیب می‌شوند (۱۵). این مدل متغیرهای طبقه‌بندی و پیوسته را پشتیبانی می‌کند. کلید اصلی تقویت، تبدیل بسیاری از یادگیرندگان ضعیف برای ایجاد یک یادگیرنده قدرتمند است.

درخت طبقه‌بندی و رگرسیون یک درخت دوتایی را با استفاده از تقسیم بازگشتی دوتایی ایجاد می‌کند که مسئله را به پاسخ‌های بله/خیر به عنوان مقادیر پیش‌بینی‌کننده تقسیم می‌کند. این مدل برای ایجاد رگرسیون و درخت‌های طبقه‌بندی استفاده می‌شود. زمانی که مقادیر هدف به صورت پیوسته است، درخت رگرسیون و زمانی که مقادیر هدف به صورت طبقه‌بندی است درخت طبقه‌بندی توسط این مدل تولید می‌شود (۲۱).

صحت‌سنجی نقشه‌های مناطق مستعد تولید گردوغبار مسئله مهم در حوزه مدلسازی و شبیه‌سازی، اطمینان از دقت مدل است. برای تعیین دقت و مقبولیت نتایج مدل‌های مورد استفاده، صحت‌سنجی در تمامی روش‌های مدلسازی و شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۰). به‌منظور صحت‌سنجی نتایج حاصل از مدل، از منحنی راک و ۳۰٪ داده‌ها که جهت آزمایش و اعتبارسنجی به صورت تصادفی باقی مانده بود، استفاده شد. در نظر گرفتن سطح زیر این منحنی (AUC) یکی از رایج‌ترین روش‌های اعتبارسنجی است که در مدلسازی برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی بکار می‌رود (۱۹). مقادیر سطح زیر منحنی بین صفر تا ۱ متغیر است و هرچه قدر مقدارها به ۱ نزدیک‌تر باشد، کارایی مدل بهتر است (جدول ۱).

متفاوتی از VIF را نشان‌دهنده هم‌خط بودن عوامل می‌دانند. مقدار شاخص تورم واریانس بالای ۱۰ نشان‌دهنده وضعیت هم‌خطی بحرانی و مقدار نزدیک به ۱ نشان‌دهنده وضعیت مطلوب است (۹).

پهنه‌بندی مکانی مناطق مستعد گردوغبار

به‌منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد گردوغبار، خوارزمیک‌های جنگل تصافی^۱ (RF)، ماشین بردار پشتیبان^۲ (SVM) درخت رگرسیون تقویت‌شده^۳ (BRT) و مدل درخت طبقه‌بندی و رگرسیون^۴ (CART) مورد استفاده قرار گرفت. خوارزمیک جنگل تصادفی یکی از روش‌های پیشرفته مدل درخت تصمیم است که برای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود. در مقایسه با دیگر درخت‌های رگرسیونی ساده و روش‌های آماری پارامتریک این خوارزمیک عملکرد بسیار دقیق‌تری دارد و بر پایه تعداد زیادی از درختان تصمیم تعریف شده است. انتخاب تعداد درختان بهینه به نحوی است که هم کمترین خطای آموزش در مدلسازی حاصل شود و هم زمان و محاسبات کامپیوتری زیادی برای تجزیه و تحلیل متغیرها لازم نباشد.

ماشین بردار پشتیبان برای رگرسیون و طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان می‌توان طبقات داده‌ها را به‌وسیله یک ابر صفحه از هم جدا کرد. این روش در یادگیری ماشین جزء روش‌های هسته‌ای می‌باشد و بر پایه تئوری یادگیری آماری و اصل به حداقل رساندن خطای عملیاتی شکل گرفته است. ماشین بردار پشتیبان نوع خاصی از شبکه‌های عصبی است که برخلاف دیگر شبکه‌های عصبی بر روی کمینه کردن خطای عملیاتی طبقه‌بندی یا مدلسازی مربوط به عدم عملکرد

جدول ۱. توصیف مقادیر AUC (۲۳)

مقدار AUC	کیفیت آزمون
۰/۵ - ۰/۶	ضعیف
۰/۶ - ۰/۷	متوسط
۰/۷ - ۰/۸	خوب
۰/۸ - ۰/۹	خیلی خوب
۰/۹ - ۱	عالی

^۳ Boosted Regression Tree

^۴ Classification and Regression Tree

^۱ Random Forest

^۲ Support Vector Machine

بخش‌هایی از شمال استان و قسمت‌های مرکزی و جنوب شرق استان بود. نقشه شیب استان به پنج کلاس طبقه‌بندی شد که کلاس ۵-۰٪ شیب بیشترین وسعت استان را به خود اختصاص داد. نواحی شمال، شمال شرق و شرق محدوده مطالعاتی کمترین مقدار ارتفاع و بیشترین مقدار شوری را در کل استان دارا می‌باشد که عمدتاً کاربری مرتع فقیر، اراضی شور و باتلاقی و اراضی بایر را شامل می‌شد. بر اساس شاخص نرمال شده تفاوت رطوبت که می‌تواند تنش آبی را در مراحل اولیه تعیین کند، بالاترین مقدار رطوبت سطح خاک با مقدار حدوداً ۰/۴۸ به اراضی کشاورزی و مرتع با کیفیت خوب اختصاص داشت و کمترین آن به نواحی شمال، شمال شرق و شرق استان اختصاص داشت. بیشترین مقدار شاخص EVI نیز به قسمت‌های جنوب، جنوب غرب و غرب استان تعلق داشت (شکل ۴). بر اساس شاخص نرمال شده تفاوت رطوبت که می‌تواند تنش آبی را در مراحل اولیه تعیین کند، بیشترین مقدار رطوبت سطح خاک با مقدار حدودی ۰/۴۸ به اراضی کشاورزی و مرتع با کیفیت خوب اختصاص دارد و کمترین آن به نواحی شمال، شمال شرق و شرق استان اختصاص دارد. بیشترین مقدار شاخص EVI به قسمت‌های جنوب، جنوب غرب و غرب استان تعلق دارد و بیشترین سرعت بادهای فرساینده نیز مربوط به غرب، جنوب غرب، جنوب، جنوب شرق تا شرق و قسمت‌هایی از نواحی مرکزی و شمالی استان می‌باشد.

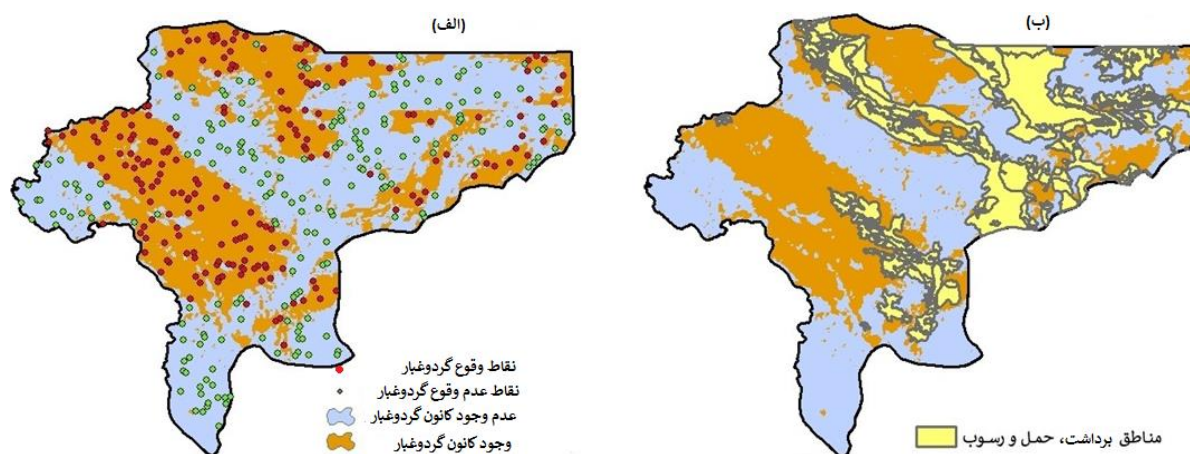
اولویت‌بندی عوامل پیش‌بینی‌کننده بر اساس هر مدل
به‌منظور آنالیز حساسیت و تعیین اولویت عوامل پیش‌بینی‌کننده در هر مدل، آنالیز حساسیت جک‌نایف مورد بررسی قرار گرفت (۸، ۱). آزمون جک‌نایف از مشتق جزئی به‌منظور کاهش مقدار تخمین‌گر اریبی، بهره می‌گیرد.

■ نتایج

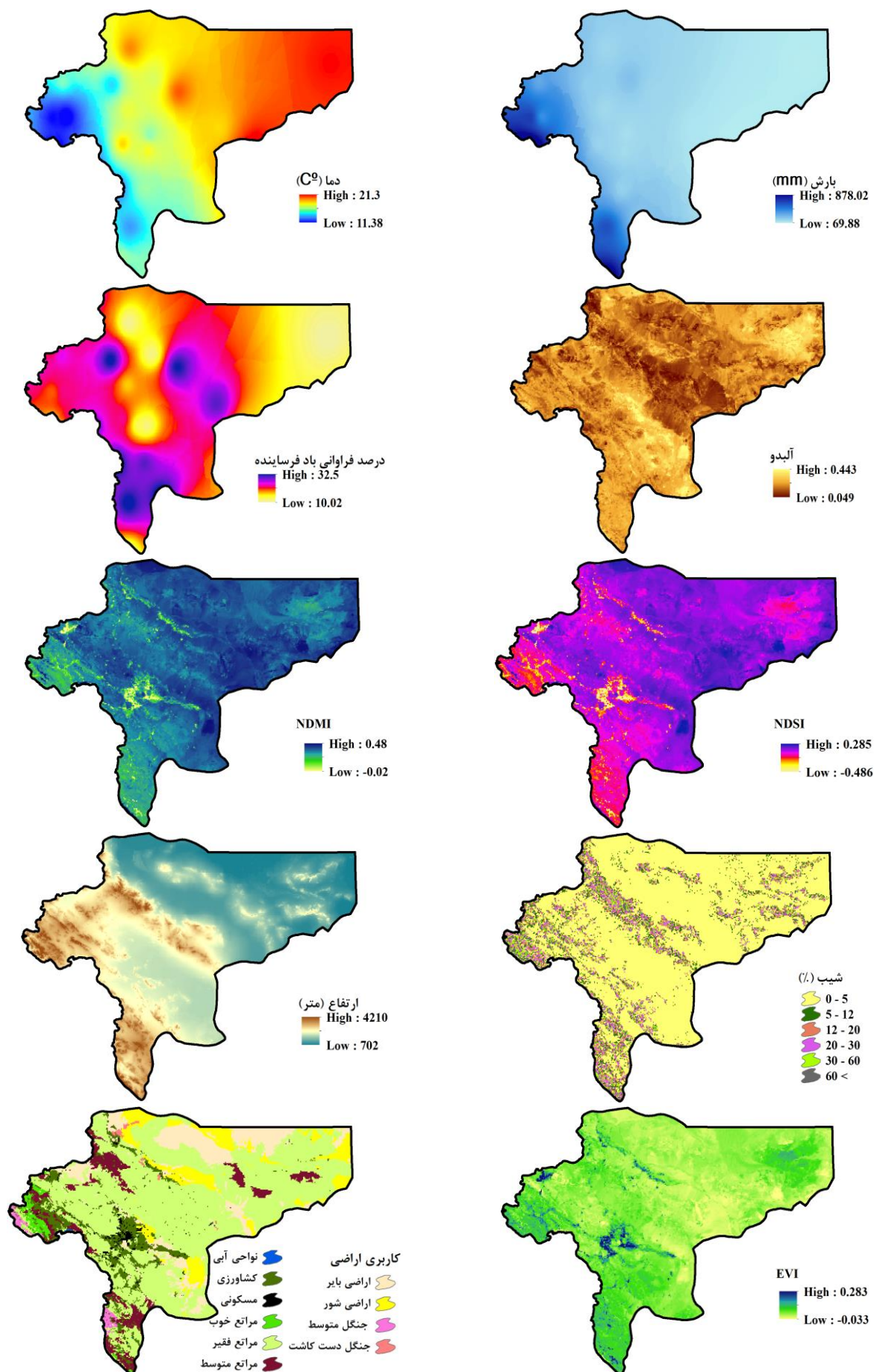
نقشه نقاط وقوع و عدم وقوع گردوغبار و لایه‌های اطلاعاتی عوامل پیش‌بینی‌کننده

بر اساس نتایج پژوهش و مقادیر AOD، عمده نقاط وقوع گردوغبار در قسمت‌های شمالی، مرکزی به سمت غرب و جنوب غرب استان اصفهان واقع شد. لازم به ذکر است که نواحی برداشت، حمل و رسوب گردوغبار که در نقشه DTS توسط اداره کل منابع طبیعی استان ارائه شده است با مقادیر زیاد و یا کلاس یک AOD تا حدود زیادی همخوانی داشت. اگرچه نقشه AOD، مناطق وسیع‌تری از استان را در معرض وقوع گردوغبار نشان داد (شکل ۳).

پهنه‌بندی عوامل بارش، دما و درصد فراوانی سرعت باد که با استفاده از روش IDW در نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفت، نشان‌دهنده مقادیر کم بارش و دمای بالا در قسمت‌های شمال، شمال شرقی، شرق و مرکزی استان بود. بیشترین درصد فراوانی بادهای فرساینده در نواحی مرکزی، جنوب، جنوب غرب تا جنوب شرق، غرب و نیز قسمت‌هایی از شمال استان دیده شد. بر اساس نقشه آلبدو بیشترین مقدار انعکاس سطحی زمین مربوط به نواحی شرقی،



شکل ۳. پراکنش نقاط وقوع و عدم وقوع گردوغبار (الف) و موقعیت مناطق برداشت، حمل و رسوب استان اصفهان (ب)



شکل ۴. نقشه عوامل پیش‌بینی‌کننده

همبستگی عوامل

نتایج آزمون عامل تورم واریانس در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج این بخش، مقادیر VIF برای عوامل پیش‌بینی‌کننده زیر ۱۰ می‌باشد و به لحاظ همبستگی و هم‌خط بودن عوامل، مشکلی جهت مدلسازی ایجاد نمی‌کند.

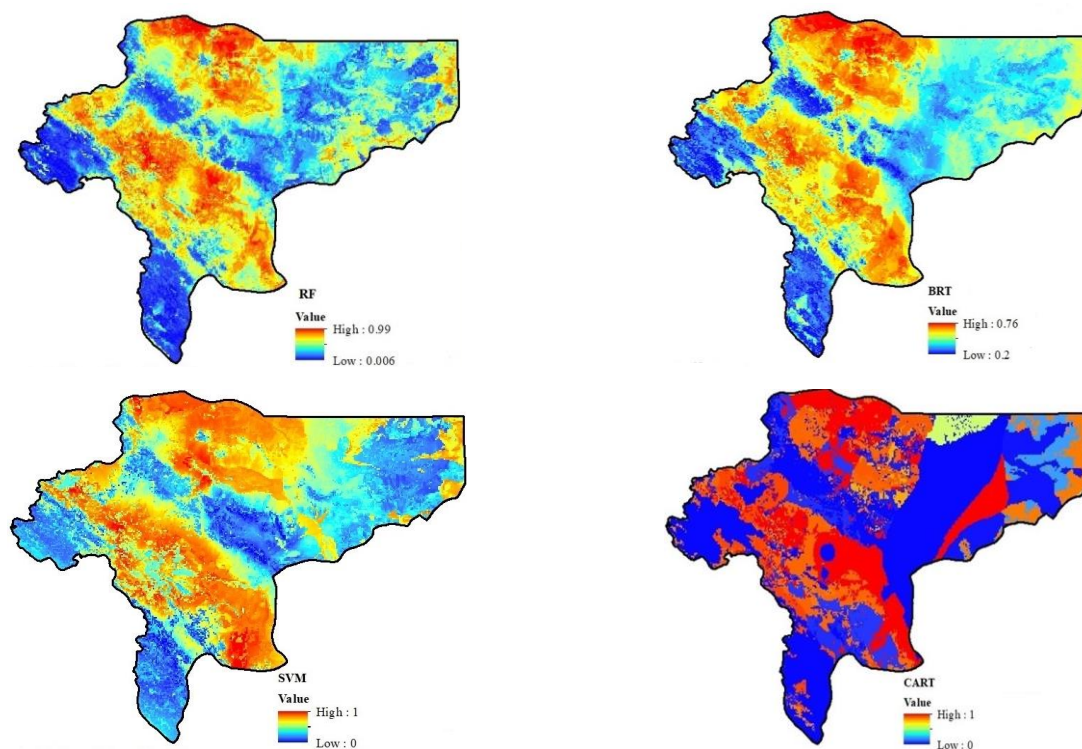
پهنه‌بندی مکانی مناطق مستعد وقوع گردوغبار

نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع گردوغبار در استان اصفهان در شکل ۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از تمامی مدل‌ها، قسمت‌های کم ارتفاع و

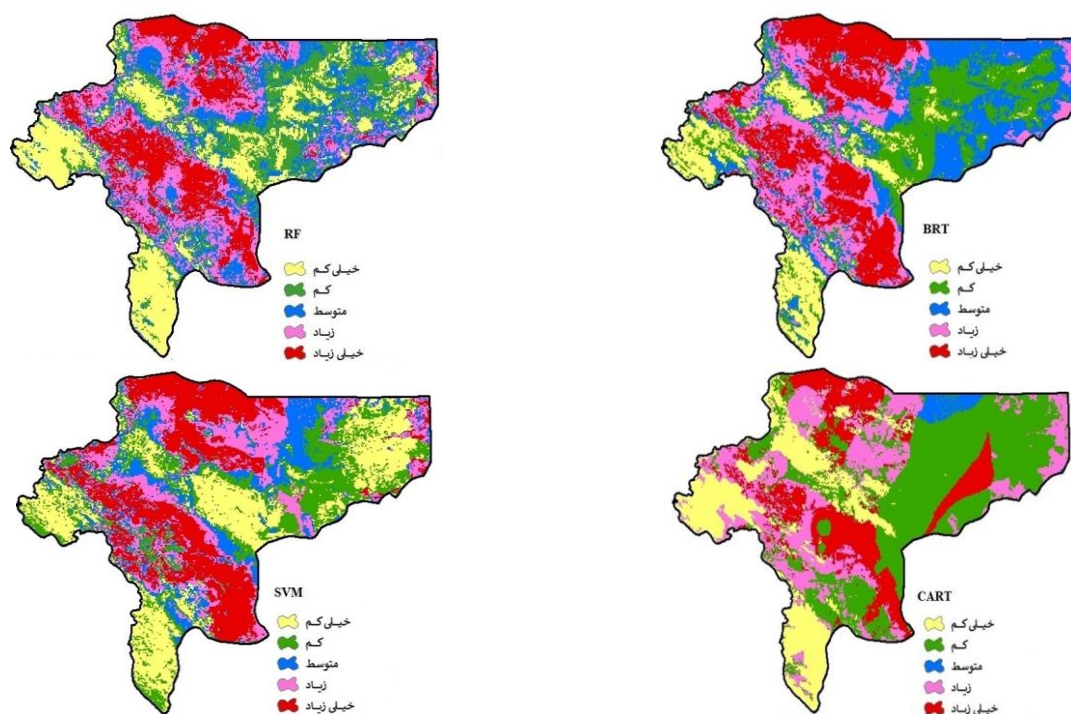
مسطح شمال، بخش‌هایی از شمال شرق، جنوب شرق استان و نواحی مرکزی به سمت جنوب غرب و غرب استان اصفهان، مناطق آسیب‌پذیر در برابر وقوع گردوغبار می‌باشند. نقشه طبقه‌های مختلف مناطق مستعد وقوع گردوغبار و آسیب‌پذیری نیز در شکل ۶ ارائه شده است. بر اساس نقشه‌های بدست آمده، بیشترین درصد مناطق مستعد تولید گردوغبار در مدل RF به طبقه خیلی کم با مقدار ۲۱/۳۶٪ اختصاص داشت، در مدل BRT به طبقه متوسط با مقدار ۲۲/۶۶٪ و در طبقه‌های SVM و CART به ترتیب به طبقه‌های خیلی زیاد و کم با مقادیر ۲۳/۹۲٪ و ۳۷/۶٪ اختصاص داشت (جدول ۳).

جدول ۲. مقدار عامل تورم واریانس

مقدار VIF	عوامل پیش‌بینی‌کننده	مقدار VIF	عوامل پیش‌بینی‌کننده
۲	ارتفاع	۱/۹	دما
۶	EVI	۱/۵	بارش
۲/۵	NDSI	۲/۲	شیب
۲/۱	NDMI	۱/۷	سرعت باد
۳/۲	کاربری اراضی	۱/۶	آلبدو



شکل ۵. نقشه‌های پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع گردوغبار بر اساس مدل‌های RF، BRT، SVM و CART



شکل ۶. نقشه طبقه پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع گردوغبار بر اساس مدل‌های RF، BRT، SVM و CART

جدول ۳. درصد طبقه‌های مختلف غبارخیز در هر مدل

مدل	کلاس	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
مدل RF		۲۱/۳۶	۲۰/۱۱	۱۹/۹۲	۲۰/۹۲	۱۷/۶۹
مدل BRT		۱۳/۳۵	۲۱/۹۶	۲۲/۶۶	۲۰/۱۶	۲۱/۸۷
مدل SVM		۲۳/۷۱	۲۰/۶۴	۱۴/۴۵	۱۷/۲۹	۲۳/۹۲
مدل CART		۱۹/۴۵	۳۷/۶	۱/۸۵	۲۲/۹۳	۱۸/۱۶

از آن بارش بیشترین تأثیرگذاری را در مدلسازی داشتند.

■ بحث و نتیجه‌گیری

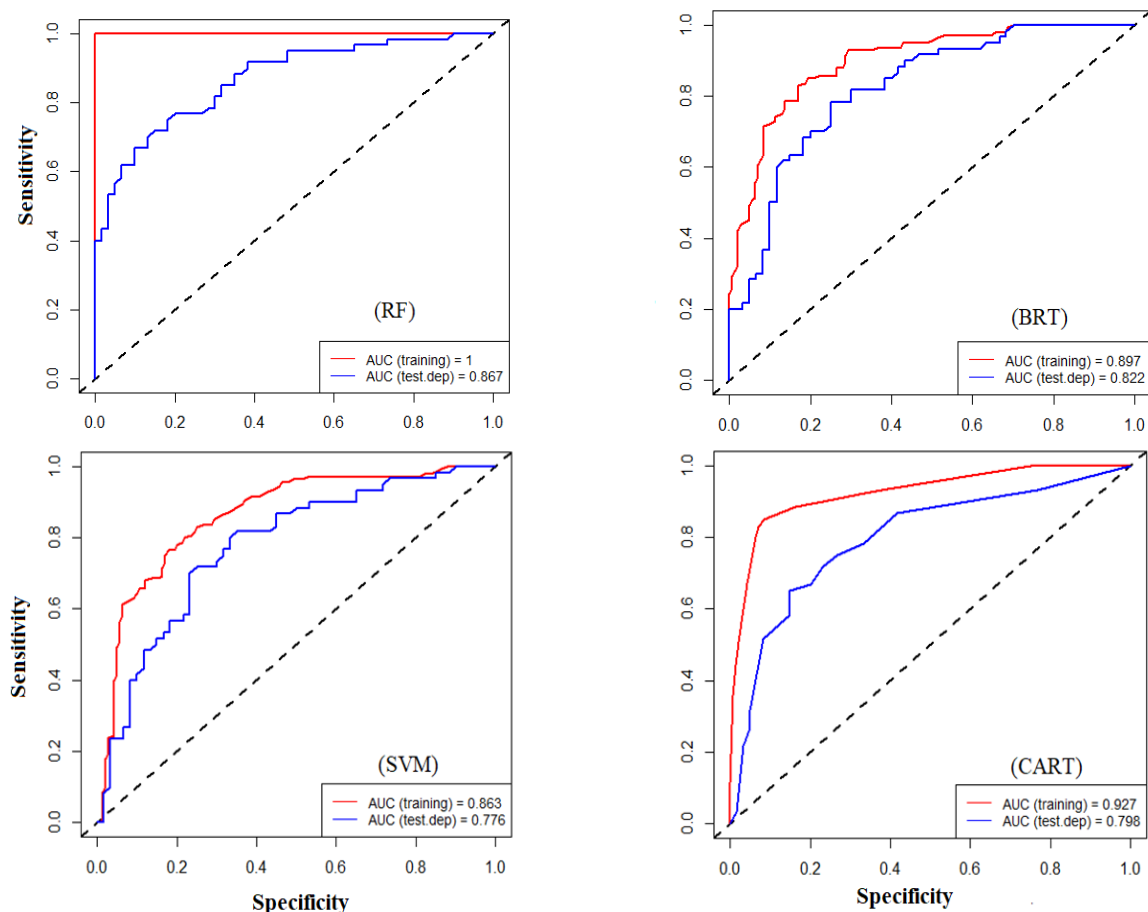
با توجه به اثرهای مخرب گردوغبار بر محیط‌زیست و جوامع انسانی، موقعیت خاص جغرافیایی استان اصفهان، میزان کم بارندگی و ... زمینه برای خشکسالی‌های دوره‌ای، گسترش بیابان‌زایی و وقوع توفان‌های گردوغبار در این استان فراهم می‌باشد. بنابراین انجام مطالعاتی که ما را به شناخت صحیحی از مناطق مستعد گردوغبار و نیز کانون‌های این پدیده، در این استان برساند، بیش از پیش احساس می‌گردد. در پژوهش حاضر با بهره‌گیری از خوارزمیک‌های یادگیری ماشین، پهنه‌بندی مکانی مناطق مستعد گردوغبار در استان اصفهان انجام شد.

ارزیابی نقشه‌های مناطق مستعد وقوع گردوغبار

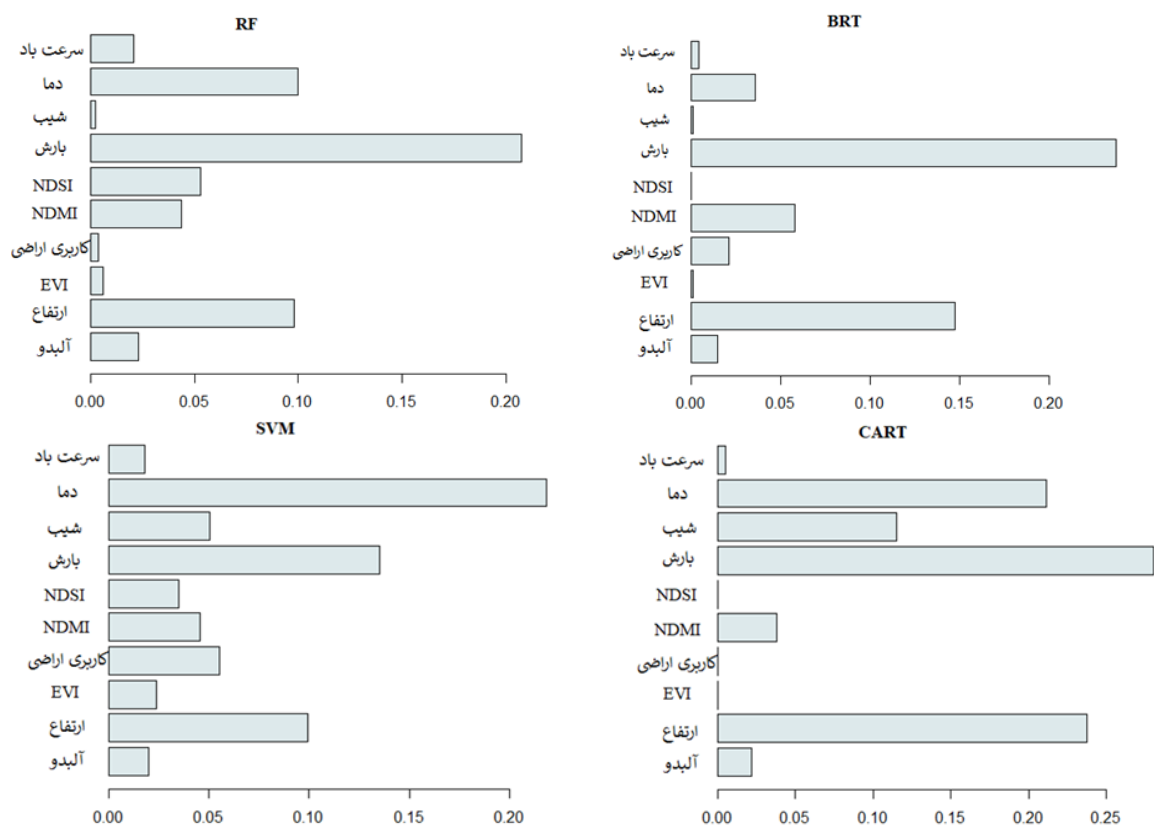
به‌منظور ارزیابی نتایج مدل‌های اعمال شده، مقدار AUC در منحنی ROC محاسبه شد. نتایج نشان داد که مدل جنگل تصادفی با $AUC=0/86$ بیشترین کارایی را در بین خوارزمیک‌های مورد استفاده داشته و پس از آن به‌ترتیب مدل‌های BRT، CART و SVM به‌ترتیب با مقادیر AUC برابر با ۰/۸۲، ۰/۷۹ و ۰/۷۷ قرار دارد (شکل ۷).

اولویت‌بندی متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در هر مدل

نتایج آنالیز حساسیت جک‌نایف بر اساس هر مدل در شکل ۸ ارائه شده است. بر اساس نتایج این آزمون، بارش در مدل‌های RF، BRT و CART بیشترین تأثیرگذاری در مدلسازی داشته‌است. در مدل SVM نیز متغیر دما و پس



شکل ۷. مقادیر سطح زیر منحنی (AUC) در منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) برای نقشه‌های پهنه‌بندی



شکل ۸. درصد اهمیت عوامل پیش‌بینی‌کننده در هر مدل بر اساس آنالیز حساسیت جک‌نایف

مدل به ارزیابی کارایی آن در مدل‌سازی مخاطرات طبیعی مختلف پرداخته‌اند، مطابقت دارد (۱، ۷، ۱۰، ۸).

نتایج آنالیز حساسیت جک‌نایف، عامل بارش را به‌عنوان مهمترین عامل استفاده شده در مدل‌های RF، BRT و CART معرفی کرد و در مدل SVM، بارش پس از درجه حرارت، مهمترین عامل پیش‌کننده در مدل بود. در مدل RF، به‌عنوان بهترین مدل، پس از عامل بارش، عوامل درجه حرارت و ارتفاع از اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل برخوردار بود. با توجه به مقادیر کم بارندگی در نواحی مستعد گردوغبار می‌توان بیان کرد که بارش کم، خشکی خاک و در نتیجه آن، کاهش پوشش گیاهی، شرایط ایجاد فرسایش بادی و در نتیجه وقوع گردوغبار را افزایش می‌دهد. پژوهش ارزیابی نقش خشکسالی در فراوانی گردوغبار در استان خراسان رضوی، نتایج این بخش را تأیید می‌کند (۵).

با توجه به نتایج کلی پژوهش، فقدان پوشش گیاهی، کمبود بارش و عدم وجود عامل حفاظت‌کننده خاک در قسمت‌های شمالی، مرکزی و بخش‌هایی از شرق استان اصفهان از دلایل عمده وقوع گردوغبار در این استان بود. همچنین بر اساس نتایج اعتبارسنجی، خوارزمیک‌های RF، BRT، CART و SVM یادگیری ماشین از قابلیت مناسبی جهت پهنه‌بندی مناطق مستعد گردوغبار در استان برخوردار بودند. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به مدیران و تصمیم‌گیران در شناخت بهتر مناطق مستعد گردوغبار در استان اصفهان و نیز تعیین کارایی شیوه‌های نوین در این حوزه کمک کند.

■ سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از رساله دکتری دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان می‌باشد. بدین‌وسیله از اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان و سازمان هواشناسی ایران تقدیر و تشکر می‌گردد.

براساس نتایج پهنه‌بندی، بیشترین احتمال وقوع گردوغبار به اراضی شور و بایر و کاربری مرتع با تاج پوشش فقیر اختصاص دارد. این نواحی عمدتاً در نواحی شمالی، مرکزی و بخش‌هایی از قسمت‌های شرقی استان قرار دارد، کمترین میزان رطوبت سطحی خاک، کمترین مقدار بارش و بیشترین درجه حرارت را به خود اختصاص داده است و در نتیجه با فقدان پوشش گیاهی یا پوشش گیاهی ضعیف مواجه هستند. به دلیل عدم استقرار پوشش گیاهی در اراضی بایر و شور و نیز پوشش گیاهی تنک در اراضی مرتعی با تاج پوشش فقیر، این نواحی در معرض وقوع گردوغبار قرار دارند و با وزش بادهایی با سرعت بیش از سرعت آستانه فرسایش بادی، زمینه وقوع گردوغبار در این نواحی فراهم می‌باشد. تحلیل کمی بازخورد پوشش گیاهی بر وقوع گردوغبار در استان اصفهان کاهش پوشش گیاهی ناشی از کمبود بارندگی در قسمت‌های شرقی و مرکزی استان اصفهان را عامل مؤثر بر وقوع گردوغبار در این نواحی می‌داند (۲۲). پژوهش تعیین خصوصیات ژئومورفولوژیکی و کاربری اراضی مناطق برداشت گردوغبار در استان خراسان رضوی نیز بیشترین تعداد کانون‌های گردوغبار را به کاربری مرتع با تاج پوشش فقیر متعلق می‌دانند (۱۷).

مطابق با نتایج حاصل از صحت‌سنجی، مدل RF بهترین کارایی را در بین مدل‌های اعمال شده به خود اختصاص داد و پس از آن به‌ترتیب مدل‌های BRT، CART و SVM قرار داشت. الگوریتم جنگل تصادفی یکی از روش‌های پیشرفته مدل درخت تصمیم است که به‌منظور طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود. این الگوریتم عملکرد بسیار دقیق‌تری در مقایسه با سایر درخت‌های رگرسیونی ساده و یا روش‌های آماری پارامتریک دارد و بر اساس تعداد زیادی از درختان تصمیم، تعریف شده است. انتخاب تعداد درختان بهینه به نحوی است که کمترین خطای آموزش در مدل‌سازی حاصل شود. قابلیت بالای این الگوریتم در پژوهش حاضر با مطالعات متعددی که با بهره‌گیری از این

■ References

1. Abolhasani, A., Zehtabian, G., Khosravi, H., Rahmati, O., Alamdarloo, E.H., & D'Odorico, P. (2022). A new conceptual framework for spatial predictive modelling of land degradation in a semiarid area. *Land Degradation & Development*, 33(17), 3358-3374. DOI: doi.org/10.1002/ldr.4391

2. Akhzari, D. & Haghighi, S. (2015). Effect of vegetation change of source area on dust storms occurrence in the west of Iran. *Ecopersia*, 3(4), 1133-1143. DOI: 20.1001.1.23222700.2015.3.4.3.3
3. Alipour, N., Mesbahzadeh, T., Ahmadi, H., Malekian, A., & Jafari, M. (2018). Synoptic analysis of dust events and its relation with drought in Alborz and Qazvin provinces, *Quarterly of Geography & Regional Planning*, 8(30), 59-68. DOI: 20.1001.1.22286462.1397.8.2.4.3 [In Persian]
4. Boali, A., Jafari, R., & Bashari, H. (2017). Wind erosion estimation and assessment using Bayesian belief networks in eastern Isfahan township. *Desert Ecosystem Engineering*, 6(14), 45-58. DOI: 10.22052/6.14.45 [In Persian]
5. Boroghani, M., Moradi, H.R., Zangane Asadi, M.A., & Pourhashemi, S. (2019). Evaluation of the role of drought in frequency of dust in Khorasan Razavi province. *Journal of Environment Science & technology*, 21(5), 109-121. DOI: 10.22034/JEST.2019.10464 [In Persian]
6. Boroughani, M., Pourhashemi, S., Hashemi, H., Salehi, M., Amirahmadi, A., Zangane Asadi, M.A., & Berndtsson, R. (2020). Application of remote sensing techniques and machine learning algorithms in dust source detection and dust source susceptibility mapping. *Ecological Informatics*, 56, 101059. DOI: doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101059
7. Choubin, B., Abdolshahnejad, M., Moradi, E., Querol, X., Mosavi, A., Shamshirband, S. & Ghamisi, P. (2020). Spatial hazard assessment of the PM10 using machine learning models in Barcelona, Spain. *Science of The Total Environment*, 701, 134474. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134474
8. Darvand, S., Khosravi, H., Keshtkar, H.R., Zehtabian, Gh.R., & Rahmati, O. (2021). Comparison of machine learning models to prioritize susceptible areas to dust production. *Range and Watershed Management*, 74(1), 53-68. DOI: doi.org/10.22059/jrwm.2021.321033.1580 [In Persian]
9. Gareth, J., Daniela, W., Trevor, H., & Robert, T. (2013). *An introduction to statistical learning: with applications in R*. Springer.
10. Grinand, C., Vieilledent, G., Razafimbelo, T., Rakotoarijaona, J. R., Nourtier, M., & Bernoux, M. (2019). Landscape-scale spatial modelling of deforestation, land degradation and regeneration using machine learning tools. *Land Degradation & Development*, 31(13), 1699-1712. DOI: 10.1002/ldr.3526
11. Ghomeshion, M., Vali, A.A., Ranjbar Fordoei, A., & Mousavi, H. (2022). Investigating the effect of land cover on dust spatial distribution in Southern Khuzestan province. *ECOPERSIA*, 10(3), 179-189. DOI: 20.1001.1.23222700.2022.10.3.2.9
12. Jafari, M., Zehtabian, Gh.R., Ahmadi, H., Mesbahzadeh, T., & Norouzi, A.A. (2020). Detecting and routing of dust event using remote sensing and numerical modeling in Isfahan Province. *Environmental Science*, 18(1), 105-116. DOI: 10.29252/envs.18.1.105 [In Persian]
13. Lin, X., Chang, H., Wang, K., Zhang, G., & Meng, G. (2020). Machine learning for source identification of dust on the Chinese Loess Plateau. *Geophysical Research Letters*, 47(21), 2020GL088950. DOI: 10.1029/2020GL088950
14. Naeimi, M., Yousefi, M.J., Khosroshahi, M., Zandifar, S., & Ebrahimikhusfi, Z. (2020). Climatic factors affecting dune mobility in the west of Khorasan Razavi Province, Iran. *Geographical Research on Desert Areas*, 7(2), 25-45. [In Persian]

15. Naghibi, S.A., Pourghasemi, H.R., & Dixon, B. (2016). GIS-based groundwater potential mapping using boosted regression tree, classification and regression tree, and random forest machine learning models in Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(1), 1-27. DOI: 10.1007/s10661-015-5049-6
16. Namdari, S., Karimi, N., Sorooshian, A., Mohammadi, G.H., & Sehatkashani, S. (2018). Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East. *Atmospheric Environment*, 173: 265-276. DOI: doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.11.016
17. Pourhashemi, S.m., Amirahmadi, A., Zangane Asadi, M.A., & Salehi, M. (2019). Determination of Geomorphological and Land Use Features of Dust Harvesting Sources (Case Study: Khorasan Razavi Province). *Arid Region Geographic Studies*, 9(34), 14-24. [In Persian]
18. Rahmati, O., Panahi, M., Ghiasi, S.S., Deo, R.C., Tiefenbacher, J.P., Pradhan, B., Jahani, A., Goshtasb, H., Kornejady, A., Shahabi, H., & Shirzadi, A. (2020). Hybridized neural fuzzy ensembles for dust source modeling and prediction. *Atmospheric Environment*, 224, 117320. DOI: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117320
19. Rezaei, M., & JavanNezhad, R. (2020). Modeling the Role of Climate in Distribution of two-spotted spider mite: Case study of Tehran province. *Environmental Science Studies*, 5(2), 2554-2559. [In Persian]
20. Robinson, S. (2014). *Simulation: the practice of model development and use*. 2nd edition. Palgrave Macmillan.
21. Samadi, M., Jabbari, E., & Azamathulla, H.M. (2014). Assessment of M5' model tree and classification and regression trees for prediction of scour depth below free overfall spillways. *Neural Computing and Applications*, 24(2), 357-366. DOI: 10.1007/s00521-012-1230-9
22. Sohrabi, T., Vali, A.A., Ranjbar Fordoei, A., & Mousavi, S.H. (2019). Quantitative analysis of vegetation feedback on the occurrence of dust in arid ecosystems (case study: Isfahan province). *Range and Watershed Management*, 71(4), 973-985. DOI: doi.org/10.22059/jrwm.2019.273257.1337 [In Persian]
23. Yesilnacar, E.K. (2005). *The application of computational intelligence to landslide susceptibility mapping in Turkey*. The University of Melbourne, Department, 200.
24. Zaker Esfahani, A.R. (2012). Combating with desertification process by an emphasis on capabilities of desert areas (case study: Isfahan province). *Environmental Studies*, 38(3), 155-164. DOI: 10.22059/jes.2012.29157 [In Persian]

Determining Prone Areas to Rill Erosion Using Maximum Entropy Method (Case Study: Kaji Wetland South Khorasan Province)

H. Hoseini¹, J. Chezgi^{2*}, S.M. Tajbakhsh Fakhrabadi³

1. MS.c Student in Watershed Management, Natural Resources Department, Faculty Natural Resources & Environment Science, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. Assistant professor Management, Natural Resources Department, Faculty Natural Resources & Environment Science, University of Birjand, Birjand, Iran.
3. Associate professor, in Watershed Management, Natural Resources Department, Faculty Natural Resources & Environment Science, University of Birjand, Birjand, Iran.

* Corresponding Author: chezgi@birjand.ac.ir

Received date: 18/10/2023

Accepted date: 16/12/2023

 [10.22034/JDMAL.2023.2013862.1442](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2013862.1442)

Extended Abstract

Introduction

Soil erosion is a serious threat to human well-being and life, especially in arid and semi-arid regions, and is one of the important issues in land management. Rill erosion is one of the most significant events in water erosion that affect soil loss, landscape, water resources, and land degradation can cause significant loss of soil in different climates. Identifying the effective processes that lead to the creation and expansion of rill erosion is necessary, and finding effective solutions to prevent rills is essential. In the meantime, one of the management solutions is determining the prone area to rill erosion. The high sensitivity of the lands of Nehbandan city (Kaji wetland watershed) to erosion is the reason for determining the prone areas to rill erosion. The maximum entropy method was used to identify the area that is susceptible to rill erosion.

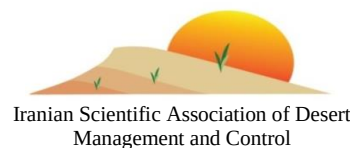
Material and Methods

The modeling process used 9 effective factors, including height, slope steepness, slope direction, rainfall, land use, land cover, soil texture, geomorphology, and geology, based on similar research. Factors affecting the occurrence of rill erosion were analyzed as independent variables. The first step in preparing a rill erosion sensitivity map was to determine the location of rill erosions in the Kaji wetland watershed using Google Earth and then to conduct field surveys. The basin was monitored in the field using GPS and 138 cases of rill erosion were recorded. The occurrence points were divided into two groups: training and validation, with a 70:30 ratio. The total occurrence points were divided into 97 incident points that were randomly selected for model training (validation stage) and 41 incident points that were used for validation purposes. The MaxEnt model relied on the data set used for training as independent variables. In order to use the maximum entropy model to determine rill erosion, first the independent variables (factors affecting the occurrence of rill erosion) and the dependent variable (identification of points with rill erosion) was converted to the required format and introduced to MaxEnt software. To evaluate the effectiveness of the model in detecting occurrence points (rill erosion) from pseudo-non-



Desert Management

www.isadmc.ir



occurrence points, the area under the ROC curve was used. The Jack Knife test was utilized to investigate the identification and prioritization of 9 influential factors (independent variables) that influence the results. The model was implemented using the remaining variables as input factors after removing the independent variables separately for this purpose. The efficiency of the model built using all independent variables was measured in comparison to the case where the model was built based on other variables. To determine its effect on the output, the contribution of the omitted independent variable was examined.

Results and Discussion

According to the validation results, the sensitivity map for rill erosion has a high efficiency. The test stage should have a ROC curve of 0.859 (very good) and the test stage should have an average curve of 0.6 (moderate). The Jack Knife test revealed that the slope's steepness was the most significant environmental factor in the predicted sensitivity map for rill erosion in the study area. Geology and land cover were also recognized as other important factors. The MaxEnt model was found to be an effective model for preparing the rill erosion susceptibility map, according to the results. According to the findings, the slope steepness factor, which is 25%, is the main factor that affects the rill erosion of the Kaji wetland watershed. The high frequency of the slope class with a slope class below 20% suggests that this slope class is a significant factor in the development of rill erosion. The geological map of the region indicates that the majority of the region is dedicated to Quaternary formations, which is crucial for the development and creation of erosion in the region. The watershed's proneness to rill erosion is caused by poor rangeland usage. Management of vegetation and rangeland is necessary to reduce the potential for soil erosion in the region. According to the results, the soil texture of the region had less effect on the development of rill erosion; because most of the soil in the area is related to sand-gravel texture, which has a low effect on rill erosion. The MaxEnt model's high accuracy in modeling the sensitivity of rill erosion is evidenced by the results of the present study.

Keywords: Kaji Wetland Watershed; Maximum Entropy Method; Rill erosion; ROC Curve





تعیین مناطق مستعد فرسایش شیاری با استفاده از روش آنتروپی بیشینه در تالاب کجی خراسان جنوبی

حوا حسینی^۱، جواد چزگی^{۲*}، سید محمد تاجبخش فخرآبادی^۳

۱. کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
 ۲. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
 ۳. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
- * نویسنده مسئول: chezgi@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۵

doi: [10.22034/JDMAL.2023.2013862.1442](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2013862.1442)

چکیده

فرسایش شیاری به عنوان یکی از فرآیندهای آغازین در هدررفت خاک، منجر به اثرات درون منطقه‌ای و برون منطقه‌ای در سطح سیمای سرزمین می‌شود. استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین می‌تواند برای پیش‌بینی تغییرات مکانی فرسایش اشکال فرسایش بکار گرفته شود. برای این منظور مناطق مستعد فرسایش شیاری با استفاده از روش آنتروپی بیشینه (MaxEnt) در حوزه آبخیز تالاب کجی استان خراسان جنوبی تعیین شد. نه متغیر مستقل سنگ‌شناسی، تندی شیب، بافت خاک، ژئومورفولوژی، کاربری زمین، پوشش گیاهی، ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب و بارش استفاده شد. داده‌های میدانی از ۱۳۸ برداشت صحرایی به عنوان متغیر وابسته به مدل معرفی گردید. بمنظور بررسی کارایی مدل، از شاخص ROC استفاده شد. نتایج پژوهش بیانگر دقت مدل آنتروپی بیشینه بود که نشان از مناسب بودن مدل مذکور در مدل‌سازی حساسیت‌پذیری فرسایش شیاری داشته است، به طوری که مقدار AUC در مرحله آموزش برابر ۰/۸۸۵ و در مرحله آزمون برابر ۰/۸۵۹ بدست آمد است که بیانگر طبقه خیلی خوب مدل می‌باشد. نتایج شاخص جک‌نایف به منظور تعیین اهمیت عامل‌ها نشان داد تندی شیب و حساسیت‌پذیری واحدهای زمین‌شناسی به عنوان مهمترین عوامل و درصد مشارکت در مدل‌سازی فرسایش شیاری هستند. بر اساس همپوشانی لایه‌های ورودی متغیرهای مستقل و نقشه حساسیت فرسایش شیاری مشخص شد که در رقوم ارتفاعی بالاتر از ۱۷۰۰ m با شیب ۸ تا ۲۰٪ و جهات شیب شرقی تا جنوبی بیشترین فراوانی فرسایش شیاری رخ داده است. علاوه بر این، در مناطقی که مراتع ضعیف و پوشش کم تا متوسط گیاهان استپی بر روی خاک عمدتاً شنی سنگریزه‌دار گسترش یافته‌اند و بارش سالانه بیشتر از ۱۵۰ mm/year است، فرسایش شیاری از فراوانی بیشتری برخوردار است. ضمن اینکه واحد زمین‌شناسی آبرفتی مخروطه افکنه‌ای بر روی تپه‌ها، فلات‌ها و تراس‌ها اهمیت بیشتری در وقوع فرسایش شیاری داشتند. در کل نتایج نشان داد مدل آنتروپی بیشینه به منظور مدل‌سازی فرسایش شیاری حوزه آبخیز تالاب کجی نه‌بندان از کارایی مناسبی برخوردار است. ضمن اینکه با استفاده از متغیرهای محیطی شامل تندی شیب و واحدهای زمین‌شناسی نیز می‌تواند به مدل‌سازی حساسیت‌پذیری فرسایش شیاری در منطقه مطالعاتی بپردازد.

واژگان کلیدی: فرسایش خاک؛ همپوشانی لایه‌ها؛ حساسیت واحدهای زمین‌شناسی؛ یادگیری ماشین



■ مقدمه

فرسایش خاک تهدید جدی برای رفاه و زندگی انسان، گیاهان و جانوران است و خطر آن، به عنوان یکی از موارد مهم در مدیریت زمین مطرح شده است (۲). فرسایش خاک در مناطقی که کوهستانی با اقلیم نیمه خشک هستند، یکی از پیامدهای مهم تغییر اقلیم یا به طور کلی یکی از آثار بارز تغییرات محیطی و اکولوژیکی است (۱۳). از میان انواع مختلف اشکال فرسایش آبی، فرسایش شیاری یکی از مهمترین رخدادهای مؤثر در هدررفت خاک، تغییر منظر زمین و منابع آب و تخریب اراضی است (۱۸). بنابراین فرسایش شیاری یک فرایند مهم تخریب خاک است که باعث از بین رفتن بخش قابل توجه خاک می شود. خاکی که توسط شیار فرسایش می یابد، در نهایت با رسوب گذاری در آبراهه ها، مخازن سدها و مناطق بندری، خسارت های اقتصادی زیادی را به دنبال دارد (۱۶).

از نظر ژئومورفولوژی، فرسایش فرآیند قدرتمندی است که شکل زمین را به طرق مختلف و با نیروهای مختلف تغییر می دهد. این نیروها شامل فرآیندهای آب، باد و یخبندان است (۱۱). در یک نگاه کلی، دو گروه از عوامل برای وقوع فرآیند فرسایش باید وجود داشته باشد: الف) نیروهای عامل؛ ب) عوامل ژئومورفولوژیک که به طور مستقیم و غیرمستقیم موجب افزایش و کاهش قدرت نیروهای عامل می شوند. عوامل ژئومورفولوژیک شامل زمین شناسی، شیب، مساحت حوضه و... می باشد. بنابراین لازم است با شناسایی فرایندهای مؤثر بر ایجاد و گسترش فرسایش شیاری، راهکارهای مؤثر در پیشگیری از ایجاد شیارها مشخص شود. در این بین یکی از راهکارهای مدیریتی، تعیین مناطق مستعد فرسایش شیاری می باشد. عواملی از جمله ویژگی های هندسی حوزه آبخیز، خاک، کاربری اراضی، زمین شناسی، فعالیت های انسانی و اقلیم که در این فرآیند دخیل هستند که لازم است ارتباط آنها با فرسایش شیاری تعیین شود. از طرفی میزان رسوب-زایی شیارها به عنوان شاخصی از توسعه آن محسوب می شود که ضروری است با دقت محاسبه و علت سنجی شود (۱۵).

حوزه های آبخیز ایران از نظر عوامل فیزیوگرافی، اقلیمی و انسانی مؤثر بر فرسایش بسیار متفاوت هستند. با توجه به روند رو به افزایش فرسایش خاک، لزوم برنامه ریزی صحیح

و متناسب با شرایط حوزه های آبخیز کشور در جهت حفاظت از منابع آب و خاک ضروری است. برآوردهای متعددی برای نرخ فرسایش سالانه در ایران بیان شده است (بین ۰/۷ تا ۷ میلیارد تن) و خسارت زیادی بر جای می گذارد (۲۲). علاوه بر این، وقوع فرسایش سطحی در دامنه ها و تجمع و انتقال رواناب به در طول کوتاهی به پایین دست، منجر به شکل گیری کانال هایی در مقیاس میکرو به نام شیار خواهد شد. بنابراین تمرکز جریان و شیب دامنه، دلیل اصلی تشکیل و توسعه فرسایش شیاری است (۱).

از سالیان گذشته پژوهش های بسیاری در مورد فرسایش شیاری انجام شده است، اما همچنان دستیابی به مدلی برتر و با دقت مناسب با توجه به پیچیدگی ها و رفتار غیرخطی عوامل مؤثر، چالشی برای محققین در این زمینه می باشد. با بررسی اثر شیب و ویژگی های خاک در شکل گیری فرسایش شیاری در حوزه آبخیز تهم چای زنجان مشخص شد تندی شیب مهمترین خصوصیت توپوگرافی مؤثر در شکل گیری فرسایش شیاری است (۳۰). در پژوهشی دیگر با بررسی پایداری برآوردهای فرسایش شیاری با مدل حداکثر آنتروپی در حوزه آبخیز گل استان ایلام نتیجه گرفته شد که مدل بیشینه آنتروپی قادر به تولید نقشه حساسیت پذیری فرسایش شیاری است و مهم ترین اجزا در مدل سازی حساسیت پذیری فرسایش شیاری، سنگ شناسی و فاصله از آبراهه می باشد (۲۱). با بررسی حساسیت برخی خاک های منطقه نیمه خشک به فرسایش شیاری و بین شیاری با استفاده از شبیه ساز باران، مشخص شد مقدار سیلت عامل اصلی مهار تفاوت هدررفت خاک است (۲۸). با بررسی الگوی تغییرات زمانی تولید رواناب و فرسایش شیاری مشخص شد که الگوی تغییرات زمانی تولید رواناب و فرسایش شیاری تحت تأثیر نوع خاک بافت و ساختمان و شیب سطح قرار می گیرند (۲۹). با بررسی اثر پوشش گیاهی و پایداری ساختمان خاک بر فرسایش بین شیاری و رواناب نتیجه گرفته شد افزایش پوشش گیاهی منجر به افزایش پایداری ساختمان خاک و کاهش بار رسوب می شود (۳۱). با ارزیابی حساسیت فرسایش بدلندی و شیاری در ایتالیا با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر، مدل خطی تعمیم یافته و رویکرد درخت رگرسیون تقویت شده نشان داده شد که محرک های

■ مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز تالاب کجی در استان خراسان جنوبی، شهرستان نهبندان با مختصات 59° و $34'$ تا 60° و $14'$ طول شرقی و 31° و $45'$ تا 32° و $30'$ عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت کلی این حوضه 2615 km^2 است که تالاب کجی حدود 7 km^2 از این مساحت را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۱). متوسط ارتفاع حوضه 1860 m از سطح آب‌های آزاد است. این منطقه از شمال به کوه‌های آخوند شفیع و شیرشتر، از جنوب به شهر شوسف، از شرق به تالاب کجی و از غرب به کوه‌های طاروق محدود می‌شود. بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک نهبندان، حداقل و حداکثر بارندگی منطقه به ترتیب حدود 125 mm و 165 mm و میانگین بارندگی منطقه 131 mm است که بیشترین بارش 24 ساعته برابر 65 mm است. میانگین دمای سالانه منطقه مورد مطالعه $19/8^{\circ}\text{C}$ و میانگین تبخیر سالانه نیز 2970 mm در سال است. کمینه و بیشینه مطلق دما به ترتیب 12°C - و 45°C می‌باشد. همچنین اقلیم منطقه خشک و بیابانی است که طول دوره خشکی از اوایل فروردین تا اواخر آذر می‌باشد. نوع پوشش گیاهی منطقه، استپ بیابانی و وضعیت طبیعی منطقه نیز بیابانی و تپه ماهوری با عمدتاً پوشش واحد زمین‌شناسی آبرفتی است. محوطه تالاب کجی پوشش گیاهی خاص خود را دارد که از جمله آن می‌توان به نی، تاغ و گز اشاره نمود. از مراکز مهم جمعیتی این منطقه می‌توان به شهر شوسف اشاره کرد (۶). مدیریت منابع آب این منطقه با کد 4636 به نام محدوده مطالعاتی سهل آباد توسط شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی است که جزء دشت‌های ممنوعه کشور محسوب می‌شود و جزء حوزه آبخیز درجه یک فلات مرکزی و شرقی و حوضه آبریز درجه دو کویر لوت است.

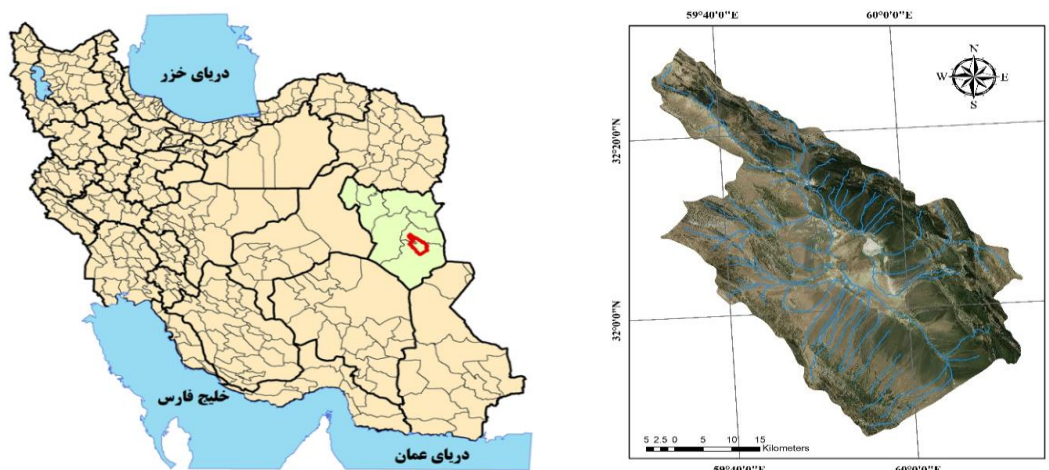
مدل‌سازی

به‌منظور تعیین مناطق مستعد فرسایش شیاری با استفاده از روش آنتروپی بیشینه، فلوچارت روش کار مطابق با شکل ۲ تهیه شده است که در ادامه روش کار توضیح داده می‌شود.

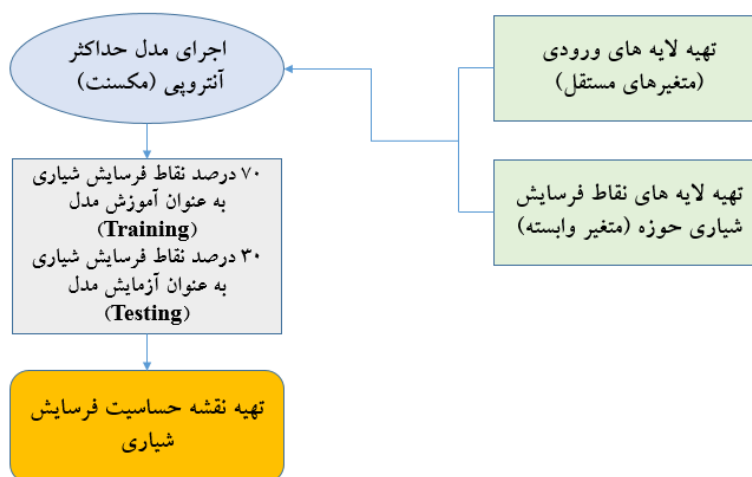
اصلی کنترل کننده توزیع مکانی فرسایش آبی در منطقه مورد مطالعه شامل، نوع خاک، شیب، ارتفاع و شاخص رطوبت توپوگرافی است. همچنین نتایج مدل آنتروپی بیشینه^۱ از نظر اهمیت متغیرهای پیش‌بینی شده تایید شد (۱۴). با بررسی ارتباط ویژگی‌های توسعه شیار با تولید رسوب در خاک‌های سطحی در چین نشان داده شد که سرعت فرسایش خاک با تکامل فرسایش افزایش می‌یابد؛ به طوری که خاک با محتوای رس و ماسه زیاد، حداقل نرخ فرسایش شیاری را دارد (۱۷). همچنین مدل حداکثر آنتروپی در پژوهش‌هایی برای شناخت توزیع مکانی احتمال رخداد فرسایش خندقی (۳، ۱۲، ۲۳، ۲۷)، اولویت‌بندی عوامل موثر و پهنه‌بندی حساسیت نسبت به رخداد زمین‌لغزش (۸، ۹، ۲۴، ۲۶، ۳۲) و به‌منظور شناسایی اراضی بارزش بوم‌شناختی و برای حفاظت (۱۰، ۲۵) از کارایی قابل قبولی برخوردار بود.

مدل آنتروپی بیشینه یکی از فن‌های یادگیری ماشین می‌باشد که در زمینه‌های مختلف علوم محیطی از قابلیت پیش‌بینی مکانی بالایی برخوردار است (۲۰). بالا بردن قطعیت در پیش‌بینی کانون‌های تولید بحران از جمله فرسایش خاک شیاری، از مزیت‌های استفاده از این مدل می‌باشد (۱۹). مدل آنتروپی بیشینه نیازی به تعریف مفروضات اساسی ندارد؛ زیرا با انواع مختلفی از متغیرهای مستقل پیاده‌سازی می‌شود. توانایی بالایی در ایجاد رابطه غیر خطی بین پیش‌بینی کننده‌ها دارد و مطالعات کمی برای آزمایش عملکرد این مدل برای پیش‌بینی حساسیت فرسایش شیاری انجام شده است. هدف از پژوهش حاضر استفاده از مدل آنتروپی بیشینه به عنوان یک مدل یادگیری ماشین برای پیش‌بینی تغییرات مکانی فرسایش شیاری است. زیرا اولویت بندی مناطق حساس به فرسایش شیاری برای برنامه ریزان حفاظت خاک و آبخیزداری دارای اهمیت ویژه‌ای است. در بسیاری از مطالعات انجام شده قبلی در ایران کمتر به استفاده از مدل‌های آماری احتمالی از جمله مدل آنتروپی بیشینه بر اساس داده‌های فیزیوگرافی حوزه پرداخته شده است که لازم است با دقت بیشتری این موضوع بررسی شود.

1. Maximum entropy



شکل ۱. موقعیت حوزه آبخیز تالاب کجی در استان خراسان جنوبی و ایران



شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش

در ارتفاعات بالاتر و دریافت بارش بیشتر، در وقوع فرسایش شیاری بسیار مستعد هستند (۷). لایه های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، بافت خاک، زمین شناسی و ژئومورفولوژی بر مبنای بانک اطلاعاتی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان جنوبی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد و بر اساس نقاط کنترل زمینی تدقیق گردید. در ادامه لایه ها در نرم افزار ArcGIS 10.7 بازبینی شدند و بصورت طبقه بندی شده برای ادامه کار مرتب گردیدند.

برای تهیه نقشه حساسیت پذیری فرسایش شیاری، ابتدا موقعیت های فرسایش شیاری اتفاق افتاده در حوزه آبخیز تالاب کجی از طریق پیمایش های صحرایی تعیین شد. در پایش میدانی حوزه، ۱۳۸ مورد واقعه فرسایش شیاری بصورت تصادفی با استفاده از GPS ثبت شد. نقاط وقوع به

معمولاً در مطالعات فرسایش خاک، چارچوب استاندارد و منظمی برای تعیین و انتخاب عوامل موثر در مدل سازی دیده نمی شود، بنابراین بر مبنای بررسی پژوهش های مشابه ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۰، ۹ متغیر مؤثر شامل ارتفاع از سطح دریا، بارش، تندی شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، بافت خاک، ژئومورفولوژی و زمین شناسی در فرایند مدل سازی مورد استفاده قرار گرفتند و در ادامه در وقوع فرسایش شیاری به عنوان متغیرهای مستقل بر مبنای استعداد سنجی، تجزیه و تحلیل شد.

لایه های ارتفاع از سطح دریا، بارش، تندی شیب و جهت شیب، از مدل رقومی ارتفاعی ۵۰m در نرم افزار ArcGIS 10.7 استخراج شد. درصد شیب بر سرعت جریان آب تأثیر می گذارد که در نتیجه، دامنه های با شیب تندتر

شیاری از نرم افزار آنتروپی بیشینه نسخه ۳/۳/۳ استفاده شد. نقاط مشاهده ای با فرمت CSV و همچنین لایه های مربوط به پارامترهای مؤثر، با فرمت ASCII به مدل معرفی شدند. از سطح زیر منحنی ROC به عنوان معیاری از عملکرد مدل به دست آمده در تشخیص نقاط وقوع فرسایش شیاری از نقاط شبه عدم وقوع استفاده گردید. نحوه همبستگی کیفی کمی سطح زیر منحنی و ارزیابی تخمین در پنج طبقه (جدول ۱) تعریف شده است (۳۳). ضرایب مذکور بر اساس روابط ۳ و ۴ محاسبه می شوند.

$$s_e = \frac{T_p}{T_p + F_n} \quad (۳)$$

$$s_p = \frac{T_n}{T_n + F_p} \quad (۴)$$

T_p و T_n سلول هایی هستند که به ترتیب، وقوع و عدم وقوع فرسایش شیاری را به درستی طبقه بندی کرده اند. ضرایب F_n و F_p نیز تعداد سلول هایی می باشند که در امر پیش بینی، دچار اشتباه در وقوع و عدم وقوع فرسایش شیاری شده اند.

از آزمون جک نایف برای شناسایی و اولویت بندی متغیرهای مستقل ۹ گانه بر پیش بینی نتایج، استفاده شد. آزمون جک نایف عوامل مؤثر را تعیین می کند و سهم هر یک از این عوامل را نشان می دهد. بدین منظور، متغیرهای مستقل به صورت جداگانه از مدل خارج شد و مدل با استفاده از بقیه متغیرها به عنوان عوامل ورودی اجرا شد. سپس، کارایی مدل ساخته شده با استفاده از کل متغیرهای مستقل در مقایسه با حالتی که مدل بر اساس سایر متغیرها ساخته شده است مورد سنجش قرار گرفت.

دو گروه آموزش و اعتبارسنجی با نسبت ۷۰ به ۳۰ طبقه بندی شد. از کل نقاط وقوع، ۹۷ واقعه به صورت اتفاقی برای آموزش مدل مرحله واسنجی و ۴۱ مورد با هدف اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. مجموعه داده های استفاده شده برای آموزش در مدل آنتروپی بیشینه به عنوان متغیرهای مستقل مورد استفاده قرار گرفت.

برای استفاده از مدل آنتروپی بیشینه به منظور تعیین فرسایش شیاری، ابتدا متغیرهای مستقل شامل عوامل مؤثر بر وقوع فرسایش شیاری و متغیر وابسته که نقاط برداشتی هستند به نرم افزار آنتروپی بیشینه معرفی شدند. در این مرحله فقط از داده های فرسایش شیاری به منظور آموزش و واسنجی مدل استفاده شد. مدل آنتروپی بیشینه می تواند توزیع احتمالاتی داده های هر یک از لایه های ورودی را استخراج کند که در مدل، این توزیع ها بر اساس رابطه (۱) قابل محاسبه است (۲۰).

$$H(\hat{\pi}) = - \sum_{x \in X} \hat{\pi}(x) \ln \hat{\pi}(x) \quad (۱)$$

که $H(\hat{\pi})$ مقدار آنتروپی توزیع احتمالاتی عامل، $\ln$ لگاریتم طبیعی، x مقدار ارزش هر سلول و X مجموعه ای از داده های یک لایه ورودی است. توزیع احتمالاتی Gibbs برای هر یک از متغیرهای مستقل مطابق رابطه (۲) محاسبه می شود (۴).

$$q_{\lambda}(x) = \frac{e^{\lambda \cdot f(x)}}{Z_{\lambda}} \quad (۲)$$

که $q_{\lambda}(x)$ تابع توزیع Gibbs، λ وزن متغیر، Z_{λ} ثابت نرمال کننده تابع Gibbs می باشند (۵). به منظور برآورد مناطق دارای پتانسیل وقوع فرسایش

جدول ۱. همبستگی کیفی کمی سطح زیر منحنی

همبستگی کیفی	همبستگی کمی
عالی	> ۰/۹
خیلی خوب	۰/۸ - ۰/۹
خوب	۰/۷ - ۰/۸
متوسط	۰/۶ - ۰/۷
ضعیف	۰/۶ <

بنابراین، اهمیت متغیر مستقل حذف شده مورد بررسی قرار گرفت که چه تأثیری بر خروجی دارد. در انتها نیز درصد مشارکت در دو حالت همراه با دیگر متغیرهای و حذف دیگر متغیرها تعیین شد.

■ نتایج

با توجه به تحلیل لایه‌های ورودی متغیرهای مستقل (جدول ۲ تا ۱۰) و نقشه حساسیت فرسایش شیاری مشخص شد که بیشترین فراوانی این نوع فرسایش در رقوم

ارتفاعی بالاتر از ۱۷۰۰m، شیب‌های بین ۸ تا ۲۰٪، جهات شیب شرقی تا جنوبی، بارش سالانه بیشتر از ۱۵۰mm در سال، کاربری با مراتع ضعیف و پوشش کم تا متوسط گیاهان استپی، خاک عمدتاً شنی سنگریزه‌دار بر روی واحدهای تپه‌ای و فلات‌ها و تراس‌ها با واحد زمین‌شناسی مخروطه افکنه‌ای آبرفتی است (شکل‌های ۳ تا ۴). بعد از تهیه نقشه حساسیت فرسایش شیاری حوزه آبخیز تالاب کجی، نمودار ROC مراحل آزمایش و آزمون مدل بیشینه آنتروپی تهیه شد.

جدول ۲. طبقات ارتفاعی حوزه آبخیز تالاب کجی

طبقات ارتفاعی (m)	مساحت (km ²)	مساحت (%)
کمتر از ۱۶۰۰	۱۱۵۳/۶	۴۵/۶
بین ۱۶۰۰ تا ۱۹۰۰	۹۴۰/۶	۳۷/۲
بین ۱۹۰۰ تا ۲۲۰۰	۳۹۹/۸	۱۵/۸
بین ۲۲۰۰ تا ۲۵۰۰	۳۲/۶	۱/۳
بیشتر از ۲۵۰۰	۰/۲	۰/۱

جدول ۳. طبقات تندی شیب حوزه آبخیز تالاب کجی

تندی شیب (%)	مساحت (km ²)	مساحت (%)
کمتر از ۸	۱۶۰۰/۵	۶۳/۶
بین ۸ تا ۲۰	۶۱۱/۰	۲۴/۳
بین ۲۰ تا ۴۵	۲۸۱/۰	۱۱/۲
بیشتر از ۴۵	۲۲/۸	۰/۹

جدول ۴. طبقات جهت شیب حوزه آبخیز تالاب کجی

جهت شیب	مساحت (km ²)	مساحت (%)
صاف و بدون شیب	۴۷/۹	۱/۹
شمالی و شمال شرقی	۶۳۰/۲	۲۵/۰
شرقی و جنوب شرقی	۷۰۲/۵	۲۷/۹
جنوب و جنوب غربی	۵۷۹/۹	۲۳/۱
غربی و شمال غربی	۵۵۴/۸	۲۲/۱

جدول ۵. طبقات بارش حوزه آبخیز تالاب کجی

بارش (mm)	مساحت (km ²)	مساحت (%)
بین ۱۰۰ تا ۱۳۰	۱۲۸۲/۴	۵۱/۰
بین ۱۳۰ تا ۱۵۰	۷۱۸/۳	۲۸/۵
بین ۱۵۰ تا ۱۷۰	۵۱۴/۷	۲۰/۵

جدول ۶. طبقات کاربری اراضی حوزه آبخیز تالاب کجی

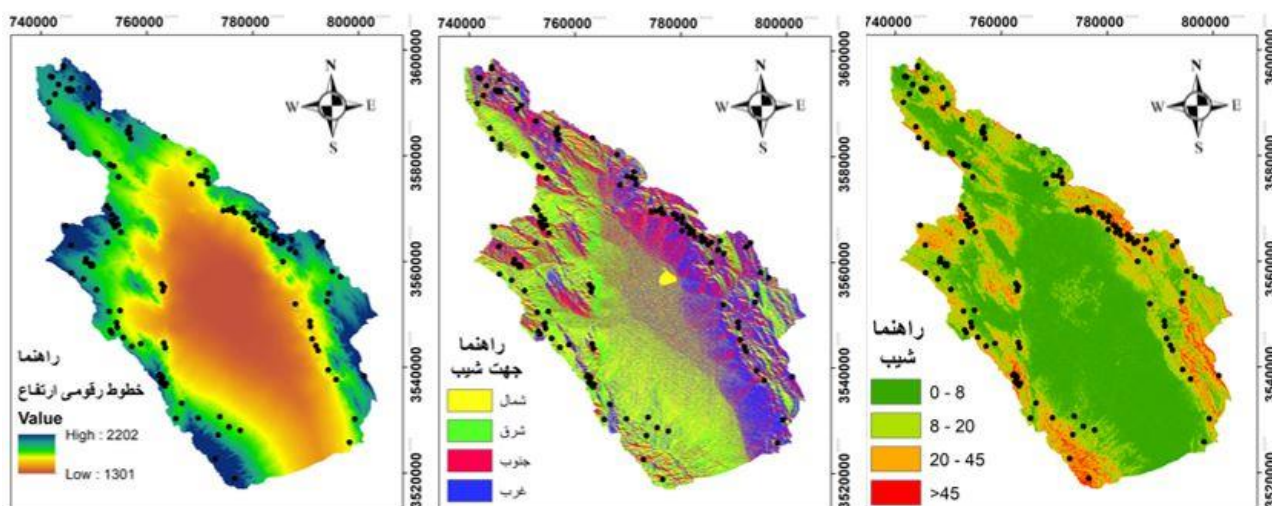
کاربری	مساحت (km ²)	مساحت (%)
اراضی شور	۶۸/۲	۲/۷
اراضی مرطوب	۷۸/۷	۳/۱
باغ	۷/۸	۰/۳
بدون پوشش	۴/۱	۰/۱۶
تاغزار	۵۱۰/۹	۲۰/۲۲
کشاورزی	۸۶/۴	۳/۴۲
مرتع متوسط	۸۹/۸	۳/۵۵
مرتع ضعیف	۱۶۸۰/۹	۶۶/۵۲

جدول ۷. طبقات پوشش گیاهی آبخیز تالاب کجی

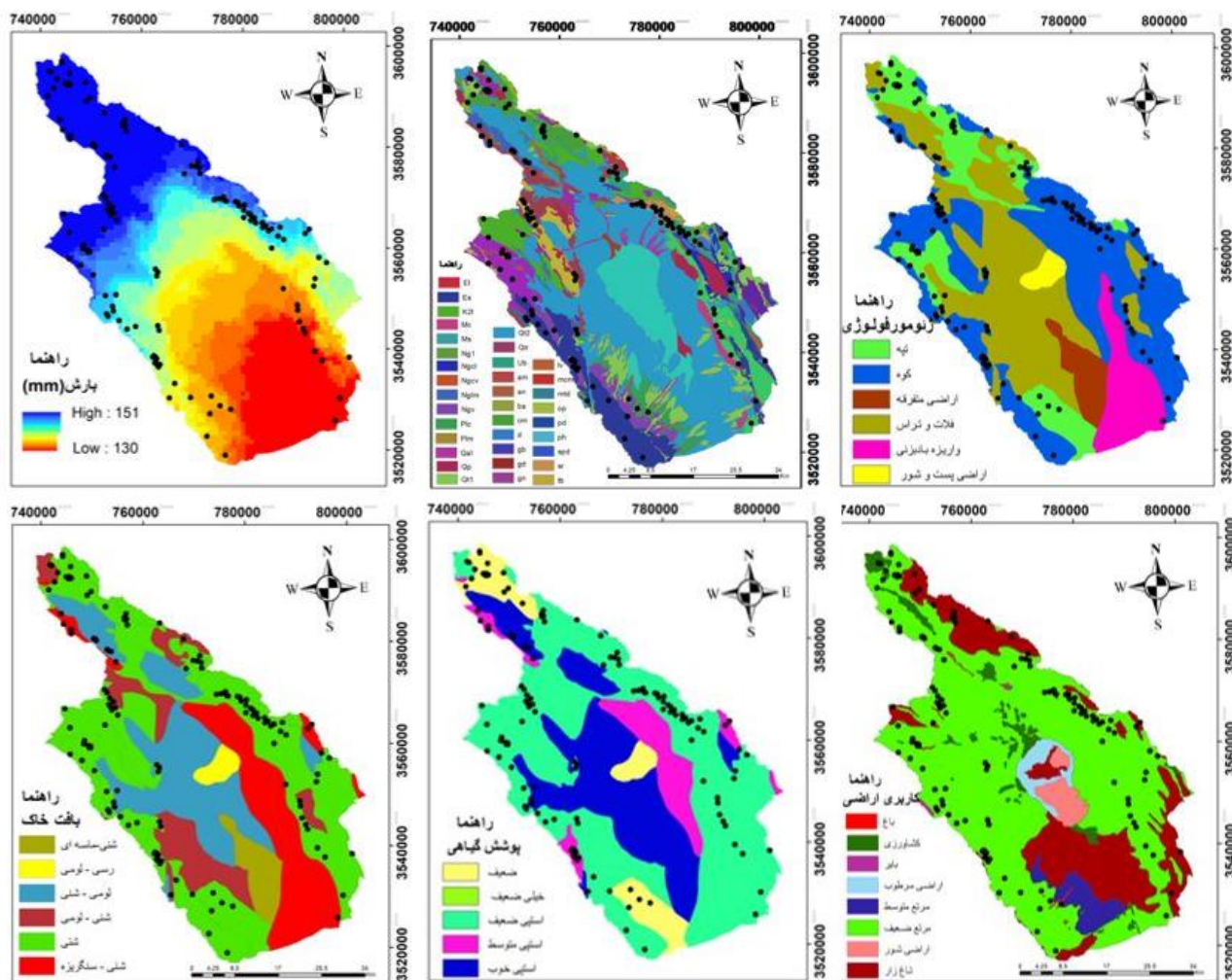
پوشش گیاهی	مساحت (km ²)	مساحت (%)
پوشش گیاهی بسیار پراکنده و لخت	۱۴۶/۵	۵/۷۱
پوشش گیاهی خیلی ضعیف غالباً لخت	۲۵۵/۲	۱۰/۱۳
پوشش گیاهی بسیار پراکنده گیاهان استپی	۱۳۱/۳	۵/۲۲
پوشش گیاهی کم تا متوسط گیاهان استپی	۱۵۷۹/۲	۶۲/۵۱
پوشش متوسط و بعضاً زیاد گیاهان استپی	۴۱۴/۴	۱۶/۴۳

جدول ۸. طبقات خاک حوزه آبخیز تالاب کجی

بافت خاک	مساحت (km ²)	مساحت (%)
شنی - رسی	۱۴۴/۰	۵/۷
لومی - رسی	۸۸/۴	۳/۵
لومی - شنی	۵۲۸/۱	۲۰/۹
شنی - لومی	۲۳۵/۰	۹/۳
شنی - سنگریزه	۱۱۴۷/۲	۴۵/۴
شنی	۳۸۴/۱	۱۵/۲



شکل ۳. لایه‌های ورودی به مدل MaxEnt



ادامه شکل ۳. لایه‌های ورودی به مدل MaxEnt

جدول ۹. طبقات ژئومورفولوژی حوزه آبخیز تالاب کجی

ژئومورفولوژی	مساحت (km ²)	مساحت (%)
اراضی متفرقه	۱۴۴/۰	۵/۷
اراضی پست و شور	۸۸/۴	۳/۵
تپه ها	۳۴۱/۱	۱۳/۵
فلات‌ها و تراس ها	۶۷۲/۱	۲۶/۶
کوه ها	۹۹۳/۰	۳۹/۳
واریزه‌های بادبزی	۲۸۸/۱	۱۱/۴

جدول ۱۰. سازندهای زمین‌شناسی حوزه آبخیز تالاب کجی

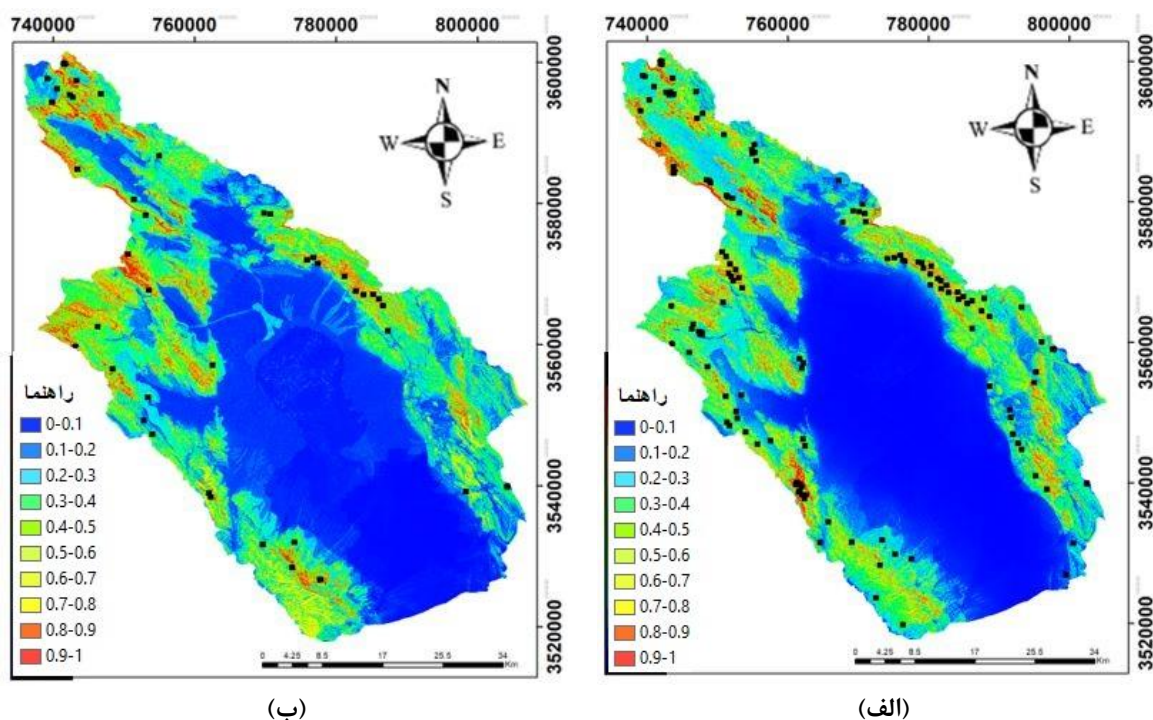
زمین‌شناسی	تشریح	مساحت (km ²)	مساحت (%)
Q2	پادگانه‌های آبرفتی جوان	۶۱۸/۳	۲۴/۵
Qt2	پادگانه‌ها و تراس‌های آبرفتی جوانتر	۲۶۰/۱	۱۰/۳
Qsf	کفه نمکی	۱۶۷/۱	۶/۶
Esh	شیل، ماسه سنگ، سنگ آهک تقریباً دگرگون شده	۱۴۷/۳	۵/۸
-	سایر واحدها	۱۳۳۴/۰	۵۲/۸

تالاب کجی در مرحله آزمون مدل آنتروپی بیشینه

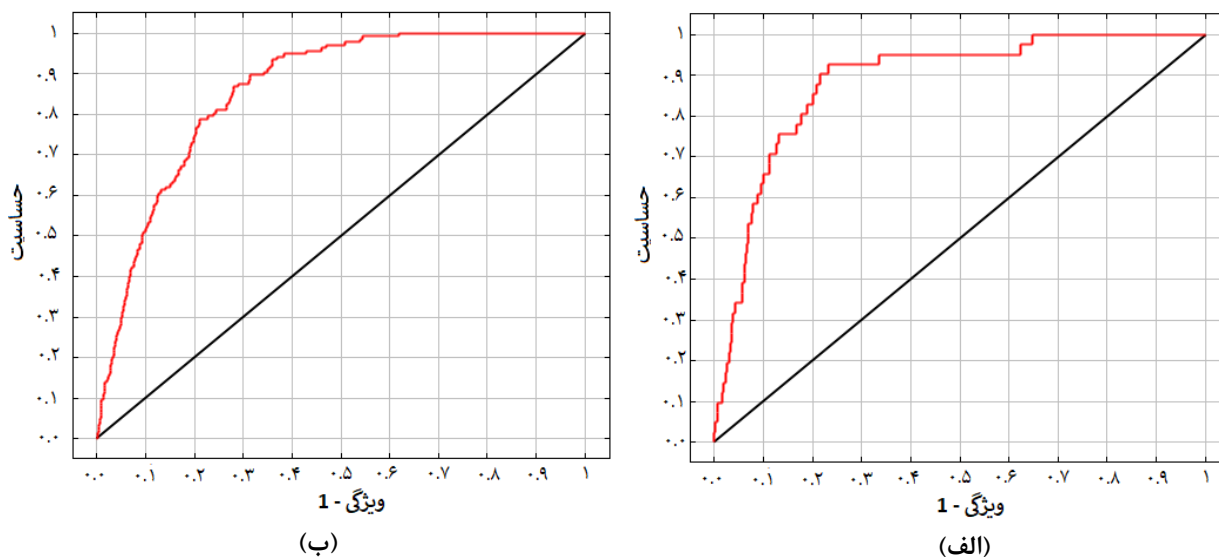
نتایج نشان داد سطح زیر منحنی در مرحله آزمایش برابر ۰/۸۸۵ و در مرحله آزمون برابر ۰/۸۵۹ است که بیانگر طبقه خیلی خوب می باشد (شکل ۵). به عبارت دیگر، نتایج نشان داد که مدل آنتروپی در تهیه نقشه حساسیت پذیری

فرسایش شیاری کارایی قابل قبولی دارد.

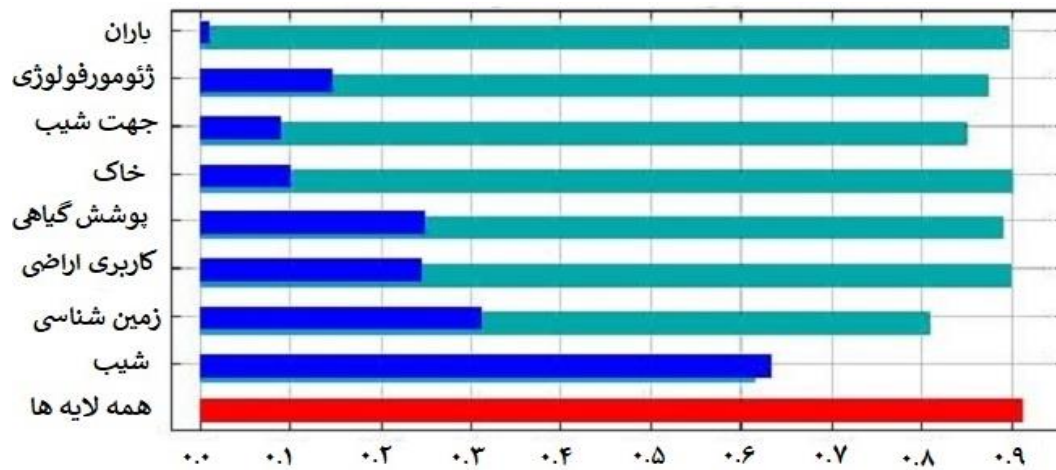
به منظور بررسی شناسایی و اولویت بندی عوامل اثرگذار ۹ گانه متغیرهای مستقل بر پیش بینی نتایج، آزمون جک نایف بر اساس حذف گام به گام متغیرهای مستقل مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۶).



شکل ۴. نقشه حساسیت فرسایش شیاری حوزه آبخیز تالاب کجی در مرحله یادگیری مدل آنتروپی بیشینه (الف) و مرحله اعتبارسنجی فرسایش شیاری حوزه آبخیز (ب)



شکل ۵. نتایج نمودار ROC مراحل آموزش (الف) و اعتبارسنجی (AUC=0.859) مدل آنتروپی بیشینه (ب)



شکل ۶. نتایج آزمون جک نايف در اولویت‌بندی متغیرهای مستقل

جدول ۱۱. درصد مشارکت عوامل اثرگذار ۹ گانه در فرسایش شیاری حوزه آبخیز تالاب کجی

عوامل	درصد مشارکت با حذف سایر عوامل	درصد مشارکت همراه با سایر عوامل
تندی شیب	۱۰۰	۴۱
زمین‌شناسی	۳۹	۱۶
پوشش گیاهی	۳۱	۱۳
کاربری زمین	۲۸	۱۲
ژئومورفولوژی	۱۸	۷
بافت خاک	۱۱	۵
جهت شیب	۱۰	۴
بارش	۳	۱
ارتفاع	۱	۰

■ بحث و نتیجه‌گیری

تعیین مناطق مستعد فرسایش از موضوعاتی است که باید با دقت و صحت بیشتر در حوزه‌های آبخیز کشور که دارای تنش بالا در انواع مختلف فرسایش خاک هستند بررسی شود. بدین منظور در پژوهش حاضر به تعیین مناطق مستعد فرسایش شیاری پرداخته می‌شود که با توجه به حساسیت بالای اراضی حوزه آبخیز تالاب کجی شهرستان نهبندان به فرسایش شیاری، این منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. تاکنون در حوزه آبخیز تالاب کجی نهبندان تعیین مناطق مستعد فرسایش شیاری با استفاده از روش آنتروپی بیشینه انجام نشده است که ضرورت دارد به منظور شناسایی عوامل اثرگذار در شکل‌گیری این نوع فرسایش و همچنین شناسایی مناطق مستعد آن، پژوهشی انجام شود. از طرفی موضوعاتی که با تشخیص مدل احتمال روبرو هستند، می‌توانند با روش حداکثر آنتروپی حل شوند.

به همین دلیل در پژوهش حاضر، اقدام به اجرای مدل حداکثر آنتروپی گردید.

با توجه به نتایج و مباحث صورت گرفته، مشخص شد مدل آنتروپی بیشینه بر مبنای شاخص ROC دارای عملکرد خوبی در نقشه حساسیت فرسایش شیاری حوزه آبخیز تالاب کجی بوده است. به طوری که مقدار AUC در مرحله آموزش معادل ۰/۸۸۵ و در مرحله اعتبارسنجی برابر ۰/۸۵۹ می‌باشد که بیانگر طبقه خیلی خوب است. بنابراین آنتروپی بیشینه قادر به تولید نقشه حساسیت‌پذیری فرسایش شیاری در این منطقه می‌باشد. این نتایج با نتایج مطالعاتی (۳، ۸، ۹، ۱۰، ۲۵، ۲۳، ۲۶، ۲۷، ۳۲) که از این مدل به عنوان ابزاری مؤثر در تهیه نقشه حساسیت‌پذیری خطرات طبیعی نظیر فرسایش آب‌کند، زمین‌لغزش، رواناب و محیط زیست استفاده نموده‌اند، مطابقت دارند.

مطالعات مشابه (۳۰) مطابقت دارد. بر اساس نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز تالاب کجی، بیشترین فراوانی فرسایش شیبی بر روی واحد زمین‌شناسی مخروطه افکنه‌ای آبرفتی اختصاص دارد که عامل مهمی در ایجاد و توسعه فرسایش منطقه است. سطح وسیعی از حوزه آبخیز تالاب کجی به کاربری مرتعی ضعیف اختصاص دارد که عامل مهمی در حساسیت به فرسایش شیبی است. بنابراین به منظور کاهش پتانسیل خاک در برابر فرسایش خاک، مدیریت پوشش گیاهی و مراتع حوزه آبخیز تالاب کجی، ضروری است. طبق نتایج، بافت خاک منطقه اثر کمتری بر توسعه فرسایش شیبی داشت؛ چرا که بیشتر خاک منطقه مربوط به بافت شنی- سنگریزه است که اثر پایینی در فرسایش شیبی دارد.

در کل، نتایج مدل‌سازی به منظور پیش‌بینی فرسایش شیبی در حوزه آبخیز تالاب کجی، بیانگر دقت مدل مذکور بود. مهمترین دستاورد پژوهش این بود که با تعداد عوامل کمتر که اهمیت بیشتری در شکل‌گیری و توسعه فرسایش شیبی دارند نیز می‌توان نقشه حساسیت‌پذیری با دقت قابل قبول تهیه کرد. ضمن اینکه ضروری است مدل آنتروپی بیشینه به‌منظور تدوین برنامه‌ریزی کاربری اراضی و مدیریت خطرات فرسایش در سایر حوزه‌های آبخیز کشور نیز بررسی و ارزیابی شود. در انتها پیشنهاد می‌شود با توجه به توسعه روز افزون مدل‌های هوشمند، از مدل‌هایی نظیر جنگل تصادفی و ماشین بردار در مقایسه با روش حداکثر آنتروپی برای پیش‌بینی فرسایش شیبی حوزه آبخیز تالاب کجی استفاده شود.

■ سیاست‌گذاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه بیرجند می‌باشد. بدینوسیله از دانشگاه بیرجند تقدیر و تشکر می‌شود.

آزمون جک نایف مشخص نمود تندی شیب به عنوان مهم‌ترین فاکتور محیطی در نقشه حساسیت‌پذیری پیش‌بینی شده برای فرسایش شیبی در منطقه مطالعاتی می‌باشد. زمین‌شناسی و پوشش گیاهی نیز به عنوان دیگر عوامل مهم شناخته شدند (شکل ۶). به عبارتی، تندی شیب و زمین‌شناسی مهم‌ترین عامل در مدل‌سازی حساسیت‌پذیری فرسایش شیبی عوامل است که با نتایج مطالعات مشابه (۲۱) مطابقت دارد. این در حالی است که عامل ارتفاع کمترین تأثیر را در فرایند مدل‌سازی داشت. همچنین با توجه به اهمیت پوشش گیاهی بعد از عوامل تندی شیب و واحدهای زمین‌شناسی، در پژوهش‌های دیگر (۱۴، ۳۱) نیز نتیجه گرفته شد که عامل پوشش گیاهی نقش بارزی در کنترل فرسایش خاک دارد. از طرفی بافت خاک در این منطقه، از اهمیت کمتری به جهت اثرگذاری در تولید و توسعه فرسایش شیبی دارد. مطابق با پژوهشی مشابه (۱۷) شن و سنگدانه‌های سطح خاک از جمله مهمترین عواملی هستند که میزان فرسایش خاک را کنترل می‌کنند. بیشترین درصد مشارکت با حذف سایر عوامل به ترتیب با ۱۰۰ و ۳۹٪ مربوط به تندی شیب و واحدهای زمین‌شناسی است. همچنین همراه با سایر عوامل درصد مشارکت این دو عامل به ترتیب برابر ۴۱ و ۱۶٪ است. طبق نتایج این بخش، بارش و ارتفاع کمترین اهمیت و درصد مشارکت را داشتند (جدول ۲).

طبق نتایج آزمون جک نایف، عامل تندی بیشترین اهمیت را بر فرسایش شیبی حوزه آبخیز تالاب کجی است. به طوری که درصد مشارکت این عامل با حذف سایر پارامترها برابر ۱۰۰٪ و همراه با سایر عوامل برابر ۴۱٪ است. به عبارتی، می‌توان تنها با در اختیار داشتن داده‌های تندی شیب، پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش شیبی را در حوزه مطالعاتی انجام داد. همانطور که در بخش نتایج مشخص شد، با توجه به فراوانی زیاد طبقه شیب کمتر از ۲۰٪ در منطقه، به نظر می‌رسد شیب‌های کمتر از ۲۰٪ عامل مهمی در توسعه فرسایش شیبی باشند که با نتایج

■ References

1. Bewket, W. & Teferi, E. (2009). Assessment of soil erosion hazard and prioritization for treatment at the watershed level: case study in the Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia. *Land Degradation & Development*, 20(6), 609-622. DOI: doi.org/10.1002/ldr.944

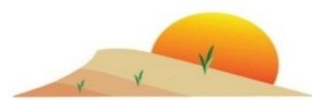
2. Bou-imajane, L., Belfoul, M.A., Elkadiri, R. & Stokes, M. (2020). Soil erosion assessment in a semi-arid environment: a case study from the Argana Corridor, Morocco. *Environmental Earth Sciences*, 79,1-14. DOI: doi.org/10.1007/s12665-020-09127-8
3. Chuma, G.B., Mugumaarhahama, Y., Mond, J.M., Bagula, E.M., Ndeko, A.B., Lucungu, P.B., Karume, K., Mushagalusa, G.N., & Schmitz, S. (2023). Gully erosion susceptibility mapping using four machine learning methods in Luzinzi watershed, eastern Democratic Republic of Congo. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 129(2), 103295. DOI: doi.org/10.1016/j.pce.2022.103295
4. Elith, J.S., Phillips, T., Hastie, M., Dudík, Y., Chee, L., & Yates, C. (2010). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Journal of Diversity and Distributions*. 17(1), 43–57. DOI: doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x
5. Graham, C.H., Elith, J., Hijmans, A.J., Guisan, A., Peterson, A.T., & Loiselle, B.A. (2008). The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *Journal of Applied Ecology*. 45(1), 239–247. DOI: doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01408.x
6. Hosseinpour, R., Onagh, M., Komaki, B., & Ramazani gask, M. (2017). Hazard assessment of desertification using the MICD model: a case study of Kaji pond watershed in Nehbandan, Iran. *Desert Ecosystem Engineering*. 6(14), 33-44. DOI: doi:10.22052/6.14.33 [In Persian]
7. Jiang, F., Zhan, Z., Chen, J., Lin, J., Wang, MK., Ge, H., & Huang, Y. (2018). Rill erosion processes on a steep colluvial deposit slope under heavy rainfall in flume experiments with artificial rain. *Catena*. 169(1), 46-58. DOI: doi.org/10.1016/j.catena.2018.05.023
8. Jiao, Y., Zhao, D., Ding, Y., Liu, Y., Xu, Q., Qiu, Y., Liu, C., Liu, Z., Zha, Z., & Li, R. (2019). Performance evaluation for four GIS-based models purposed to predict and map landslide susceptibility: A case study at a World Heritage site in Southwest China. *Catena*. 183(1), 104221. DOI: doi.org/10.1016/j.catena.2019.104221
9. Kerekes, A.H., Poszet, S.L., & Gal, A. (2018). Landslide susceptibility assessment using the maximum entropy model in a sector of the Cluj– Napoca Municipality, Romania. *Revista de Geomorfologie*. 20(2), 130-146. DOI: doi.org/10.21094/rg.2018.039
10. Li, Z., Liu, Y., & Zeng, H. (2022). Application of the MaxEnt model in improving the accuracy of ecological red line identification: A case study of Zhanjiang, China. *Ecological Indicators*, 137(1), 108767. DOI: doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108767
11. Lowe, M.A., McGrath, G. & Leopold, M. (2021). The impact of soil water repellency and slope upon runoff and erosion. *Soil and Tillage Research*, 205(1), 104756. DOI: doi.org/10.1016/j.still.2020.104756
12. Madadi, A., Asghari Saraskanroud, S., Negahban, S., & Marhamat, M. (2022). Evaluation of gully erosion sensitivity using maximum entropy model in Shoor river watershed (Mohr Township). *Journal of Geography and Environmental Hazards*. 11(3), 123-145. DOI: doi.org/10.22067/geoe.2022.76707.1228 [In Persian]
13. Maeda, E.E., Pellikka, P.K., Siljander, M. & Clark, B.J. (2010). Potential impacts of agricultural expansion and climate change on soil erosion in the Eastern Arc Mountains of Kenya. *Geomorphology*, 123(4), 279-289. DOI: doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.07.019
14. Maerker, M., Bosino, A., Scopesi, C., Giordani, P., Firpo, M., & Rellini, I. (2020). Assessment of calanchi and rill-interrill erosion susceptibility in northern Liguria, Italy: A case study using a probabilistic modelling framework. *Geoderma*, 371(1), 114367. DOI: doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114367

15. Munro, R.N., Deckers, J., Haile, M., Grove, A.T., Poesen, J. & Nyssen, J. (2008). Soil landscapes, land cover change and erosion features of the Central Plateau region of Tigray, Ethiopia: Photo-monitoring with an interval of 30 years. *Catena*, 75(1), 55-64. DOI: doi.org/10.1016/j.catena.2008.04.009
16. Nekooimehr, M., Yousefi, S. & Emami, S.N. (2022). Identify the important driving forces on gully erosion, Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran. *In Computers in Earth and Environmental Sciences*. 21(2). 191-197. DOI: doi.org/10.1016/B978-0-323-89861-4.00012-9
17. Ni, S., Zhang, Z., Wang, J., & Cai, C. (2022). Linking rill development characteristics to sediment production on different coarse-textured granite topsoils. *Catena*, 214(2), 106295. DOI: doi.org/10.1016/j.catena.2022.106295
18. Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Meusburger, K., Ballabio, C., Lugato, E., Montanarella, L. & Alewell, C. (2016). Reply to the comment on “The new assessment of soil loss by water erosion in Europe” by Fiener & Auerswald. *Environmental Science & Policy*, 57(1), 143-150. DOI: doi.org/10.1016/j.envsci.2015.12.011
19. Park, N.W. (2015). Using maximum entropy modeling for landslide susceptibility mapping with multiple geoenvironmental datasets. *Environment Earth Science*, 73(3), 937-949. DOI: doi.org/10.1007/s12665-014-3442-z
20. Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R. (2006). Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 190, 231–259. DOI: doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
21. Pournader, M., Feiznia, S., Ahmadi, H., Karimi, H., & Peirovan, H. (2020). Assessing the stability of maximum entropy prediction for rill erosion modelling. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 9(2), 123-139. [In Persian]
22. Sadeghi, S.H.R. (2017). Soil erosion in Iran: state of the art, tendency and solutions. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 63(3), 33-37. DOI: doi.org/10.17707/AgricultForest.63.3.04
23. Shahbazi A, Vakili Tajareh F, Alvandi E, Bayat A, & Asadi Nalivan O. (2021). Assessment of artificial neural network models and maximum entropy in zoning of gully erosion sensitivity of golestan dam Basin. *Journal of Watershed Management Science and Engineering*. 15(52), 12-23. [In Persian]
24. Shirani K., & Naderi Samani, R. (2022). Prioritization of effective parameters and landslide susceptibility zonation using maximum entropy and dempster shafer in Doab Samsami, Chaharmahal Bakhtiyari. *Range and Watershed Management*, 75(1), 51-72. DOI: doi.org/10.22059/jrwm.2022.324882.1592 [In Persian]
25. Singh, K.R., Ajays, R.D., & Kumar, K.B. (2019). An investigation on water quality variability and identification of ideal monitoring locations by using entropy based disorder indices. *The Total of Environment*, 647(3), 1444-1455. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.463
26. Teimouri, M., & Asadi Nalivan, O. (2020). Susceptibility zoning and prioritization of the factors affecting landslide using MaxEnt, geographic information system and remote sensing models (Case study: Lorestan province). *Hydrogeomorphology*, 6(21), 155-179. [In Persian]
27. Teimurian, T., Nazari Samani, A., Feiznia, S., Ahmadaali, K., & Soleimanpour, S. M. (2022). Determining the spatial distribution of gully erosion probability using the MaxEnt model. *Watershed Management Research Journal*. 35(2), 2-15. DOI: doi.org/10.22092/wmrj.2021.354647.1415 [In Persian]
28. Vaezi A R, Sahandi K., & Sadeghian N. (2020). Determination of susceptibility to rill and interrill erosion of some semi-arid soils using rainfall simulator in laboratory conditions. *Journal of Water and Soil Science*. 24(2), 1-11. DOI: doi.org/10.47176/jwss.24.2.133013 [In Persian]

29. Vaezi A, & Mohammadi E. (2022). Temporal variation pattern of runoff generation and rill erosion in different soils and slope gradients. *Journal of Water and Soil Science*. 25(4), 19-31. DOI: doi/10.47176/jwss.25.4.12741 [In Persian]
30. Vaezi, A.R., Gharehdaghi, H., & Marzvan, S. (2016). The role of slope steepness and soil properties in rill erosion in the hillslopes (a case study: Taham Chai catchment, NW Zanjan). *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(4), 83-100. DOI: doi.org/10.22069/jwfst.2016.8978.2280 [In Persian]
31. Wildhaber, Y. S., D. Banninger, K. & Burri, C. Alewell. (2012). Evaluation and application of a portable rainfall simulator on subalpine grassland. *Catena*, 91(2), 56-62. DOI: doi.org/10.1016/j.catena.2011.03.004
32. Zakerinejad, R., & Amoshahi, N. (2022). Assessment of landslide hazard using remote sensing data and the maximum entropy model (Case Study: Kome watershed, in south of Isfahan Province). *Quantitative Geomorphological Research*. 11(2), 128-149. DOI: doi/10.22034/gmpj.2022.340900.1349 [In Persian]
33. Zhu, C., & Wang, X. (2009). Landslide susceptibility mapping: A comparison of information and weights-of evidence methods in Three Gorges Area. *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*. 187(2), 342-346. DOI: doi.org/10.1109/ESIAT.2009.187

Desert Management

Vol. 11, No. 3, Autumn 2023



Iranian Scientific Association of Desert
Management and Control

Contents

- **Investigating the Effects of Land Use Changes on Dust Storms in the Sistan Region Using Markov Chain Forecasting** 1
Nourafar A., H. Gholami, N. Moradi, V. Rahdari and M. Rezaei
- **Analyzing the Trend of The Temperature Parameters Related to The Central Plateau of Iran Using a Time Series of Satellite Data** 17
Zolfaghari M., B. Rayegani, B. Nezami Balouchi, H. Goshtasb and A. Jahani
- **Spatial Distribution of Changes in the Trend of Extreme Precipitation Indices in Northwest Iran and Its Relationship with The General Circulation of the Atmosphere in the Region** 37
Movaghari A. and Kh. Javan
- **Investigating the Effect of The Habitat and Type of Extracted Organ on The Phytochemical Compounds of Caper (Capparis Spinosa L.) As A Medicinal and Pasture Plant** 57
Zamani E., K. Kamali Aliabad, S. M. Kalantar, H. Sodaeizadeh, B. F. Haghirsadat and E. Capanoglu
- **Effectiveness of Remote Sensing and Machine Learning Algorithms in Zoning Areas Prone to Dust in Isfahan Province** 73
Afshari M. and A. A. Vali
- **Determining Prone Areas to Rill Erosion Using Maximum Entropy Method (Case Study: Kaji Wetland Sourth Khorasan Province)** 89
Hoseini H., J. Chezgi, S.M. Tajbakhsh Fakhrabadi

JOURNAL OF DESERT MANAGEMENT

Published Quarterly by the Scientific Association of Management and Control of Iran's Desert Regions, Under the License No. 3.126885 of the Ministry of Science, Research and Technology of I.R. Iran

Vol. 11

No. 3

2023

License Holder: Scientific Association of Management and Control of Iran's Desert Regions

Publisher: Scientific Association of Management and Control of Iran's Desert Regions

Director-in-Charge: M.R. Ekhtesasi, Professor of the Yazd University

Editor-in-Chief: S.J. Khajeddin, Emeritus Professor of the Isfahan University of Technology

Technical Manager: H. Khosravi, Associate Professor, University of Tehran

Editorial Board:

H. Azarnivand, Professor, Tehran University

N. Baghestani Meybodi, Associate Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center of Yazd

M.T. Dastorani, Professor, Ferdowsi University of Mashhad

M.R. Ekhtesasi, Professor, Yazd University

S. Feyz Nia, Professor, University of Tehran

S.J. Khajeddin, Emeritus Professor, Isfahan University of Technology

H. Khosravi, Associate Professor, University of Tehran

H. Malekinejad, Associate Professor, Yazd University

M. Mohseni Saravi, Professor, University of Tehran

A. Pahlavanravi, Associate Professor, Zabol University

A.H. Saffarzadeh, Associate Professor, Kyushu University, Japan

S. Soltani, Professor, Isfahan University of Technology

A. Talebi, Professor, Yazd University

Editors: *Persian:* A.A. Nazari Samani, Associate Professor, University of Tehran

English: M. Zare, Associate Professor, Yazd University

Executive Manager: A. Jebali

Type & Layout: A. Jebali

Address: Iranian Scientific Association of Desert Management and Control (ISADMC), Arid Lands & Desert Research Institute (ADRI), Yazd University, Po. Box 89195-741, Yazd, IRAN

Telefax: +98 35 38210698

E-mail: jdm.isadmc@yahoo.com

Journal of

Desert Management



ISSN 2476-3721

Quarterly:

Volume 11- No 3- Autumn 2023

27

Contents

- **Investigating the Effects of Land Use Changes on Dust Storms in the Sistan Region Using Markov Chain Forecasting** 1
Nourafar A., H. Gholami, N. Moradi, V. Rahdari and M. Rezaei
- **Analyzing the Trend of The Temperature Parameters Related to The Central Plateau of Iran Using a Time Series of Satellite Data** 17
Zolfaghari M., B. Rayegani, B. Nezami Balouchi, H. Goshtasb and A. Jahani
- **Spatial Distribution of Changes in the Trend of Extreme Precipitation Indices in Northwest Iran and Its Relationship with The General Circulation of the Atmosphere in the Region** 37
Movaghari A. and Kh. Javan
- **Investigating the Effect of The Habitat and Type of Extracted Organ on The Phytochemical Compounds of Caper (Capparis Spinosa L.) As A Medicinal and Pasture Plant** 57
Zamani E., K. Kamali Aliabad, S. M. Kalantar, H. Sodaieizadeh, B. F. Haghiralsadat and E. Capanoglu
- **Effectiveness of Remote Sensing and Machine Learning Algorithms in Zoning Areas Prone to Dust in Isfahan Province** 73
Afshari M. and A. A. Vali
- **Determining Prone Areas to Rill Erosion Using Maximum Entropy Method (Case Study: Kaji Wetland Sourth Khorasan Province)** 89
Hoseini H., J. Chezgi, S.M. Tajbakhsh Fakhrabadi