



## فهرست مطالب

- ۱-۲۰ ■ پیش‌یابی رابطه بین تغییر اقلیمی و منابع آب زیرزمینی بر پایه مدل MODFLOW  
فاطمه بومه، محمد حسین مختاری، علی طالبی، مسعود گودرزی
- ۲۱-۴۰ ■ واکاوی توزیع مکانی زمانی مخاطرات جوی در مناطق خشک و فراهشک (بررسی موردی: استان یزد)  
محمد رضا شیر غلامی، حمید اژدری یزدی
- ۴۱-۶۲ ■ شناسایی گیاهان دارویی-صنعتی پرکاربرد مراتع بیابانی و بررسی آگاهی جامعه محلی نسبت به آنها در شهرستان خواف، خراسان رضوی  
وحید کریمیان، حسین بارانی
- ۶۳-۸۶ ■ ارزشیابی پروژه‌های بیابان‌زدایی مبتنی بر اهداف توسعه پایدار (بررسی موردی: شهرستان گناباد در استان خراسان رضوی، ایران)  
رخساره خشتابه، حمیدرضا عسگری، چوقی بایرام کمکی، حسن یگانه، مرتضی اکبری
- ۸۷-۱۰۶ ■ بررسی تغییر اقلیم و روند بارش و دمای آینده در حوزه آبخیز سد کارده  
مریم اکبری، حسین ملکی‌نژاد، محبوبه حاجی بیگلو
- ۱۰۷-۱۳۲ ■ بررسی تاثیر پخش سیلاب بر شاخص‌های زیستی گیاهان در ایستگاه آبخوانداری کوثر  
سید محمد رضا حبیبیان، الهام فخمی

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 ۱۴۰۳

شماره ۴

دوره ۱۲

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

هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد  
حسین آذرنیوند، 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  
سیدجمال‌الدین خواجه‌الدین، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان  
محمدتقی 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: ۷۶۱-۸۹۱۹۵

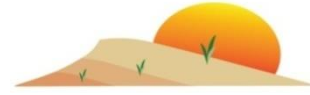
تلفن و فکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸

پست الکترونیک: jdm.isadmc@yahoo.com

تیراژ: ۱۰۰ نسخه

داوران مقالات این شماره:

دکتر محمد انصاری قوجقار، دکتر ام‌البنین بذرافشان، دکتر سعید برخوردار، دکتر محمد بهمنی جعفرلو، دکتر حسین پیری صحراگرد، دکتر اسفندیار جهانتاب، دکتر جواد جزگی، دکتر شهرام خلیقی سیگارودی، دکتر رضا دهقانی بیدگلی، دکتر خسرو شهبازی، دکتر محسن فرزین، دکتر شعله قلاسی‌مود، دکتر مرتضی قیصوری، دکتر سعیده کلانتری، دکتر حیدر مفتاحی زاده، دکتر رسول مهدوی



## فهرست مطالب

- ۱-۲۰ ■ پیش‌یابی رابطه بین تغییر اقلیمی و منابع آب زیرزمینی بر پایه مدل MODFLOW  
فاطمه بومه، محمد حسین مختاری، علی طالبی، مسعود گودرزی
- ۲۱-۴۰ ■ واکاوی توزیع مکانی زمانی مخاطرات جوی در مناطق خشک و فراخشک (بررسی موردی: استان یزد)  
محمد رضا شیر غلامی، حمید اژدری یزدی
- ۴۱-۶۲ ■ شناسایی گیاهان دارویی-صنعتی پر کاربرد مراتع بیابانی و بررسی آگاهی جامعه محلی نسبت به آنها در شهرستان خواف، خراسان رضوی  
وحید کریمیان، حسین بارانی
- ۶۳-۸۶ ■ ارزشیابی پروژه‌های بیابان‌زدایی مبتنی بر اهداف توسعه پایدار (بررسی موردی: شهرستان گناباد در استان خراسان رضوی، ایران)  
رخساره خشتابه، حمیدرضا عسگری، چوقی بایرام کمکی، حسن یگانه، مرتضی اکبری
- ۸۷-۱۰۶ ■ بررسی تغییر اقلیم و روند بارش و دمای آینده در حوزه آبخیز سد کارده  
مریم اکبری، حسین ملکی‌نژاد، محبوبه حاجی بیگلو
- ۱۰۷-۱۳۲ ■ بررسی تاثیر پخش سیلاب بر شاخص‌های زیستی گیاهان در ایستگاه آبخوانداری کوثر  
سید محمد رضا حبیبیان، الهام فخمی

## 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
- مدیریت آب در مناطق بیابانی
- ارزیابی بیابان زایی
- تغییر اقلیم و اثرات آن در بیابان زایی
- پایش بیابان زایی
- ژئومرفولوژی بیابان
- روش‌های نوین بیابان‌زدایی
- پوشش گیاهی و کشاورزی در مناطق بیابانی
- تخریب سرزمین
- خشکسالی
- بیابان‌زدایی
- سیستم هشدار اولیه و ارزیابی خطر در بیابان
- طوفان‌های گردوغبار
- فرسایش بادی و تپه‌های ماسه‌ای
- خشکسالی

- 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. این چکیده باید به انگلیسی هم ترجمه شده و در سایت همراه مقاله بارگزاری 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:** در اول این بخش منطقه مورد مطالعه معرفی گردد که مشخصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و دیگر نکات مهم مرتبط با پژوهش انجام گرفته بیان شود. اگر با ارایه نقشه منطقه همراه باشد، مطلب منطقه به خوبی قابل درک خواهد بود. بخش بعدی معرفی مواد استفاده شده، وسایل و/یا تصاویر ماهواره ای به کار رفته، شرح کامل روش‌های آزمایش و چگونگی اجرای پژوهش، طرح آماری و روش‌های ارزیابی است. از هر گونه کلی گویی در این بخش باید پرهیز شود. ارایه فرانس برای هر روش کار لازم است مگر آنکه روش ابداعی پژوهش حاضر باشد.

**۷) نتایج:** همه نتایج کیفی و کمی به دست آمده و توضیحات لازم آنها در این بخش ارائه می‌گردد. در صورت نیاز می‌توان موضوعات را طبقه‌بندی و برای ارائه نتایج از جدول و شکل (منحنی، نمودار و یا تصاویر) استفاده نمود. از تفسیر نتایج در این بخش خودداری گردد.

**۸) بحث و نتیجه‌گیری:** در برگزیده 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. لذا نتایج حاصل با نتایج پژوهش‌های قبلی در این بخش مقایسه شوند، نگارنده (گان) در این قسمت می‌توانند توصیه‌ها و پیشنهاد‌های 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 به‌صورت 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 به‌عنوان منبع بهره جست.

#### ب) منابع انتهای 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ذکر است در صورتی که مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده وجود دارد، ابتدا مقالات منفرد و سپس بقیه آنها به‌ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب گردد. از به‌کارگیری عبارت "et al." در لیست مقالات به جای نام نویسندگان مقاله خودداری شود و اسامی تمامی نویسندگان به‌ترتیب 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 انتهای منابع مربوط اضافه شود. در مورد منابعی که فارسی است، به‌منظور آگاهی خواننده عبارت "In Persian" در انتهای 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., Rosta, 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]

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]

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 تا ۱۲۰۰ واژه تدوین شود. در این بخش شماره منابع رفرنس داده شوند، همه شماره های رابطه ها، جدول ها و شکل ها در چکیده مبسوط انگلیسی رفرنس داده شوند. ترجمه فارسی چکیده انگلیسی در انتهای چکیده مبسوط، برای ملاحظه داوران پیوست نماید. فرمت نگارش چکیده مبسوط انگلیسی در پایگاه اینترنتی نشریه بخش راهنمای نویسندگان موجود است.

#### • شیوه نگارش:

مقاله روی صفحه A4 با حاشیه های بالا و پایین ۲۰ میلی متر و راست و چپ ۲۰ میلی متر با قلم نازنین بولد (B Nazanin) فونت ۱۱، در قالب نرم افزار Word تایپ گردد. فاصله بین خطوط به صورت یک فاصله ای (Single space) انتخاب گردد. تعداد صفحه های مقاله با در نظر گرفتن جدول ها، شکل ها، 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 قلم، 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 |
| B Nazanin 11               | عنوان جدول ها 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 | نام های علمی          | Times New Roman 9       | پاورقی لاتین          |

جدول و شکل ها، نتایج را خیلی دقیق تر و واضح تر از متن نمایش می دهند. اطلاعات ارائه شده در جدول ها نباید به صورت نمودار 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، می توان واحد را در عنوان جدول ذکر نمود. نتایج بررسی های آماری باید به یکی از روش های علمی در جدول منعکس شود. جدول تنها در محیط Word طراحی و از ایجاد ارتباط یا Link نمودارها با دیگر فایل ها خودداری شود.

شکل های هر مقاله شامل منحنی، نمودار، عکس و نقشه، همه به طور یکسان به عنوان شکل شماره گذاری شوند. شکل ها باید با کیفیت بالا باشد. شماره و

عنوان هر شکل در پایین آن درج گردد (شکل ۱ فارسی). همین شکل را به انگلیسی ترجمه نموده و ذیل چکیده مبسوط ارایه نمایید (Fig 1 English). همه شکل ها در متن فارسی و در متن انگلیسی برای مراجعه بموقع خواننده رفرانس داده شوند. نقشه ها و 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 PDF یا Excel, JPEG, Tiff جهت چاپ نهایی به نشریه ارسال گردد. شکل‌ها و جداول مطابق نمونه بدون کادر خارجی تنظیم شود مطابق شکل‌های نمونه (شکل ۱) بدون کادر خارجی باشند.

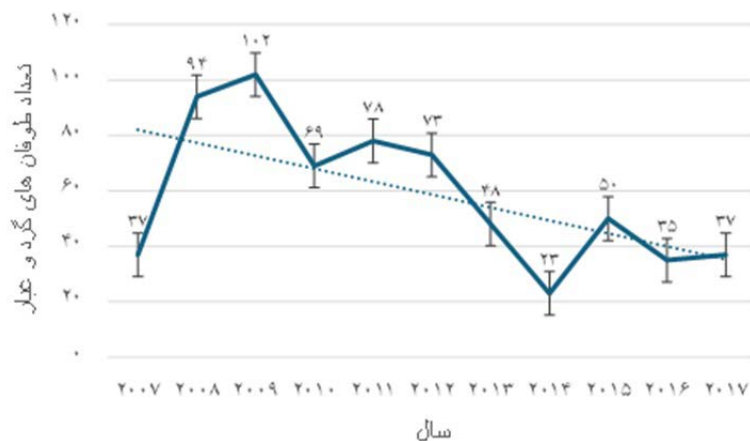


Fig 1 English. Example of the desired bilingual figures of Journal of Desert Management

جداول بایستی بدون خطوط عمودی و به صورت نمونه ذیل تهیه گردند (جدول ۱ فارسی). جدول‌ها را شماره گذاری کرده و شماره را در اول عنوان قید و در متن رفرانس دهید. همین جدول به انگلیسی ترجمه شده و در ذیل چکیده مبسوط قرار گیرد. شماره آن باید در متن چکیده مبسوط رفرانس داده شود (Table 1 Eng).

جدول ۱ فارسی. نمونه جدول مورد نظر مجله مدیریت بیابان برای بخش فارسی

| ایستگاه هواشناسی | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا (m) |
|------------------|---------------|---------------|------------------------|
| یزد              | ۵۴°۲۴'۱۶"     | ۳۱°۵۴'۵۶"     | ۱۲۳۰                   |
| بندرعباس         | ۵۶°۲۲'۴۷"     | ۲۷°۱۳'۵۷"     | ۱۰                     |
| بندر انزلی       | ۴۹°۲۸'۳۸"     | ۳۷°۲۸'۳۱"     | -۲۶/۳                  |
| اهواز            | ۴۸°۴۰'۳۵"     | ۳۱°۲۰'۵۲"     | ۲۲/۵                   |
| شهرکرد           | ۵۰°۵۱'۲۸"     | ۳۲°۲۰'۴۷"     | ۲۰۶۱/۴                 |

Table 1 Eng. Example of the desired table of Journal of desert management for extended abstract

| Meteorological station | Latitude  | Longitude | Height from sea level (m) |
|------------------------|-----------|-----------|---------------------------|
| Yazd                   | 54°24'16" | 31°54'56" | 1230                      |
| Bandar Abbas           | 56°22'47" | 27°13'57" | 10                        |
| Bandar Anzali          | 49°28'38" | 37°28'31" | -26.3                     |
| Ahwaz                  | 48°40'35" | 31°20'52" | 22.5                      |
| Shahrkord              | 50°51'28" | 32°20'47" | 2061.4                    |

● 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 (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.jdmal.ir](http://www.jdmal.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:

۸۹۱۹۵-۷۴۱

تلفکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸

رایانامه: [jdm.isadmc@yahoo.com](mailto: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 بعد از پذیرش اولیه مقاله در سامانه انتشارات، لازم است که نویسندگان نسبت به واریز وجه با مراجعه به بانک به مبلغ ۵۰۰۰۰۰۰ ریال شماره حساب ۲۰۰۷۵۱۷۳۰۳ بانک تجارت شعبه دانشگاه یزد، کد شعبه ۲۰۰۷۵ به نام انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران اقدام نمایند.

برای شناسه پرداخت می توانید شماره تلفن همراه نویسنده مسئول یا نام او را یادداشت کنید.

الف: نویسندگانی که مایل به پرداخت الکترونیکی از طریق موبایل بانک یا دستگاه های خودپرداز هستند، می توانند با انتخاب گزینه پرداخت از طریق شماره حساب و با استفاده از شناسه شبا زیر اقدام به پرداخت الکترونیکی نمایند.

IR 2301 8000 0000 0020 0751 7303

صاحب حساب: انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

ب: به بانک تجارت مراجعه کرده و مبلغ ۵,۰۰۰,۰۰۰ ریال ایران را به صورت دستی از طریق باجه بانک به نشریه مدیریت بیابان واریز نمایید.

## **Projection of The Relationship Between Climate Change Groundwater Resources Based on The MODFLOW Model**

F. Boomeh<sup>1</sup>, M.H. Mokhtari<sup>2\*</sup>, A. Talebi<sup>3</sup>, M. Goodarzi<sup>4</sup>

1. Ph.D. Candidate, Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Associate Professor of Department of Arid Lands and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Yazd, Iran.
3. Professor of Department of Rangeland and Watershed, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Yazd, Iran.
4. Associate Professor, Department of drought and climate change, SCWMRI, AREEO, Tehran, Iran.

\* Corresponding Author: mh.mokhtari@yazd.ac.ir

Received date: 07/09/2024

Accepted date: 09/12/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2040564.1480](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2040564.1480)

### **Abstract**

Climate change, a phenomenon that has been occurring since ancient times, has accelerated in recent years. This study investigates the impact of climate change on groundwater resources using the MODFLOW model. To achieve this, the water balance was first calculated, and then temperature and precipitation data for the near future (2031–2050), mid-term (2051–2070), and long-term (2071–2090) periods were estimated using global climate data. These estimated temperature and precipitation values were input into the MODFLOW 2005 model. The results showed that, under two climate change scenarios—shared socioeconomic pathways (SSPs) SSP2-4.5 and SSP5-8.5—the monthly averages of both minimum and maximum temperatures are expected to increase across all months of the year. In the optimistic scenario (SSP2-4.5), precipitation and aquifer recharge are projected to remain at current levels on average; however, groundwater levels are anticipated to decline by approximately 22 meters by 2089, with annual and seasonal fluctuations persisting in the long term. In contrast, the pessimistic scenario (SSP5-8.5) predicts a significant reduction in both precipitation and aquifer recharge, leading to a more pronounced decrease in groundwater levels. In this scenario, groundwater levels are expected to drop by about 30 cm per year in the long term, largely due to changes in precipitation patterns and aquifer recharge rates.

**Keywords:** Climate change; MODFLOW; Groundwater; Kor River

### **How to cite this article**

boomeh, F., Mokhtari, M.H. and Talebi, A. (2024). Prediction of the relationship between climate change and groundwater resources based on modflow model. *Desert Management*, 12(4), 1-20. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2040564.1480](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2040564.1480)



## Extended Abstract

### Introduction

Climate change, a phenomenon that has been occurring since ancient times, has notably accelerated in recent years. In the current context, both the rate and intensity of this acceleration have significantly increased. Groundwater resources, which are essential for human life and the environment, are under threat, with factors such as weather playing a critical role in their availability and stability in terms of both quantity and quality. Studies on the impacts of climate change on groundwater resources in the Mekong Delta, Vietnam, have shown a projected decrease in groundwater levels over the short, medium, and long term. Similarly, research on the fluctuations of groundwater levels in Hashtgerd has revealed an annual decline of 73 cm at present, with an anticipated increase in the rate of decline in the future, leading to a shift of the aquifer from a critical state to a super-critical state. Furthermore, an examination of the relationship between meteorological drought and groundwater levels in Dasht Al-Shatar demonstrated a strong correlation between drought conditions and the drop in groundwater levels. These findings highlight the need for an early warning system to mitigate the effects of groundwater drought in the future. Groundwater also serves as an archive of past climate variability and provides insights into changes in water quality, including nutrient levels, chemical composition, and isotopic evolution within an aquifer. Given the expansion of human communities over groundwater aquifers and the substantial alterations humans have made to natural hydrological systems, it is anticipated that the response of groundwater to future climate changes will intensify. In this study, the impact of climate change on water balance components in the Kor River catchment area has been analyzed using remote sensing data. It is assumed that the effects of climate change, in the near, medium, and long term, will lead to a reduction in groundwater reserves. The objective of this research is to estimate the volume of groundwater using the current MODFLOW model and to project its future trends in light of anticipated climate changes.

### Material and Methods

This research was conducted in the watershed of the Kor River, one of the main rivers in Iran, covering an area of 16,500 square kilometers. To investigate the impact of climate change on precipitation and temperature, data for three future periods were considered: near future (2031–2050), medium future (2051–2070), and far future (2071–2090). The data were obtained from three climate models—GFDL-ESM4, HadGEM3-GC31-LL, and ACCESS-CM2—under two climate scenarios, SSP2-4.5 and SSP5-8.5. The analysis was carried out for seven climate stations: Ahmadabad, Chahardange, Chamriz, Chobkhole, Jamal Beg Shirin, Khosro Shirin, Sedeh, and Dorudzan Dam. In this study, the long-term optimistic and pessimistic scenarios regarding groundwater recharge were examined for the Aspas, Bekan, and Khosroshirin plains, which are located in close proximity to one another. These plains, which serve as important groundwater sources, were analyzed using the MODFLOW model.

### Results

Changes in monthly precipitation, based on TRMM satellite data for the period from 2000 to 2019, indicate a decreasing trend in precipitation during the studied period. The monthly discharge variations at the Dehkadeh Sefid and Chamriz hydrometric stations, under two scenarios—SSP2-4.5 and SSP5-8.5—reveal that the largest increase in discharge compared to the base period occurs in October across all future periods. This is consistent with the observation that the highest increase in precipitation compared to the base period at the adjacent climate stations also occurs in October, making this result fully justified. These findings align with the results of other studies (1, 7). The highest increase in discharge at both the Dehkadeh Sefid and Chamriz hydrometric stations occurs in October under the SSP2-4.5 scenario during the period from 2051 to 2070, where the average flow rate at both stations increases by 2.39 and 2.34 times, respectively, compared to the base period. Under the SSP5-8.5 scenario, this increase will occur in the period from 2031 to 2050, with the average flow rate at Dehkadeh Sefid and Chamriz hydrometric stations rising by 2.34 and 2.61 times, respectively, in October compared to the base period. Changes in near-surface air temperature, based on NOAA gauges, show an upward trend in temperature. Additionally, the average minimum and maximum monthly temperatures under both SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios in the studied area are projected to increase in all months in the future. Under the optimistic scenario (SSP2-4.5), precipitation and aquifer recharge are expected to remain at current levels on average; however, the groundwater level is anticipated to continue decreasing over the long term, with annual and seasonal fluctuations. Proper resource management could mitigate the effects of reduced water resources and prevent land subsidence. In contrast, under the pessimistic scenario (SSP5-8.5), precipitation and aquifer recharge are projected to decrease significantly, leading to a decline in groundwater levels. This

reduction will vary among aquifers, with the Aspas aquifer experiencing the greatest decrease, followed by the Bakan and Khosro Shirin aquifers. Factors influencing groundwater levels include precipitation, aquifer recharge, water extraction, and evaporation/transpiration. These changes could result in reduced water resources, land subsidence, and other environmental challenges.

**Discussion and Conclusion**

The groundwater levels in the three studied aquifers over the long term were significantly influenced by precipitation and aquifer recharge scenarios. In the optimistic scenario, the groundwater level is expected to follow a decreasing trend, although it will remain relatively stable on average. In the pessimistic scenario, however, the groundwater level is projected to decline significantly. Sustainable water resource management, reduced water extraction, and enhanced aquifer recharge are key solutions to mitigate the impacts of these changes and ensure the preservation of these valuable resources for future generations. Thus, it can be concluded that the primary factor influencing groundwater level changes in these aquifers is water extraction from wells.

**Keywords:** Climate change; MODFLOW; Groundwater; Kor River

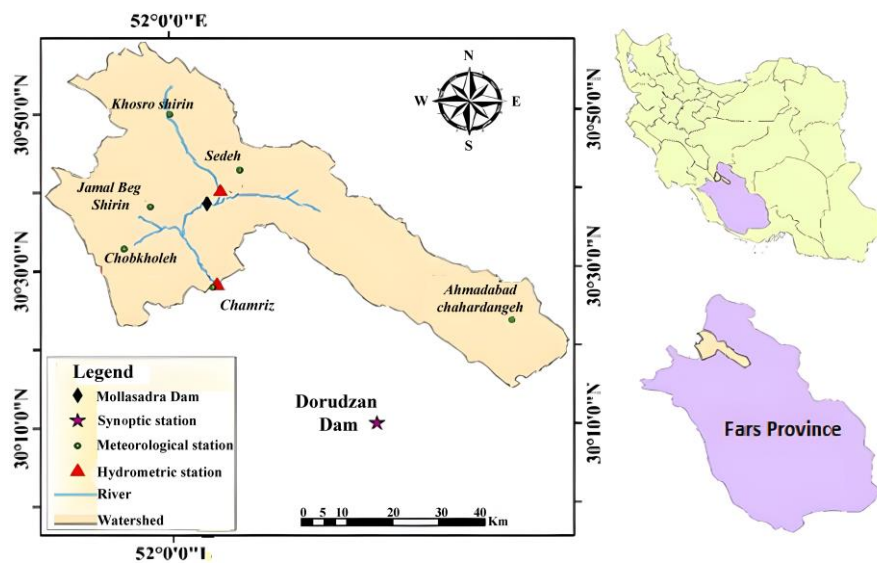


Fig 1. Location of the study are in a) Iran, B) Fars Province and C) the Kor River catchment area

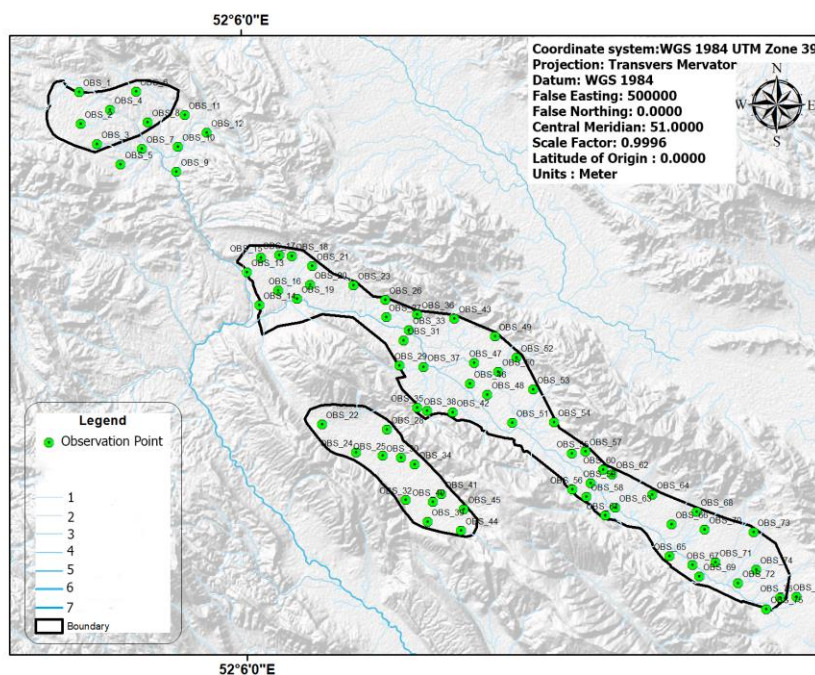


Fig 2. Location of the observation wells in the study area

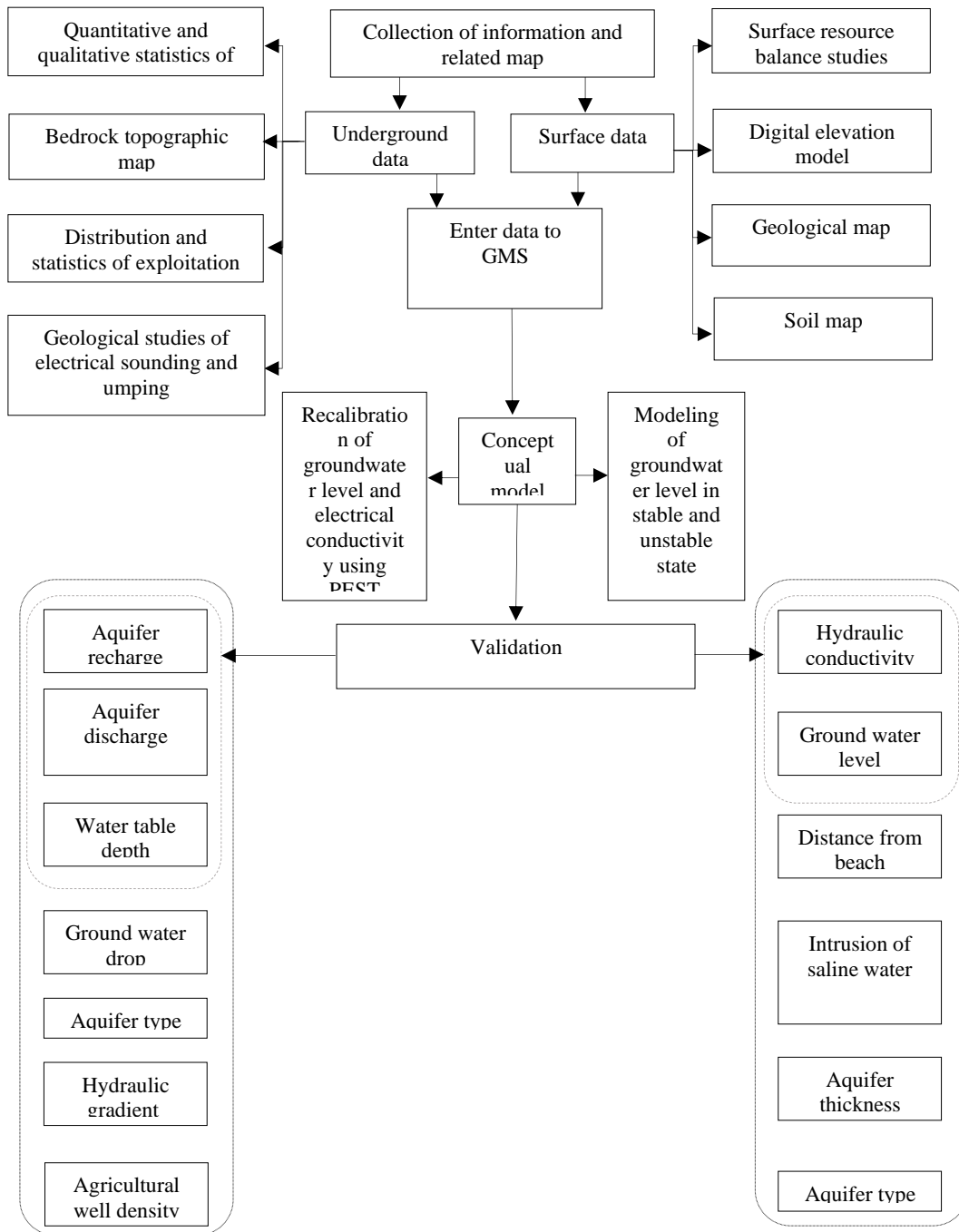


Fig 3. Diagram of ground water flow modeling

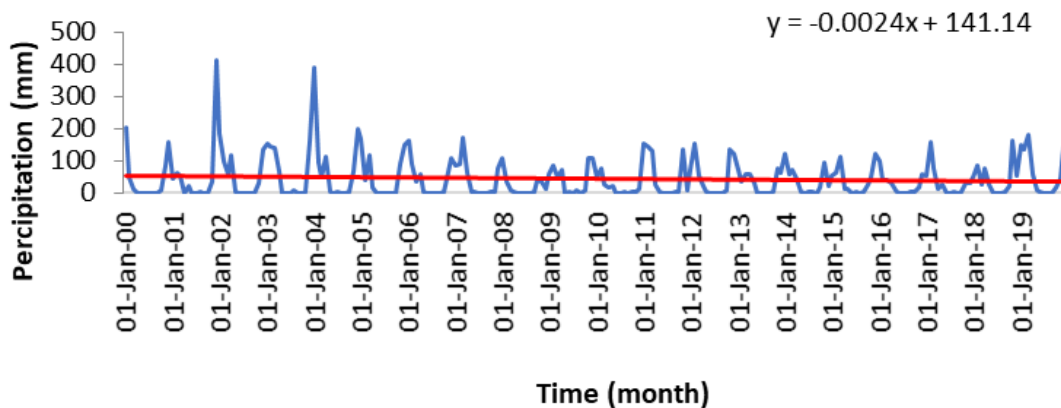


Fig 4. Monthly precipitation changes based on TRMM satellite data

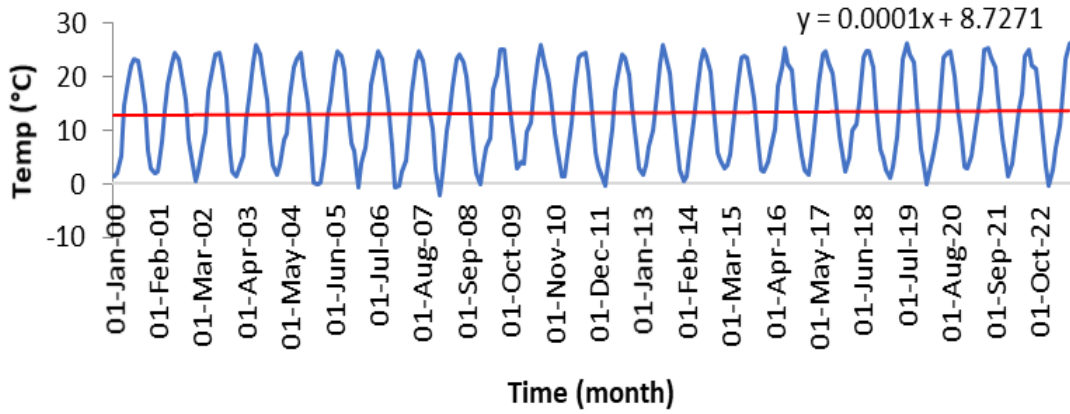


Fig 5. Changes in near-surface air temperature based on NOAA gauge data

Table 1. Timing of the maximum decrease and increase in rainfall compared to the base period at different stations

| Dorudzan dam | Sedeh | Khosro Shirin | Jamal Beg Shirin | Chobkhole | Chamriz | Ahmadabad | Chahardange | changes          |
|--------------|-------|---------------|------------------|-----------|---------|-----------|-------------|------------------|
| Sep          | Oct   | Dec           | Oct              | Nov       | Oct     |           | Oct         | Maximum decrease |
| Mar          | May   | Mar           | Mar              | Feb       | Apr     |           | Apr         | Maximum increase |

Table 2. The maximum decrease and increase in rainfall compared to the base period at different stations

| Dorudzan dam | Sedeh | Khosro Shirin | Jamal Beg Shirin | Chobkhole | Chamriz | Ahmadabad Chahardange | Time duration |                  |
|--------------|-------|---------------|------------------|-----------|---------|-----------------------|---------------|------------------|
|              | %168  | %130          | %108             |           | %149    |                       | 2031-2050     | Maximum decrease |
| %261         | %172  | %119          | %105             | %114      | %151    | %189                  | 2051-2070     |                  |
| %38          | %35   | %35           | %35              | %22       |         | %35                   | 2031-2050     |                  |
| %22          | %75   | %45           |                  |           | %48     | %33                   | 2051-2070     | Maximum increase |
|              | %72   |               | %24              |           | %51     |                       | 2071-2090     |                  |

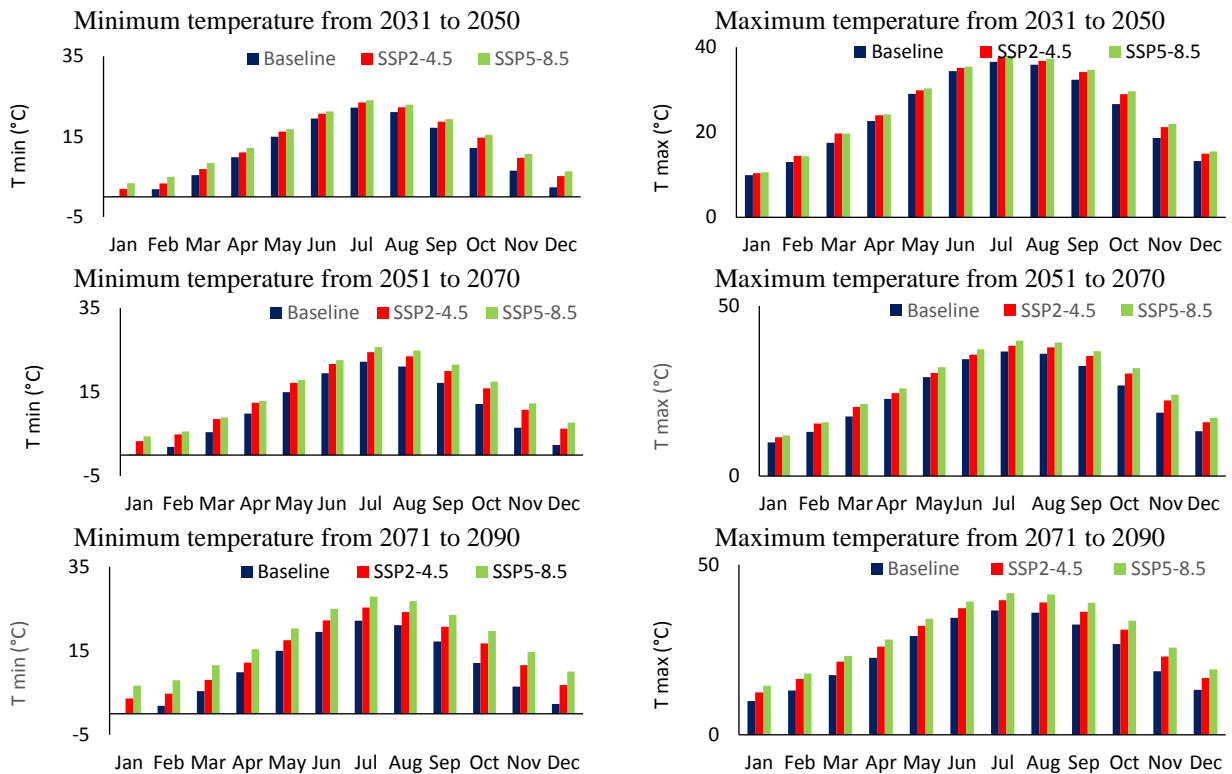


Fig 6. Long-term average of maximum and minimum temperatures at synoptic stations for the future period (2030–2090) under two scenarios: SSP2-4.5 and SSP5-8.5

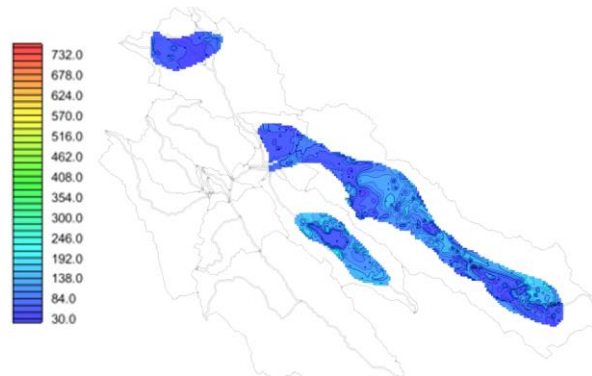


Fig 7. Zoning of alluvial thickness in the study's saturated aquifer.

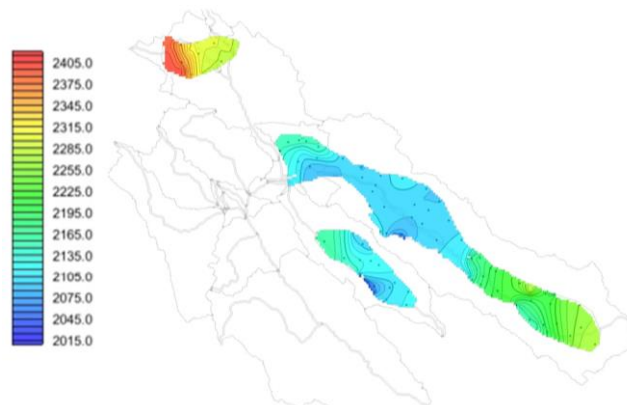


Fig 8. The groundwater level of the study aquifer at the final time step of the 126-month interval, assuming the continuation of the current well withdrawal process

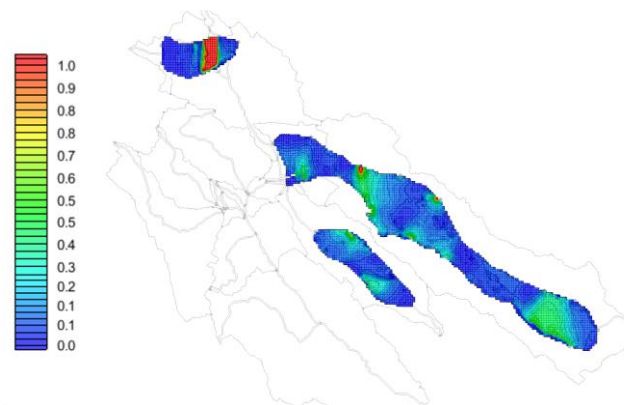


Fig 9. Magnitude of the flow velocity of the final model of the study plain

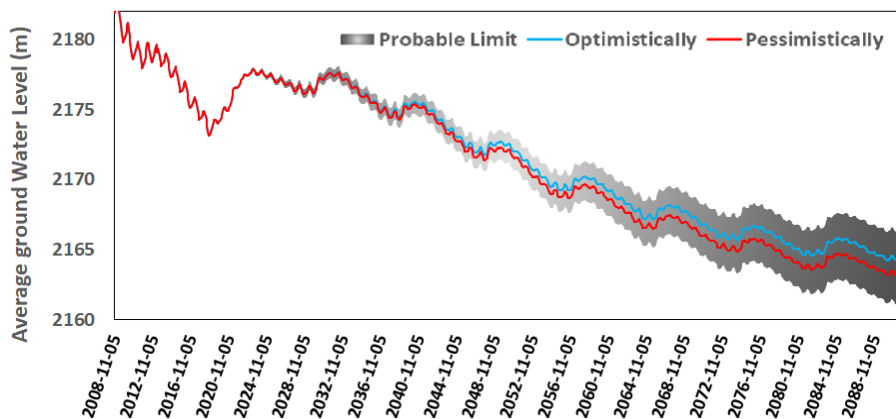


Fig 10. Changes in groundwater level until 2090 under the optimistic and pessimistic scenarios



## پیش‌یابی رابطه بین تغییر اقلیمی و منابع آب زیرزمینی بر پایه مدل MODFLOW

فاطمه بومه<sup>۱</sup>، محمد حسین مختاری<sup>۲\*</sup>، علی طالبی<sup>۳</sup>، مسعود گودرزی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
  ۲. دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
  ۳. استاد گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
  ۴. دانشیار گروه خشکسالی و تغییر اقلیم، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران.
- \* نویسنده مسئول: [mh.mokhtari@yazd.ac.ir](mailto:mh.mokhtari@yazd.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹

doi [10.22034/JDMAL.2024.2040564.1480](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2040564.1480)

### چکیده

پدیده تغییر اقلیم براساس شواهد موجود، از زمان‌های بسیار دور وجود داشته است. حال آن‌که در شرایط کنونی سرعت و شتاب آن بیش‌تر شده است. پژوهش حاضر به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی بر اساس مدل MODFLOW می‌پردازد. به‌این منظور، در آغاز بیلان آب محاسبه شد و سپس با بهره‌گیری از داده‌های جهانی متغیرهای دما و بارش برای سال‌های آینده نزدیک ۲۰۳۱-۲۰۵۰ (۱۴۲۸-۱۴۰۹)، میانی ۲۰۵۱-۲۰۷۰ (۱۴۴۸-۱۴۲۹) و دور ۲۰۹۰-۲۰۷۱ (۱۴۶۸-۱۴۴۹) برآورد و به‌عنوان ورودی مدل MODFLOW 2005 مورد استفاده قرار گرفتند. مطابق با نتایج، میانگین ماهانه دمای کمینه و بیشینه بر پایه دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در تمام ماه‌های سال در آینده افزایش خواهد داشت. در سناریو خوش‌بینانه، بارش و تغذیه آبخوان‌ها به‌طور متوسط در سطح فعلی باقی می‌ماند، ولی تراز آب زیرزمینی با حفظ نوسان‌های سالانه و فصلی در بلندمدت تا سال ۲۰۸۹ (۱۴۶۷) به‌طور متوسط حدود ۲۲m کاهش خواهد یافت. اما در سناریو بدبینانه، بارش و تغذیه آبخوان‌ها به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد که موجب کاهش تراز آب زیرزمینی می‌شود. تراز آب زیرزمینی در دوره بلند مدت به‌طور قابل توجهی زیر تأثیر سناریوهای بارش و تغذیه آبخوان‌ها قرار خواهد گرفت و در حدود سالی ۳۰cm افت خواهد داشت.

**واژگان کلیدی:** بارش؛ بیلان آب؛ تغذیه آبخوان، دما؛ رود کر

### استناد به این مقاله

بومه، فاطمه، مختاری، محمد حسین، طالبی، علی، مسعود گودرزی. (۱۴۰۳). پیش‌بینی رابطه بین تغییرات اقلیمی و منابع آب زیرزمینی بر اساس مدل MODFLOW. مدیریت بیابان، ۱۲(۴)، ۱-۲۰. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2040564.1480](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2040564.1480)



## ■ مقدمه

پدیده تغییر اقلیم براساس شواهد موجود، از زمان‌های بسیار دور وجود داشته است. حال آن‌که در شرایط کنونی سرعت و شتاب آن بیش‌تر شده است. در حال حاضر تغییر اقلیم در حال وقوع است و در آینده نیز ادامه خواهد داشت (۱۴). از طرفی منابع آب زیرزمینی، در بیشتر مناطق جهان، از نظر تأمین آب، جایگاه ویژه‌ای دارند. اما در دسترس بودن آن با کمیت و کیفیت پایدار با عوامل مختلفی تهدید می‌شود که در این بین آب و هوا مهمترین نقش را دارا می‌باشد (۸). تغییرات اقلیمی با تغییر در رژیم جریان می‌توانند بر اکوسیستم‌های رودخانه‌ای تأثیرگذار باشند اما اثر آن بر جریان‌های زیرزمینی به طور قابل توجهی پیچیده است (۱۱). باوجود تأثیر غیرمستقیم و کندتر تغییرات اقلیمی بر منابع آب زیرزمینی ولی این منابع تحت تأثیر شرایط اقلیمی بلندمدت نظیر تغییرات بارش باران یا برف، دما، ذوب شدن یخچال‌ها و تغییرات کاربری اراضی قرار خواهند گرفت (۱۲، ۱۰).

بررسی تأثیر تغییر اقلیم در دلتای میکونگ<sup>۱</sup> بر منابع آب زیرزمینی نشان داد که در آینده شاهد افزایش  $1/5^{\circ}\text{C}$  میانگین دمای سالانه خواهیم بود. همچنین نتایج نشان داد بارش در آینده در فصل مرطوب و خشک به ترتیب دارای افزایش و کاهش خواهد شد و سطح آب زیرزمینی در کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت کاهش خواهد یافت (۱۶).

همچنین تأثیر پدیده تغییر اقلیم روی نوسان سطح آب زیرزمینی هشتگرد حاکی از آن است که سالانه  $73\text{cm}$  افت داشته، از طرفی افزایش میزان افت در آینده و تبدیل آبخوان از حالت بحرانی به حالت فوق بحرانی را تجربه خواهد کرد (۶). بیان آب کاربرد مهمی در موضوع‌های مختلفی از جمله بررسی منابع آب و پیش‌بینی سیلاب دارد. محاسبه و برآورد مقادیر اجزای بیان آب در حوضه‌های آبخیز در حال حاضر و در آینده با در نظر گرفتن تغییر اقلیم می‌تواند به مدیریت مطلوب منابع آب و برنامه‌ریزی عملیاتی هر چه بهتر کمک کند (۱۳). نکته قابل توجه آن است که برآورد اجزای اصلی بیان آب فرآیند پیچیده‌ای است که باید از همه ابعاد مورد بررسی قرار گیرد زیرا فاکتورهای ورودی و خروجی متعددی در محاسبات بیان آب دخیل هستند (۲۰).

تجزیه و تحلیل ویژگی‌ها و عملکرد آب‌های زیرزمینی در گذشته و آینده نیاز به درک مناسبی از خشکسالی‌های هواشناسی دارد. استفاده از فناوری‌ها قوی مدل‌سازی امکان پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی و تغییرات اقلیمی را فراهم می‌کند. بررسی تأثیر خشکسالی هواشناسی در دشت الشتر بر آب‌های زیرزمینی نشان دهنده همبستگی قوی بین افت سطح تراز آب‌های زیرزمینی و خشکسالی ناشی از پارامترهای هواشناسی است. به طور کلی، این نتایج نشان دهنده یک سیستم هشدار اولیه برای مواجهه با پایین رفتن سطح تراز آب‌های زیرزمینی و کاهش تأثیر آن در آینده است (۱۷).

بررسی‌ها نشان می‌دهد تغذیه منابع آب زیرزمینی به آب و هوای گرم‌تر در مناطق کوهستانی نسبتاً کمتر بوده و بستگی به کاربری زمین دارد (۱۸). در دشت‌ها تغذیه منابع آب زیرزمینی در آب و هوای گرم بستگی به آب‌آبیاری داشته و تا حد زیادی تحت تأثیر میزان نفوذ آب‌آبیاری است. مدل‌های کاربردی در تخمین تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی توانایی پیش‌بینی تأثیر تغییرات اقلیمی بر نوسان‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی را دارند. صحت خروجی این مدل‌ها به موقعیت جغرافیایی و هیدرولوژیک، زیستی وابسته است (۱۳). استفاده از مدل MODFLOW در استان داک لک نشان می‌دهد که، علیرغم داده‌های محدود، به ویژه داده‌های حفاری برای تحقیقات آب زیرزمینی، نتایج محاسبات مدل قابلیت اطمینان و پتانسیل بزرگ آن را برای استفاده در سایر مکان‌های مشابه نشان داده است. استفاده از مدل در ارتباط با سایر ماژول‌های استخراج داده، ورودی مفیدی برای ایجاد نقشه‌های مدول جریان زیرزمینی برای دوره‌های زمانی مختلف است. تأثیر زیاد تغذیه و تبخیر بر منابع آب زیرزمینی و تعادل آب در منطقه تحقیقاتی با شبیه‌سازی سناریوهای تغییر اقلیم ۴.۵RCP و ۸.۵RCP نشان داده شده است (۳).

بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی با استفاده از مدل WEAP- MODFLOW مهاباد کارآمدی مدل پیشنهادی را برای شبیه‌سازی رواناب تأیید کرد. به‌علاوه نتایج نشان داد که به‌دلیل تغییرات آب و هوایی

<sup>1</sup> Mekong

می‌شود. هدف این پژوهش برآورد حجم آب زیرزمینی با استفاده از مدل MODFLOW در زمان حال و پیش‌بینی برای آینده با توجه به تغییرات اقلیمی در سه آبخوان بکان، خسرو شیرین و آسیاس به صورت هم‌زمان و جامع است. پژوهش حاضر دید مدیریتی جامع را برای کارشناسان و تصمیم‌گیران بخش آب فراهم خواهد کرد تا بتوانند با واکاوی روند بهره‌برداری منابع از گذشته تا آینده، تصمیم‌های اصولی گرفته شود.

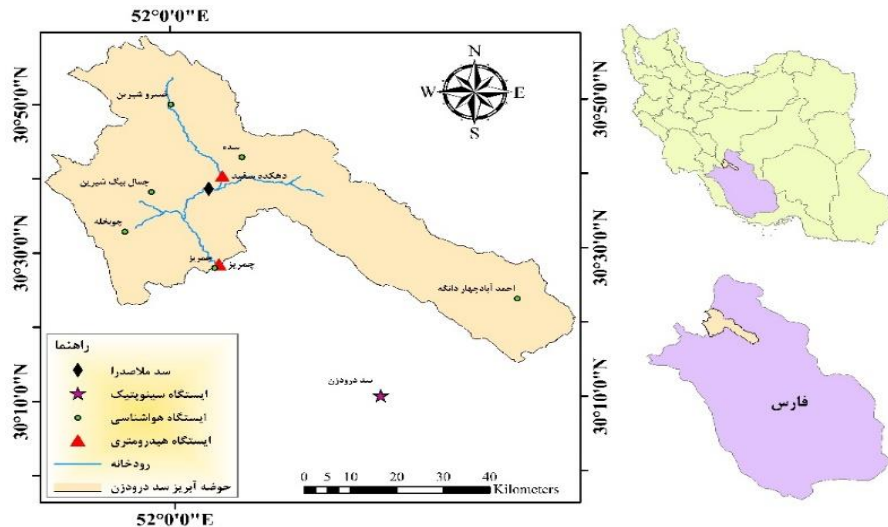
### ■ مواد و روش

پژوهش حاضر در حوزه‌آبخیز رودخانه کُر به‌عنوان یکی از رودخانه‌های اصلی ایران با مساحت  $16500 \text{ km}^2$  انجام شده است (شکل ۱). در دشت آسیاس دو رودخانه وجود دارد. رودخانه کر از کوه‌های زاگرس سرچشمه می‌گیرد از دشت بکان عبور می‌کند و به سمت جنوب شرقی از دشت آسیاس عبور می‌کند. رودخانه بوجان از شمال دشت آسیاس سرچشمه می‌گیرد و به رودخانه کر می‌پیوندد. همچنین رودخانه بوانات از غرب دشت بکان سرچشمه می‌گیرد و به رودخانه کر می‌پیوندد. رودخانه‌های دشت خسرو شیرین نیز شامل رودخانه کر و تنگ‌چنار است. رودخانه کر از دشت خسرو شیرین عبور می‌کند و به سمت جنوب‌شرقی جریان می‌یابد و رودخانه تنگ‌چنار از شمال دشت خسرو شیرین سرچشمه می‌گیرد و به رودخانه کر می‌پیوندد. برای پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارندگی از سال ۲۰۳۰، سه دوره زمانی ۲۰ ساله برای آینده نزدیک ۲۰۳۱-۲۰۵۰ (۱۴۲۸-۱۴۰۹)، آینده میانی ۲۰۵۱-۲۰۷۰ (۱۴۴۹-۱۴۲۹) و آینده دور ۲۰۹۰-۲۰۷۱ (۱۴۶۸-۱۴۴۹) در نظر گرفته شده است و از ۳ مدل GFDL-ESM4، GC31-LL HadGEM3 و ACCESS-CM2 تحت تأثیر دو سناریو خوشبینانه SSP2-4.5 و بدبینانه SSP5-8.5 برای ۷ ایستگاه اقلیمی احمدآباد چهاردانگه، چمریز، چوبخوله، جمال بیگ‌شیرین، خسرو شیرین، سده و سد درودزن استفاده شده است. بدین منظور از پایگاه داده کوپرنیک و نرم‌افزار QGIS3.12.2 استفاده شد. در دشت آسیاس، بکان و خسرو شیرین به‌عنوان منابع آب زیرزمینی که در مجاورت یکدیگر قرار دارند، سناریوهای بلندمدت خوشبینانه و بدبینانه تغذیه با استفاده از شبیه‌سازی مورد بررسی واقع شدند.

در دوره مورد بررسی، آب‌های زیرزمینی حدود  $1/6 \text{ m}$  - کاهش یافته است (۱۵).

تحلیل کمی و مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی با استفاده از MODFLOW در معادن زغال‌سنگ نیمه گرمسیری واقع در شمال غربی بنگلادش کاهش تدریجی سطح آب زیرزمینی به دلیل عدم شارژ مجدد، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و تأثیرات معدن زغال سنگ زیرزمینی را نشان داد (۹). پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت قروه با استفاده از MODFLOW نشان داد که با همین روند برداشت از آبخوان و بارش تحت سناریو A1B، سطح آب زیرزمینی سالانه در حدود ۶۰ سانتیمتر افت می‌کند. همچنین با افزایش ده درصدی حجم برداشتی از چاه‌ها و اعمال بارش پیش‌بینی شده از سناریو A2 میزان افت سطح ایستابی بطور چشم‌گیری افزایش یافته و سالانه در حدود ۱۱۷ سانتیمتر کاهش در سطح ایستابی دشت خواهیم داشت. با کاهش ۱۰ درصدی حجم برداشت شده از چاه‌ها در سالهای آتی و اعمال بارش پیش‌بینی شده از سناریو B1، مقدار افت سطح ایستابی نسبت به سال‌های گذشته کاهش یافته و سالانه در حدود ۳۳ سانتیمتر کاهش سطح ایستابی محاسبه گردیده است (۲).

آب زیرزمینی بایگانی از تنوع آب و هوایی در گذشته و تغییرات مقدار تغذیه آب و یا مواد شیمیایی و تاریخیچه تکاملی ایزوتوپی آبخوان را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد با گسترش جوامع انسانی بر روی آبخوان‌های زیرزمینی و تغییرات گسترده‌ای که بشر بر رژیم‌های هیدرولوژیکی طبیعی وارد می‌آورد، عکس‌العمل آب‌های زیرزمینی به تغییرات آب و هوایی آینده تشدید خواهد شد (۱۳). پژوهش حاضر با رویکردی جامع به برنامه‌ریزی پایدار منابع آب به بررسی اثر تغییر اقلیم بر مؤلفه‌های بیلان آب در حوزه آبخیز رودخانه کر با استفاده از مدل MODFLOW و شناخت قابلیت‌ها و محدودیت‌های منابع آبی می‌پردازد. به هر حال تغذیه آب زیرزمینی ارتباط نزدیکی با تغییرات پیش‌بینی شده در بارش دارد (۱۹). در خصوص تأثیر تغییر اقلیم بر مؤلفه‌های بیلان در کشور پژوهش‌های محدودی انجام شده است. فرض بر این است که تأثیر تغییر اقلیم در آینده نزدیک، میانی و دور موجب کاهش ذخایر آب زیرزمینی



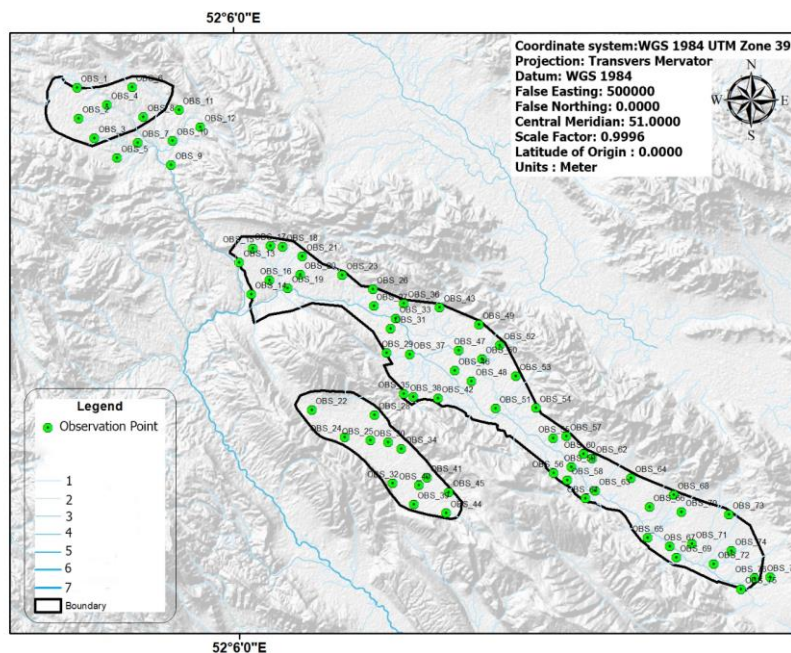
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

منحنی‌های هم‌دما و بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی مقادیر سالیانه دمای منطقه مورد مطالعه در ارتفاع و دشت محاسبه شد.

در محدوده مطالعاتی در مجموع ۷۷ چاه مشاهداتی مورد بررسی و به‌عنوان پایه‌های واسنجی مدل انتخاب شده است. اطلاعات سری زمانی در این چاه‌ها به روش رگرسیون بازسازی شده است. چاه‌های پیزومتریک نقشی مهمی در مدل‌سازی آب‌زیرزمینی با استفاده از مدل MODFLOW ایفا می‌کنند. موقعیت مختصاتی و پراکنش این چاه‌ها در شکل زیر مشاهده می‌شود (شکل ۲).

همچنین احتمال وجود عدم قطعیت بر روی دشت نیز مد نظر بوده و در نتیجه مقدار تراز آب زیرزمینی مستخرج از این بررسی می‌تواند در یک آستانه احتمالاتی مورد بررسی واقع شود.

برای بررسی رژیم حرارتی محدوده مطالعاتی و بررسی تحولات زمانی و مکانی و مقادیر حدی، گردآوری و تجزیه و تحلیل آمار درجه حرارت آن در مطالعات بیلان وزرات نیرو انجام پذیرفته است. در این مطالعات از آمار درجه حرارت ثبت شده در ایستگاه‌های همدیدی و کلیماتولوژی تحت پوشش سازمان هواشناسی کشور و ایستگاه‌های تبخیرسنجی وزارت نیرو استفاده شده است. با استفاده از



شکل ۲. موقعیت چاه‌های مشاهداتی محدوده مطالعاتی

است. همچنین نشان می‌دهد که روند بارش ماهانه طی دوره مورد بررسی نزولی بوده است (شکل ۴). تغییر دمای هوای نزدیک سطح زمین سنجنده NOAA، نشان می‌دهد که بیشینه دمای هوا ۲۳ ساله  $26/385^{\circ}\text{C}$  و کمینه دمای هوا ۲۳ ساله  $2/019^{\circ}\text{C}$  بوده است. خط برازش بر روی نمودار دما نشان‌دهنده روند صعودی دمای هوا است (شکل ۵). نتایج نشان می‌دهد که براساس سناریوهای خوشبینانه و بدبینانه مورد ارزیابی در پژوهش حاضر در هر ایستگاه اقلیمی بیشترین مقدار کاهش و افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه ۱۹۸۸-۲۰۱۴ مربوط به چه ماهی از سال بوده است (جدول ۱). لازم به ذکر است که داده‌های دما و بارش در تمام ایستگاهها با استفاده از آزمون همگنی نرمال استاندارد مورد بررسی قرار گرفت و نرمال شدند.

در هر ایستگاه مقدار افزایش یا کاهش بارندگی در مقایسه با دوره پایه ۱۹۸۸-۲۰۱۴ مشخص شده است (جدول ۲). در ایستگاه چمریز بیشترین مقدار افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه بر اساس سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در ماه اکتبر است. بطوریکه میانگین میزان بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه اکتبر تحت سناریوی SSP2-4.5،  $3/03$  برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است و میانگین میزان بارش در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در ماه اکتبر تحت سناریوی SSP5-8.5،  $2/98$  نسبت به دوره پایه افزایش یافته است.

در این ایستگاه تبخیرسنجی، بیشترین مقدار کاهش بارندگی در مقایسه با دوره پایه بر پایه سناریوی SSP24.5 در ماه آوریل است به‌طوریکه میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۷۱ تا ۲۰۹۰ در ماه آوریل تحت سناریوی SSP2-4.5،  $51\%$  نسبت به دوره پایه کاهش یافته است و میانگین مقدار بارندگی در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه آوریل زیر سناریوی SSP5-8.5،  $48\%$  نسبت به دوره پایه کاهش یافته است. در ایستگاه چوبخوله بیشترین افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه در ماه نوامبر قابل مشاهده است. به‌طوریکه میانگین میزان بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه نوامبر تحت سناریوی SSP2-4.5،  $2/23$  برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است و تحت سناریوی SSP58.5،  $2/29$  برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است.

پتانسیل آبدهی چاه‌های آبخوان که بیانگر قابلیت آبدهی آبخوان است. بر اساس آمار موجود، چاه‌ها و چشمه و قنات‌ها به‌عنوان منابع موثر بر آبخوان‌ها به‌صورت عوامل استحصال می‌باشند.

در آغاز بیلان آبی با استفاده از Flow\_Budget محاسبه شد. Flow\_Budget توسط USGS بر پایه روابط ریاضی برای محاسبه بیلان آبی در مدل MODFLOW توسعه یافته است. پس از آن با استفاده از داده‌های جهانی اقلیم متغیرهای دما و بارش برای سال‌های آینده نزدیک، میانی و دور برآورد و به‌عنوان ورودی مدل MODFLOW مورد استفاده قرار گرفتند.

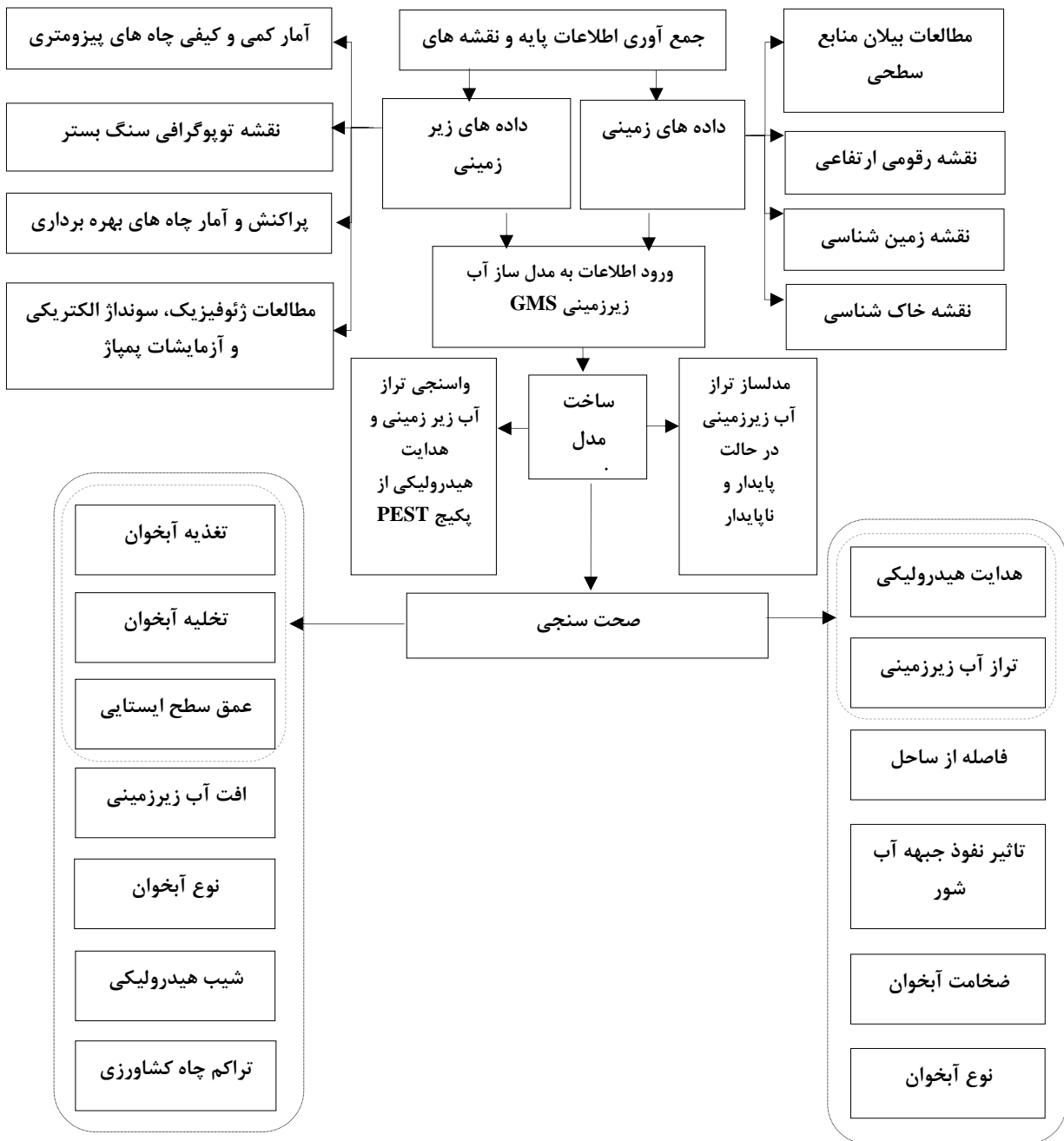
برای مدیریت و شبیه‌سازی نوسانات سطح آب زیرزمینی از مدل ریاضی MODFLOW به وسیله نرم افزار  $\text{GMS}^1$  در آبخوان انجام می‌شود. مدل ریاضی MODFLOW به‌عنوان ابزاری کارآمد برای بررسی مدیریت آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ویژگی‌های مختلف هواشناسی، هیدرولوژیک، زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیک برای ورودی‌های مدل در نظر گرفته خواهد شد. این نرم‌افزار مدل ریاضی است که ترکیبی از مدل آب زیرزمینی MODFLOW و GIS است که با استفاده از روش عددی تفاضل محدود، تراز آب زیرزمینی را شبیه‌سازی می‌کند.  $\text{GMS}$  نرم‌افزار جامعی برای مدل‌سازی آبهای زیرزمینی است. در پژوهش حاضر بر اساس مدل مفهومی تراز آب زیرزمینی شبیه‌سازی می‌شود. پس از تهیه مدل مفهومی و تعیین شرایط مرزی و اولیه، شبیه‌سازی در شرایط پایدار انجام و سپس مدل واسنجی و صحت‌سنجی خواهد شد (شکل ۳).

## ■ نتایج

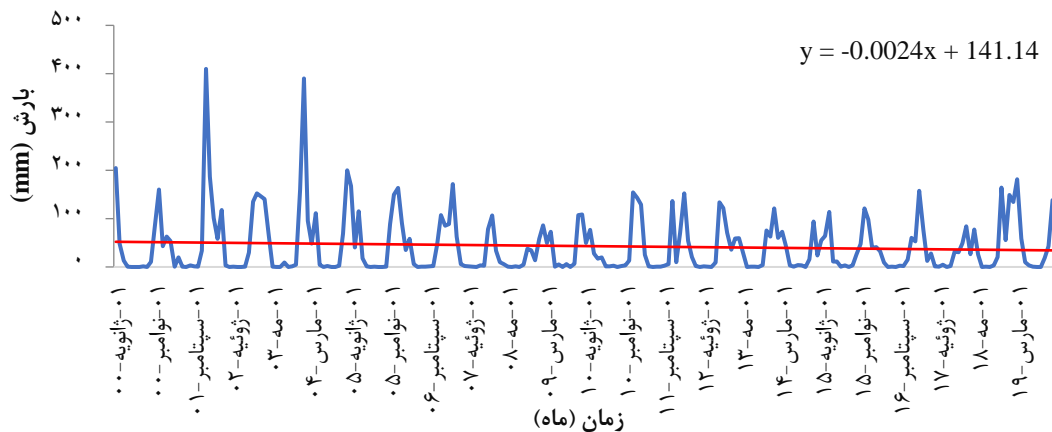
### بررسی وضعیت حوضه در شرایط تغییر اقلیم

روند تغییرات ماهیانه بارش با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای TRMM برای دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ (۱۳۷۸-۱۳۹۷) با کمک نمودار نشان داده شده است. روند تغییرات ماهانه دوره‌های زمانی مورد بررسی با داده‌های واقعی مقایسه شده و همسو بوده است. کمینه بارش در این دوره صفر mm و بیشینه بارش ۱۹ ساله  $409/9\text{mm}$  بوده

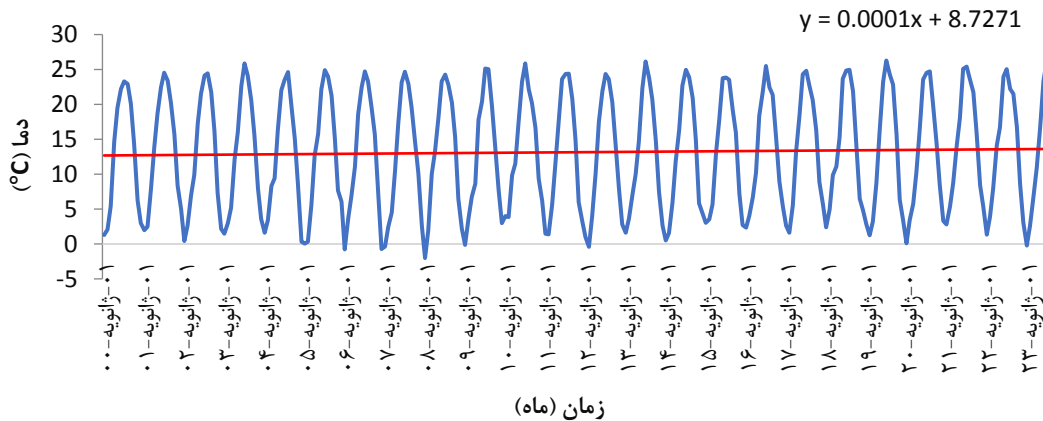
<sup>1</sup> Groundwater Modeling System



شکل ۳. نمودار جریان‌ی مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی



شکل ۴. تغییرات بارش ماهانه با استفاده از داده‌های ماهواره ای TRMM



شکل ۵. تغییرات دمای هوای نزدیک سطح زمین سنجنده NOAA

جدول ۱. زمان بیشترین مقدار کاهش و افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه در ایستگاه‌های مختلف

| تغییرات        | احمد آباد چهاردانگه | چمریز | چوبخوله | جمال بیگ شیرین | خسرو شیرین | سده   | سد درودزن |
|----------------|---------------------|-------|---------|----------------|------------|-------|-----------|
| بیشترین افزایش | اکتبر               | اکتبر | نوامبر  | اکتبر          | دسامبر     | اکتبر | سپتامبر   |
| بیشترین کاهش   | آوریل               | آوریل | فوریه   | مارچ           | مارچ       | می    | مارچ      |

جدول ۲. بیشترین مقدار کاهش و افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه در ایستگاه‌های مختلف

| دوره زمانی     | احمد آباد چهاردانگه | چمریز | چوبخوله | جمال بیگ شیرین | خسرو شیرین | سده  | سد درودزن |
|----------------|---------------------|-------|---------|----------------|------------|------|-----------|
| بیشترین افزایش | ۲۰۳۱-۲۰۵۰           | %۱۴۹  | %۱۱۴    | %۱۰۸           | %۱۳۰       | %۱۶۸ |           |
|                | ۲۰۵۱-۲۰۷۰           | %۱۸۹  | %۱۱۴    | %۱۰۵           | %۱۱۹       | %۱۷۲ | %۲۶۱      |
|                | ۲۰۳۱-۲۰۵۰           | %۳۵   | %۲۲     | %۳۵            | %۳۵        |      | %۳۸       |
| بیشترین کاهش   | ۲۰۵۱-۲۰۷۰           | %۳۳   | %۴۸     |                | %۴۵        | %۷۵  | %۲۲       |
|                | ۲۰۷۱-۲۰۹۰           | %۵۱   | %۵۱     | %۲۴            |            | %۷۲  |           |

یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۷۱ تا ۲۰۹۰ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است. در این ایستگاه باران سنجی، بیشترین کاهش بارندگی در ماه آوریل تحت سناریو SSP5-8.5، ۲۴٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

در ایستگاه جمال بیگ شیرین بیشترین افزایش بارندگی در ماه اکتبر است. بطوریکه میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه اکتبر زیر سناریوی SSP2-4.5، ۳۸٪ برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در ماه دسامبر تحت سناریو SSP5-8.5، ۶۱٪ نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. در این ایستگاه باران سنجی، بیشترین کاهش بارندگی در ماه آوریل تحت سناریوی SSP2-4.5، ۲۴٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در ماه آوریل تحت سناریوی SSP5-8.5، ۲۴٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

در این ایستگاه باران سنجی، بیشترین کاهش بارندگی در ماه آوریل تحت سناریوی SSP2-4.5، ۲۲٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

در ایستگاه چمریز بیشترین افزایش بارندگی در ماه اکتبر است. بطوریکه میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه اکتبر در سناریوی SSP2-4.5، ۱۸۹٪ برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در ماه اکتبر تحت سناریو SSP5-8.5، ۱۷٪ نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. در این ایستگاه باران سنجی، بیشترین کاهش بارندگی در ماه آوریل تحت سناریوی SSP2-4.5، ۳۳٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در ماه آوریل تحت سناریوی SSP2-4.5، ۳۳٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در ماه آوریل تحت سناریوی SSP2-4.5، ۳۵٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه آوریل تحت سناریوی SSP5-8.5، ۳۳٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

افزایش میانگین بیشترین و کمینه دمای ماهیانه بر اساس دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در تمام ماه‌های سال در دوره آینده در شکل زیر نشان داده شده است (شکل ۶). همچنین، هم در خصوص بارش، و هم دمای بیشینه و دمای کمینه مقادیر میانگین بلند تخمینی از هر دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 نسبت به دوره پایه بیشتر بوده است.

#### نتایج مدل‌سازی آب زیرزمینی

توپوگرافی ضخامت آبخوان در مطالعات اکتشافی موجود است. اطلاعات به‌دست آمده عمدتاً شامل مقاطع سنگ شناختی چاه، ضخامت اشباع آبخوان، گسترش نواحی با تراوایی زیاد، نوع آبخوان و یک یا چند لایه‌ای بودن آبخوان است. چنین اطلاعاتی می‌توانند برای تعیین مقدار پارامترهای هیدرودینامیک به شیوه‌های مختلفی مورد استفاده قرار گیرند. یکی از مهمترین اطلاعاتی که از چاه‌های اکتشافی به دست می‌آید، ضخامت آبخوان است. نیز لایه پهنه‌بندی ضخامت آبرفت آبخوان اشباع منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش درون‌یابی نزدیکترین همسایه در شکل زیر نشان داده شده است (شکل ۷).

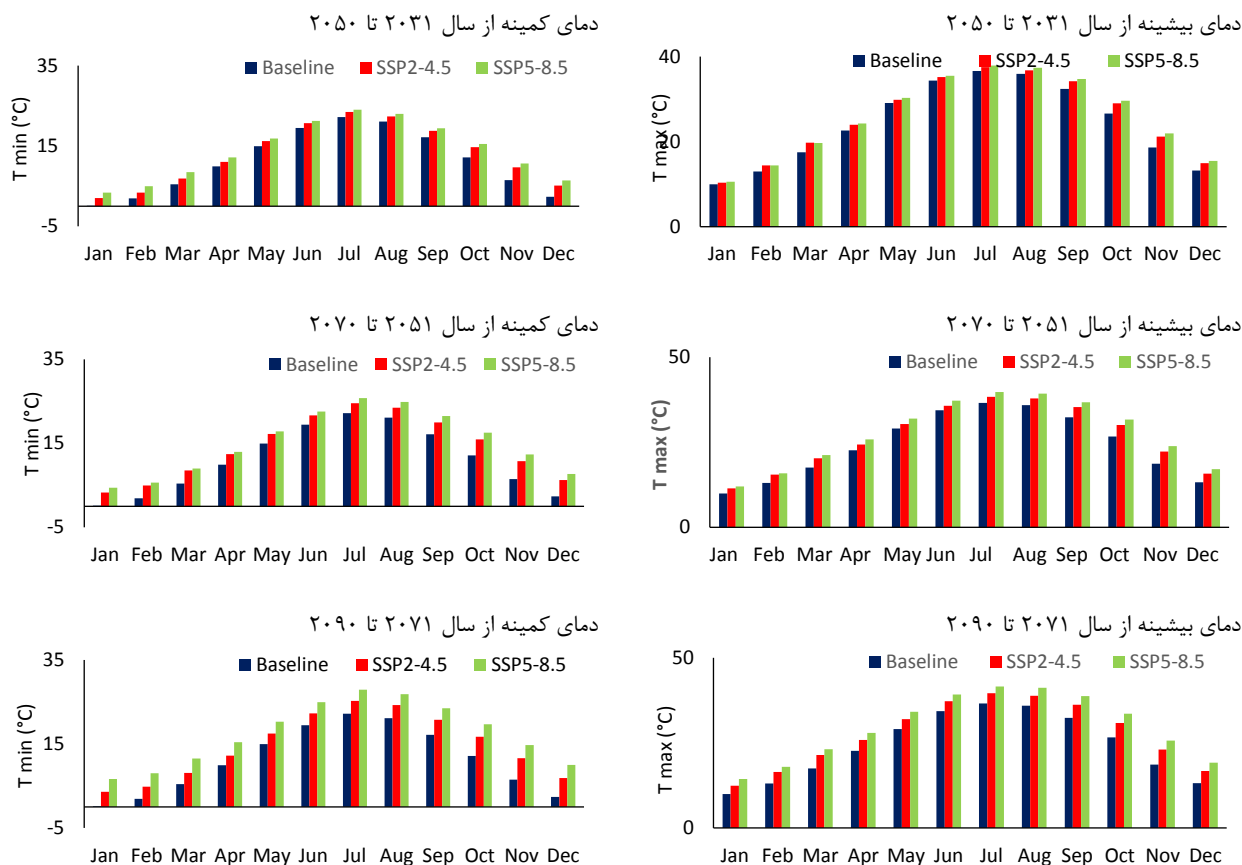
در بخش‌های پراکنده حاشیه رود به دلیل رسوبگذاری، آبخوان‌ها از نوع منحصر بوده و امکان تشکیل آبخوان تحت فشار به صورت محدود محتمل است؛ در قسمت مرکزی دشت مطالعاتی نیز ساختار از نوع دانه متوسط تا ریز توسعه یافته، تناوبی از لایه‌های آبرفتی با دانه بندی متفاوت در عمق آبخوان تشکیل شده است. آبخوان در دشتک‌ها و دره‌های آبرفتی ارتفاعات، بسیار محدود و از نظر ویژگی‌های هیدروژئولوژیک منفصل از آبخوان دشت اصلی مطالعاتی می‌باشند. از لایه کاربری اراضی موجود می‌توان برای استخراج نواحی مستعد به نفوذ بیشتر و زون‌های بالقوه استفاده کرد. به‌علاوه در تحلیل شاخص آسیب آبخوان در برابر کم آبی نیز قابل تحلیل آماری می‌باشد.

بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه آوریل تحت سناریوی SSP5-8.5، ۴۵٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

در ایستگاه سده بیشترین افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه بر اساس سناریوی SSP2-4.5 در ماه اکتبر است. به‌طوریکه میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه اکتبر تحت سناریوی SSP2-4.5 ۳/۴۴ برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در ماه اکتبر تحت سناریوی SSP5-8.5، ۳/۳۷ برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. در این ایستگاه باران سنجی، بیشترین کاهش بارندگی در مقایسه با دوره پایه بر اساس سناریوی SSP2-4.5 در ماه می می‌باشد به‌طوریکه میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۷۱ تا ۲۰۹۰ در ماه می تحت سناریوی SSP2-4.5، ۷۲٪ کاهش یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه می تحت سناریوی SSP5-8.5، ۷۵٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

در ایستگاه درودزن بیشترین افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه بر اساس سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در ماه سپتامبر است. به‌طوریکه میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه سپتامبر تحت سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5، ۵/۲۲ برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. در این ایستگاه همدیدی، بیشترین کاهش بارندگی در مقایسه با دوره پایه بر اساس سناریوی SSP2-4.5 در ماه مارچ می‌باشد به‌طوریکه میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در ماه مارچ تحت سناریوی SSP2-4.5، ۳۸٪ کاهش یافته است و میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۱ در ماه مارچ تحت سناریوی SSP5-8.5، ۲۲٪ نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

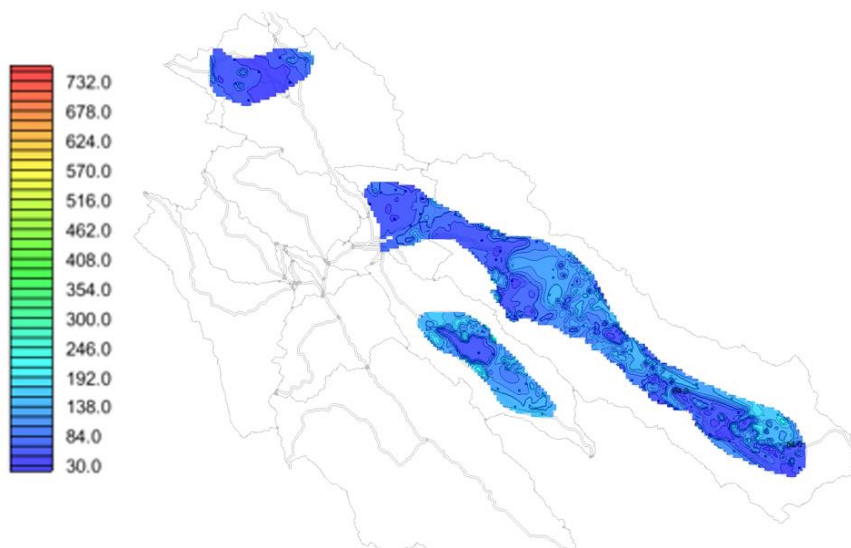
بیشترین افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه بر اساس سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در ایستگاه احمد آباد چهاردانگه در ماه اکتبر است. به‌طوریکه میانگین مقدار بارش در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ در ماه اکتبر تحت سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5، بترتیب ۳/۷۳ و ۳/۷۸ برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. در این ایستگاه باران سنجی، بیشترین کاهش بارندگی در مقایسه با دوره پایه بر اساس سناریوی SSP2-4.5 در ماه آوریل می‌باشد به‌طوریکه



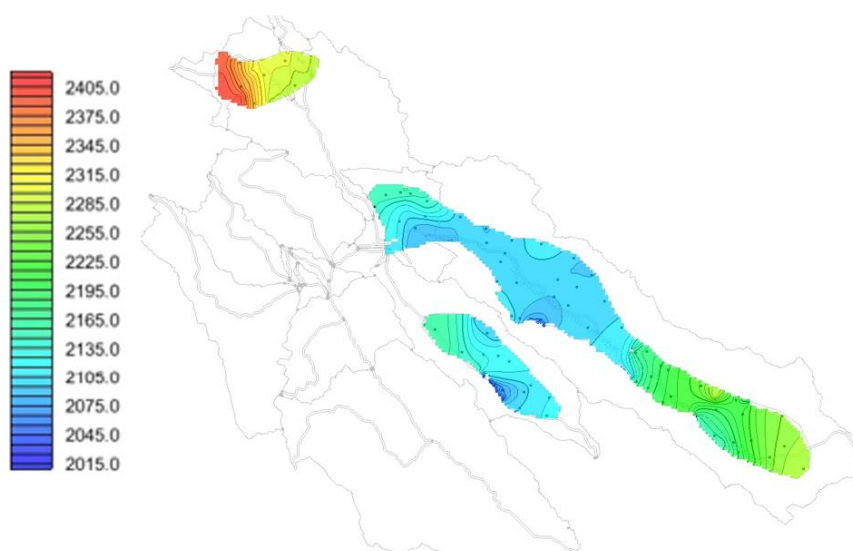
شکل ۶. میانگین بلند مدت دمای بیشینه و کمینه در ایستگاه‌های سینوپتیک برای دوره آینده ۲۰۳۰ تا ۲۰۹۰ تحت دو سناریو SSP5-8.5 و SSP2-4.5

زیاد و در حدود  $500 \text{ m}^2/\text{day}$  برآورد می‌شود. در این مناطق مقدار آبدهی چاه‌های مورد بهره برداری نیز قابل توجه است؛ که خود گواهی بر صحت برآورد مقادیر بالای قابلیت انتقال است. همچنین مقدار قابلیت انتقال آبخوان در قسمت‌های حاشیه جنوبی آبخوان اندک است و در حدود  $100 \text{ m}^2/\text{day}$  برآورد شده است. در بخش‌های میانی آبخوان نیز مقدار قابلیت انتقال آبخوان در حدود ۲۰۰ تا  $400 \text{ m}^2/\text{day}$  است. نتایج حاصل از مدل واسنجی شده MODFLOW نشان می‌دهد که روزانه به‌طور میانگین مقدار مشخصی از حجم ذخیره آبخوان کاهش یافته است. از طرفی به دلیل افت سطح آب در آبخوان مورد نظر، طی دوره ۱۰ ساله کاهش آب مخزن رخ داده است. سطح تراز آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعاتی در پایان بازه زمانی ۱۲۶ ماهه مورد مطالعه نشان داده شده است (شکل ۹). این نتایج در مقایسه با نتایج ابتدای دوره نشان‌دهنده افت سطح تراز در طول دوره مطالعاتی است.

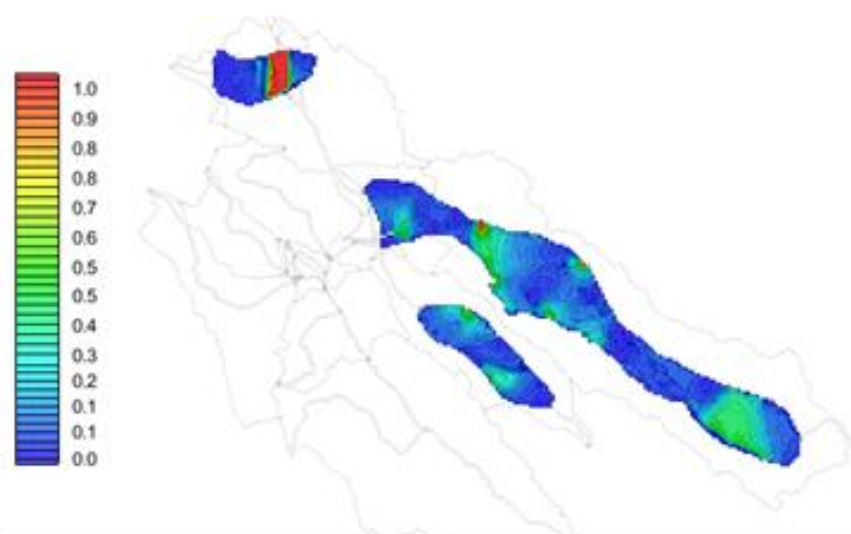
با بهره‌گیری از مجموع نتایج بدست آمده و تعیین مقادیر قابل قبول و ترسیم منحنی‌های هم‌قابلیت انتقال آبخوان هم‌ضرب ذخیره آبخوان بازه تغییرات قابلیت انتقال آبخوان آبرفتی در حدود  $100 \text{ m}^2/\text{day}$  تا  $500 \text{ m}^2/\text{day}$  و تغییرات مقدار ضریب ذخیره آبخوان در حدود ۲ تا ۷٪ برآورد می‌شود. بر این اساس و با متوسط گیری قابلیت انتقال و ضریب ذخیره آبخوان نسبت به سطح و ضخامت آبخوان، میانگین قابلیت انتقال برابر  $300 \text{ m}^2/\text{day}$  و مقدار متوسط ضریب ذخیره برابر ۵٪ در گستره آبخوان آبرفتی تعیین می‌شود. پس از برآورد مقادیر قابلیت انتقال آبخوان با بهره‌گیری از روش‌های مختلف، ضرایب هیدرودینامیک حاصل با شرایط زمین شناسی مشتمل بر جنس، دانه بندی غالب ضخامت اشباع آبخوان و آبدهی ویژه چاه‌های بهره‌برداری بررسی و مقایسه شد. ارقام نهایی برای ترسیم خطوط هم ارزش قابلیت انتقال آبخوان استفاده شده است. مقدار ضریب قابلیت انتقال آبخوان در قسمت‌های مرکز آبخوان



شکل ۷. پهنه بندی ضخامت آبرفت آبخوان اشباع مطالعاتی



شکل ۸. تراز آب زیرزمینی آبخوان مطالعاتی در آخرین گام زمانی بازه ۱۲۶ ماهه با ادامه روند برداشت حاضر از چاه‌ها



شکل ۹. بزرگی سرعت جریان مدل نهایی دشت مطالعاتی

در این دوره میانگین مقدار دبی در ایستگاه هیدرومتری دهکده سفید و ایستگاه هیدرومتری چمریز به ترتیب ۲/۳۹ و ۲/۳۴ برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است و تحت سناریوی SSP5-8.5، در دوره ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ اتفاق می افتد بطوریکه میانگین مقدار دبی در ایستگاه هیدرومتری دهکده سفید و ایستگاه هیدرومتری چمریز در این دوره در ماه اکتبر به ترتیب ۲/۳۴ و ۲/۶۱ برابر نسبت به دوره پایه افزایش یافته است.

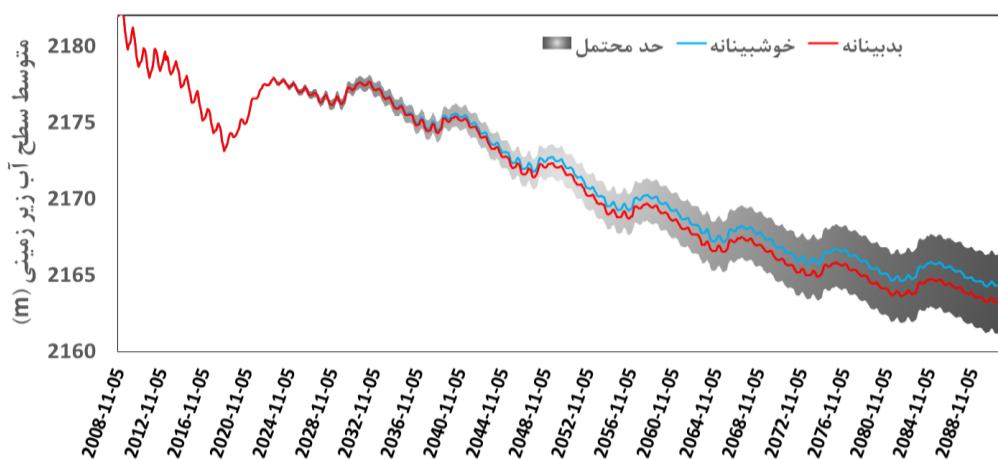
با توجه به داده‌های ارائه شده، مشخص شد که در دوره‌های زمانی آینده تحت دو سناریو SSP2-4.5 و SSP5-8.5، متوسط دمای ماهیانه ماکسیمم و مینیمم و همچنین میانگین مقدار بارندگی در برخی ایستگاه‌ها و ماه‌های خاص افزایش یافته یا کاهش پیدا کرده است. این تغییرات می‌تواند به دلیل عوامل مختلفی از جمله تغییرات اقلیمی و تحول جوی در آینده رخ خواهد داد. به عنوان نتیجه، می‌توان استنباط کرد که تغییرات اقلیمی و تحولات جوی با تأثیرهای مختلف بر روی الگوی بارش و دما در ایستگاه‌ها مواجه هستند. افزایش بارش در برخی مناطق و ماه‌های خاص می‌تواند منجر به مشکلات آبی و سیلاب‌های جدید شود، در حالی که کاهش بارش نیز ممکن است منجر به خشکسالی‌ها و کاهش منابع آبی شود به منظور مدیریت بهینه منابع آبی و سایر منابع طبیعی در آینده، توصیه می‌شود که برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌های مناسب برای سازگاری با این تغییرات اقلیمی اتخاذ شود این اقدامات شامل بهبود مدیریت آب، انجام پژوهش‌های بیشتر در حوزه اقلیم و تغییرات آن، آموزش و آگاهی‌بخشی به جامعه در مورد اهمیت حفظ منابع طبیعی و محیط زیست می‌باشد. این نتایج با پژوهش‌های سایرین (۴، ۵) در تطابق است.

در اراضی شمالی منطقه مورد مطالعه مقدار سرعت جریان آب زیرزمینی زیاد است (شکل ۹). بر اساس مشاهدات میدانی، حفر چاه‌های فراوان با مقدار برداشت بالا در نواحی مرکزی و نقش پر رنگ آنها، باعث ساختاری ناهمگن در نقشه سرعت جریان منطقه مورد مطالعه شده است. تراز آب زیرزمینی در سه آبخوان مورد بررسی در دوره بلندمدت به‌طور قابل توجهی زیر تاثیر سناریوهای بارش و تغذیه آبخوان‌ها قرار گرفت و با افت ۱۸m تا ۲۰m مواجه شد (شکل ۱۰). در سناریو خوشبینانه، تراز آب زیرزمینی به‌طور متوسط با روند کاهشی باقی می‌ماند. در سناریو بدبینانه، تراز آب زیرزمینی به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

## ■ بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات ماهانه دبی در ایستگاه هیدرومتری دهکده سفید و چمریز تحت دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 نشان می‌دهد که بیشترین افزایش دبی نسبت به دوره پایه در تمامی دوره‌های آینده در ماه اکتبر اتفاق می‌افتد که با توجه به اینکه در ایستگاه‌های اقلیمی همجوار ایستگاه‌های هیدرومتری بیشترین افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه در ماه اکتبر می‌باشد، این مسئله کاملاً توجیه‌پذیر است. این نتایج با نتایج دیگر بررسی‌های انجام شده در این زمینه در تطابق است (۱، ۷).

بیشترین افزایش دبی در ایستگاه هیدرومتری دهکده سفید و ایستگاه هیدرومتری چمریز در ماه اکتبر تحت سناریوی SSP2-4.5، در دوره ۲۰۵۱ تا ۲۰۷۰ اتفاق می‌افتد به‌طوریکه



شکل ۱۰. تغییرات تراز آب زیرزمینی تا سال ۲۰۹۰ با دو سناریو خوشبینانه و بدبینانه

کاهش را خواهد داشت، و سپس آبخوان بکان و آبخوان خسرو شیرین تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند. عواملی که بر تراز آب زیرزمینی تأثیر دارند عبارتند از بارش، تغذیه آبخوان‌ها، برداشت آب و تبخیر و تعرق. این تغییرات می‌توانند منجر به کاهش منابع آب، فرونشست زمین، و مشکلات دیگری برای منابع آب و محیط زیست شوند. برای مقابله با این تغییرات، می‌توان راهکارهایی از قبیل مدیریت پایدار منابع آب، کاهش برداشت آب، و افزایش تغذیه آبخوان‌ها را ارائه داد. این اقدام‌ها می‌توانند در حفظ تراز آب زیرزمینی و ارزشمندی آن برای نسل‌های آینده کمک کنند و از تأثیرات منفی پیشگیری کند.

تراز آب زیرزمینی در سه آبخوان مورد بررسی در دوره بلند مدت به‌طور قابل توجهی زیر تأثیر سناریوهای بارش و تغذیه آبخوان‌ها قرار گرفت. در سناریوهای خوشبینانه و بدبینانه، تراز آب زیرزمینی از یک روند کاهشی تبعیت می‌کند. همچنین در منطقه مورد بررسی طی دوره ۱۰ ساله با کاهش روزانه حجم ذخیره آبخوان کاهش آب مخزن رخ خواهد داد. مدیریت پایدار منابع آب، کاهش برداشت آب، و افزایش تغذیه آبخوان‌ها از جمله راهکارهای مقابله با تغییرات تراز آب زیرزمینی و حفظ این منابع ارزشمند برای نسل‌های آینده است. بنابراین می‌توان مشخص کرد که الگوی اصلی تغییر تراز در این آبخوان‌ها متأثر از چاه‌های برداشتی می‌باشد.

#### ■ سپاسگزاری

از حمایت‌های مادی و معنوی معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه یزد تقدیر و تشکر می‌گردد.

ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم در مقیاس‌های منطقه‌ای و حوزه آبخیز در خصوص مدیریت منابع آب، برای تدوین و اجرای سیاست‌هایی برای دست‌یابی به توسعه پایدار مورد توجه می‌باشد. مطابق با نتایج حاصل شده، متوسط دمای کمینه و بیشینه ماهانه بر اساس دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 در کل ماه‌های سال در دوره آینده افزایش خواهد یافت. همچنین، تغییرات ماهانه دبی در ایستگاه هیدرومتری دهکده سفید و چمریز تحت دو سناریوی SSP2-4.5 و SSP5-8.5 نشان می‌دهد که بیشترین افزایش دبی نسبت به دوره پایه در تمامی دوره‌های آینده در ماه اکتبر (مهر ماه) اتفاق می‌افتد که با توجه به اینکه در ایستگاه‌های اقلیمی هم ماکسیمم افزایش بارندگی در مقایسه با دوره پایه در ماه اکتبر می‌باشد، این مسئله کاملاً توجیه پذیر است. با توجه به یافته‌های این مطالعه نتیجه‌گیری می‌شود که با افزایش مقدار بارندگی‌ها در حوزه آبخیز رودخانه کر، اتخاذ راهکارهایی برای نفوذ آب باران و افزایش منابع آب زیرزمینی و کاهش خطرات ناشی از افزایش جریان‌ات سطحی و وقوع سیلاب اجتناب ناپذیر است. راهکارهایی همانند افزایش پوشش طبیعی منطقه و کاشت درختان سریع‌الرشد برای این منطقه بسیار مناسب است.

در سناریو خوشبینانه، بارش و تغذیه آبخوان‌ها به‌طور متوسط در سطح فعلی باقی می‌ماند، ولی تراز آب زیرزمینی در طول دوره بلند مدت به‌طور متوسط کاهشی باقی می‌ماند، با حفظ نوسانات سالانه و فصلی. در صورت مدیریت اصولی منابع، کاهش منابع آب و بروز فرونشست زمین جلوگیری می‌شود. اما در سناریو بدبینانه، بارش و تغذیه آبخوان‌ها به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد که موجب کاهش تراز آب زیرزمینی می‌شود. این کاهش در هر آبخوان متفاوت خواهد بود، به‌طوری‌که آبخوان اسپاس بیشترین

#### ■ References

1. Abbaszadeh, M., Bazrafshan, O., Mahdavi, R., Sardooi, E. R., & Jamshidi, S. (2023). Modeling Future Hydrological Characteristics Based on Land Use/Land Cover and Climate Changes Using the SWAT Model. *Water Resources Management*, (37)10, 4177-4194. DOI: 10.1007/s11269-023-03545-6
2. Abbasnouvinpour, E., Karimi, F. and Rezaie, H. (2022). The Prediction of Groundwater Level in Ghorve Plain Using MODFLOW Model in Different Scenarios of LARS-WG Climate Change. *Water and Soil Science*, 32(4), 61-73. [In Persian]

3. An, N.N., Nhut, H.S., Phuong, T.A., Huy, V.Q., Hanh, N.C., Thao, G.T.P., Trinh, P.T., Hoa, P.V. and Binh, N.A. (2022). Groundwater simulation in Dak Lak province based on MODFLOW model and climate change scenarios. *Frontiers in Engineering and Built Environment*, Vol. 2 No. 1, pp. 55-67. DOI: <https://doi.org/10.1108/FEBE-11-2021-0055>
4. Askarizadeh, D., Arzani, H., Jaffari, M., Bazrafshan, J., & Prentice, I.C. (2018). Surveying of the past, present and future of vegetation changes in the central Alborz ranges in relation to climate change. *RS & GIS for Natural Resources*, 9(3), 1-18. [In Persian]
5. Clayton, S., & Karazsia, B. T. (2020). Development and validation of a measure of climate change anxiety. *Journal of Environmental Psychology*, 69, Article 101434. DOI: 10.1016/j.jenvp.2020.101434
6. Dong, Y., Li, G. & Xu, H. (2012). An aerial recharge and discharge simulating method for MODFLOW. *Computers & Geosciences*. 42, 203-205. DOI: 10.1016/j.cageo.2011.10.005
7. Goodarzi, M., & Mortazavizadeh, F. S. (2020). Assessing Climate Change Impacts on Groundwater Fluctuations Using RCP Scenarios. *Iranian journal of Eco hydrology*, 7(3), 801- 814. [In Persian]
8. HajiGhasemi, Sh., Zakeri Niri, M., & Najafi Jilani, A. (2021). Investigating of Climate Change Effects on the Surface Runoff with SWAT Model (Case study: Mazlaghan River). *Iranian journal of Irrigation and Drainage*, 15(1), 121-137. [In Persian]
9. Jallili, Kh., Moradi, H.R., & Bozorg haddad, O. (2016). Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources in Islam Abad Aquifer and Land Allocation Optimization. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 5(11), 117-131. [In Persian].
10. Khan, M.S.H., Haque, M.E., Ahmed, M., Mallick, J., Islam, A.R.M.T., & Fattah, A.M. (2024). Quantitative analysis and modeling of groundwater flow using visual MODFLOW: a case from subtropical coal mine, northwest Bangladesh. *Environment Development Sustain*, 26, 12971–12993. DOI: 10.1007/s10668-023-04052-9
11. Liu, W., Bailey, R. T., Andersen, H. E., Jeppesen, E., Nielsen, A., Peng, K., Trolle, D. (2020). Quantifying the effects of climate change on hydrological regime and stream biota in a groundwater-dominated catchment: A modelling approach combining SWAT-MODFLOW with flow-biota empirical models. *Science of The Total Environment*, 745, 140933. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140933>
12. Patil, N. S., Chetan, N. L., Nataraja, M., & Suthar, S. (2020). Climate change scenarios and its effect on groundwater level in the Hiranyakeshi watershed. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100323>
13. Razavi, S., Davary, K., Shahedi, M., Talebi, F., & Joodavi, A. (2019). An overview on water balance models: mathematical-conceptual water balance models for watershed. *Iranian Water Researches Journal*, 13(4), 125-136 [In Persian].
14. Shahin Rakhsar, P., & Nazmi, A. (2021). *Climate change and its impact on underground water resources*. 11th national conference on sustainable agriculture and natural resources, Tehran. [In Persian].
15. Sheikh Biklo Islam, B. (2018). *The effects of extreme weather events related to climate change: From the past to the present*, The 14th Congress of the Iranian Geographic. Tehran, Iran. [In Persian].
16. Sheikha-BagemGhaleh, S., Babazadeh, H., Rezaie, H. & Saraee-Tabrizi, M. (2023). The effect of climate change on surface and groundwater resources using WEAP-MODFLOW models. *Applied Water Science*. 13, 121. DOI: 10.1007/s13201-023-01923-4.

17. Shrestha, S., Bach, T.V., & Pandey, V.P. (2016). Climate change impacts on groundwater resources in Mekong Delta under representative concentration pathways (RCPs) scenarios. *Environ. Sci. Policy*, 61, 1-13. DOI: 10.1016/j.envsci.2016.03.010
18. Soleymani Motlagh, M. S., Ghasemieh, H., Talebi, A., & Abdollahi, K. (2017). Identification and analysis of drought propagation of groundwater during past and future periods. *Water Resources Management*, 31(1), 109-125. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1513-5>
19. Taylor, M. (2013). Climate change, relational vulnerability and human security: rethinking sustainable adaptation in agrarian environments. *Climate and Development*, 5(4), 318-327. DOI: <https://doi.org/10.1080/17565529.2013.830954>
20. Zhang, L., Li, X., Han, J., Lin, J., Dai, Y. & Liu, P. (2024). Identification of surface water - groundwater nitrate governing factors in Jianghuai hilly area based on coupled SWAT-MODFLOW-RT3D modeling approach. *Science of The Total Environment*, 912: 168830. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168830

## **Spatiotemporal Analysis of Atmospheric Hazards in Arid and Hyper-Arid Regions: A Case Study of Yazd Province**

M.R. Shirgholami<sup>1\*</sup>, H. Ajdari Yazdi<sup>2</sup>

1. Ph.D. of Climatology, Head of Applied Meteorology Development Group, Yazd Meteorological Office, Yazd, Iran.
  2. Statistics and data control expert, Yazd Meteorological Office, Yazd, Iran.
- \* Corresponding Author: mrshirgholami@yahoo.com

Received date: 23/09/2024

Accepted date: 26/10/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2041781.1483](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2041781.1483)

### **Abstract**

With the intensification of global warming, extreme weather events have become a critical global concern. However, the sensitivity of different geographical regions to climate change varies significantly. This study examines the temporal and spatial variations of extreme meteorological events in Yazd Province, Iran, using data from the province's meteorological stations over the period 2004–2023. Ten major meteorological hazards were identified and categorized into two groups: (1) phenomenon-based hazards and (2) temperature- and precipitation-based hazards. Spatial distribution maps of these hazards were generated and analyzed using GIS software, and temporal trends over the study period were assessed. Finally, by integrating all identified hazards, a comprehensive risk map was developed to evaluate the vulnerability of different areas to extreme weather events. The results indicate that the central and northern regions of Yazd Province are the most vulnerable, whereas the southern and western areas experience the lowest frequency of meteorological hazards. Among all examined locations, the Meybod synoptic station was identified as the most hazardous. Additionally, the findings reveal that temperature-related hazards exhibit more pronounced trends than other types of hazards. Specifically, the number of frost days and cold waves has declined, while the frequency of heat waves has increased significantly, particularly in recent years, underscoring the severe impact of global warming on Yazd Province. These findings provide valuable insights for disaster risk management and the prioritization of mitigation strategies based on regional vulnerability levels.

**Keywords:** Extreme Events; Atmospheric Hazards; Global Warming; Interpolation

### **How to cite this article**

Shirgholami, M.R., Ajdari Yazdi, H. (2024). Analyzing the spatiotemporal distribution of atmospheric hazards in arid and hyper arid regions (case study: Yazd province). *Desert Management*, 12(4), 21-40. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2041781.1483](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2041781.1483)



## Extended Abstract

### Introduction

Greenhouse gas emissions from human activities have reached their highest historical levels and have had widespread effects on the climate system (18). The most immediate and evident consequence of climate change is global warming. Global warming has led to an increase in the frequency, intensity, duration, and spatial extent of extreme weather events. However, the rate of warming is not uniform across the globe. Some regions experience more pronounced climatic changes, while others are less affected (6). Additionally, as global warming continues, the frequency and intensity of climatic hazards are expected to rise in the future (46, 1). It should be noted that climate change can significantly impact various aspects of human life, including water resource management, agriculture, health, ecosystems, biodiversity, energy, and transportation (40, 7). These effects are further exacerbated by factors such as population growth and urbanization, leading to increased competition and demand for natural resources (46). Yazd Province has suffered considerable damage due to climate change, particularly in terms of water shortages and extreme heat. Climate change and extreme events, especially in arid and hyper-arid climates like Yazd Province, can have disastrous consequences due to their sensitive and fragile ecosystems (43). Therefore, understanding these changes is crucial for effectively addressing their future consequences. The purpose of the present research is to investigate the spatial and temporal distribution of climatic hazards in Yazd Province using meteorological station data.

### Material and Methods

Yazd Province, covering an area of 73,756 km<sup>2</sup>, is located in the central part of the Iranian Plateau and accounts for 4.5% of Iran's total area. The province lies between latitudes 29°48' to 33°30' north and longitudes 52°45' to 56°30' east (Fig. 1a). A small portion of the province consists of highlands, with only about 2% of its area situated at an altitude exceeding 2,500 meters (Fig. 1b). Meanwhile, more than 19% of Iran's desert areas are located within Yazd Province. For this research, data from meteorological stations in Yazd Province covering a 20-year period from 2004 to 2023 were analyzed. In the first stage, 10 significant and widespread climatic hazards were identified through data processing, including dust, dust storms, thunderstorms, fog, heavy snow, heavy rain, extreme rain, frost, heat waves, and cold waves. These hazards were subsequently categorized into two groups. The first category, phenomenon-based hazards, included dust, dust storms, thunderstorms, fog, and heavy snow. The frequency of these hazards was determined using SYNOP data from 10 synoptic stations in the study area, based on current weather codes (WW). The second category encompassed hazards such as heavy rain, extreme rain, frost, heat waves, and cold waves, whose frequency was calculated using temperature and precipitation data and appropriate formulas for each hazard (Table 1). At this stage, in addition to synoptic station data, information from 8 climatology stations and 59 rain stations was also utilized. After computing the annual frequency of each hazard, the inverse distance weighting (IDW) method was applied to generate spatial distribution maps.

### Results

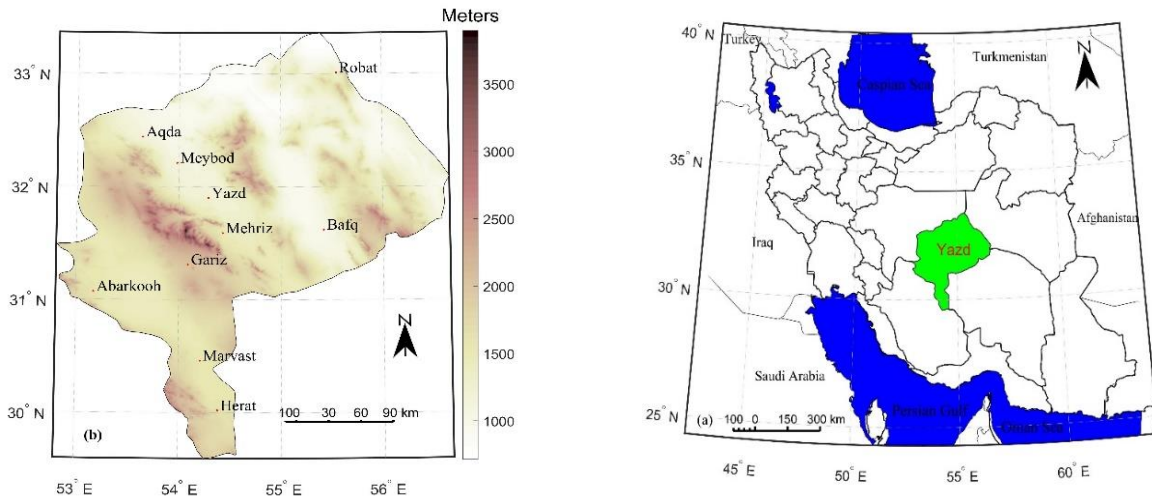
Among the investigated hazards, frost and dust were the most frequently occurring phenomena, while extreme events such as dust storms and heavy snow were the least frequent. The highest frequency of phenomenon-based hazards was observed in the central and northern regions of the study area, whereas the lowest frequency was recorded in the southern regions (Fig. 2 to Fig. 5). The only exception was heavy snow, which had the highest frequency in mountainous and high-altitude areas (Fig. 6). Additionally, the greatest number of frost days was recorded in the mountainous areas of Shirkooh (Fig. 9). The spatial distribution of extreme rain and heavy rain showed similar patterns, with both having their highest frequency in mountainous regions; however, extreme rain events were less frequent than heavy rain events (Fig. 7 and Fig. 8). The highest frequency of heat waves occurred in the southern and western regions of Yazd Province, while cold waves exhibited a non-uniform distribution across the province (Fig. 10 and Fig. 12). The results also indicate that temperature-related hazards have exhibited more significant trends compared to other hazards. Specifically, the number of frost days and cold waves has decreased, while heat waves have increased, particularly in recent years, highlighting the strong influence of global warming in Yazd Province (Fig. 11). Overall, the combined zoning of atmospheric hazards indicates that the highest frequency was recorded at the synoptic station of Meybod, whereas the least hazardous areas were associated with the stations in Herat, Abarkooh, and Mehriz (Fig. 13).

### Discussion and Conclusion

Yazd Province, which has the lowest annual rainfall in Iran and an arid to hyper-arid climate, is among the most vulnerable regions to climate change. It is highly exposed to various extreme weather events and climate-related hazards. Therefore, understanding the spatial and temporal patterns of climate hazards is crucial. However, no comprehensive study has been conducted on climatic hazards in Yazd Province, and previous research has only assessed certain hazards on a case-by-case basis (10, 33). For instance, one study determined that the highest frequency of frost days among synoptic stations in Yazd Province between 2005 and 2011 was recorded at Garizat station, while the lowest was observed at Aqda station (10). Another study, using aerosol optical depth (AOD) data, indicated that the central and northern regions of Yazd

Province are the most affected by dust storms (34). Additionally, research based on MODIS snow cover data revealed a decreasing trend in snow-covered days in Shirkuh Mountain (35). A key distinction and advantage of the present study over previous research is its utilization of the maximum possible number of stations, including all available synoptic, climatological, and rain gauge stations, for analyzing each hazard. The findings of this study can assist policymakers and crisis management planners in developing preventive measures to mitigate the impacts of climate-related disasters. Furthermore, identifying the spatial and temporal distribution of extreme weather events and forecasting their future occurrence will be crucial for devising adaptation strategies to cope with extreme climatic conditions.

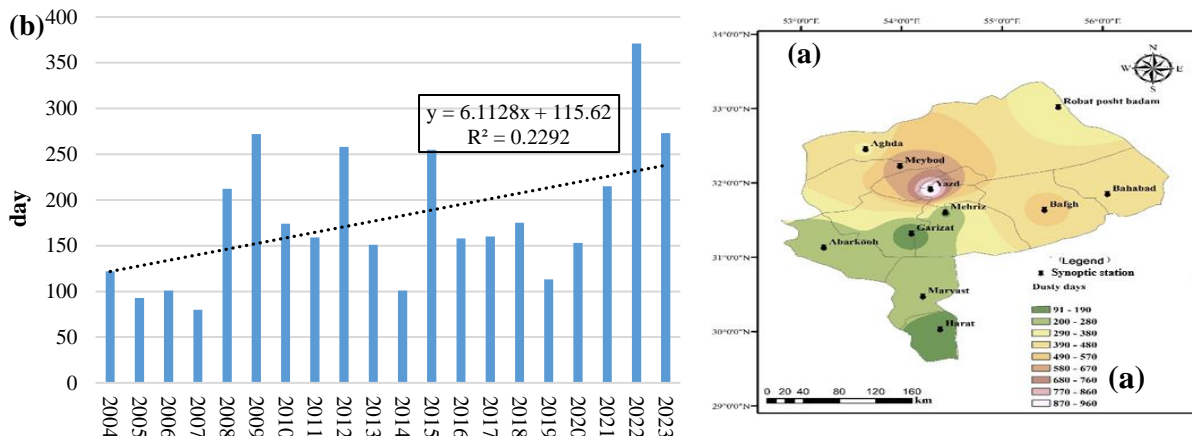
**Keywords:** Extreme Events; Atmospheric Hazards; Global Warming; Interpolation



**Fig 1.** Location of the study area (a) the digital elevation model (DEM) (b)

**Table 1. Studied Hazards and Methods for Calculating Their Frequency**

| row | Hazard                | Method of calculating frequency   |
|-----|-----------------------|---|
| 1   | Dusty days            | Codes 06 to 09  |
| 2   | Dust storms           | Codes 30 to 35  |
| 3   | Thunderstorm          | Codes 92 to 99  |
| 4   | Fog                   | Codes 40 to 49  |
| 5   | Heavy snow            | Codes 73 to 75  |
| 6   | Heavy precipitation   | 90th percentile of daily precipitation  |
| 7   | Extreme precipitation | 95th percentile of daily precipitation  |
| 8   | Frost                 | $T_{min} \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ from October to May                     |
| 9   | Heat waves            | $T_{max} \geq 95\text{th percentile}$ for 3 or more days from June to September |
| 10  | Heat waves            | $T_{min} \leq 5\text{th percentile}$ for 3 or more days from November to March  |



**Fig 2.** Distribution of dusty days in Yazd province from 2004 to 2023, shown spatially (a) and temporally (b)

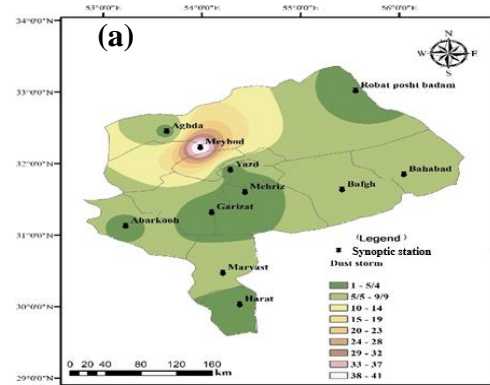
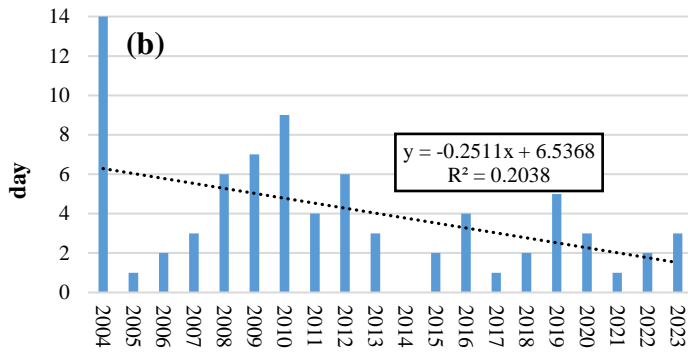


Fig 3. Distribution of dusty days in Yazd province from 2004 to 2023, shown spatially (a) and temporally (b)

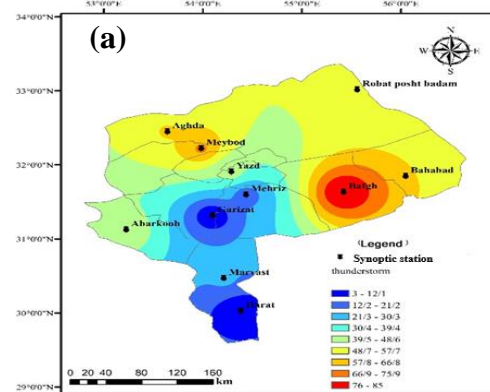
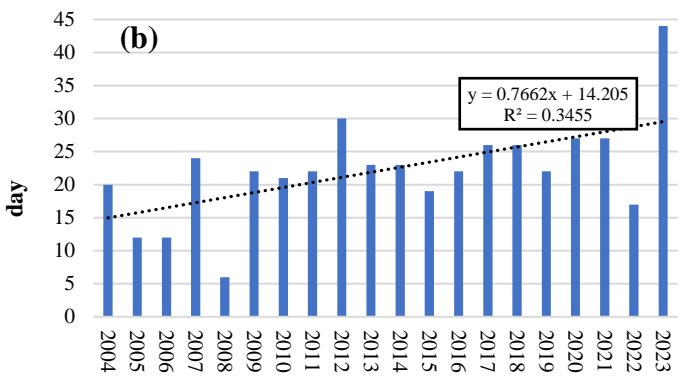


Fig 4. Distribution of thunderstorm days in Yazd province from 2004 to 2023: spatial (a) and temporal (b)

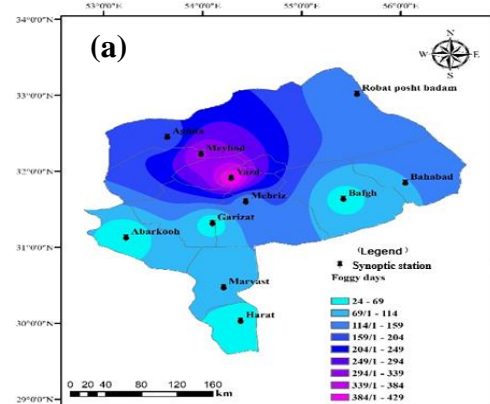
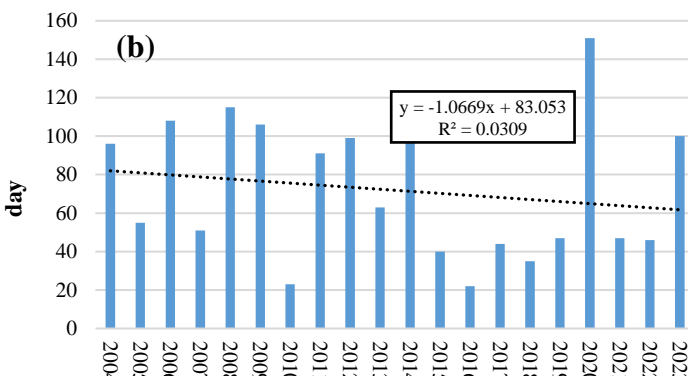


Fig 5. Spatial (a) and temporal (b) distribution of foggy days in Yazd province from 2004 to 2023

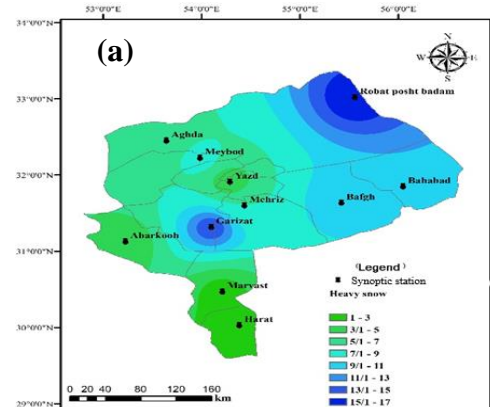
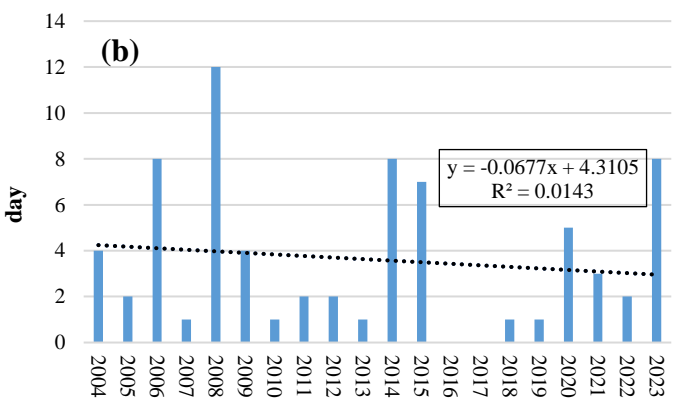


Fig 6. Distribution of heavy snow days in Yazd province from 2004 to 2023, shown spatially (a) and temporally (b)

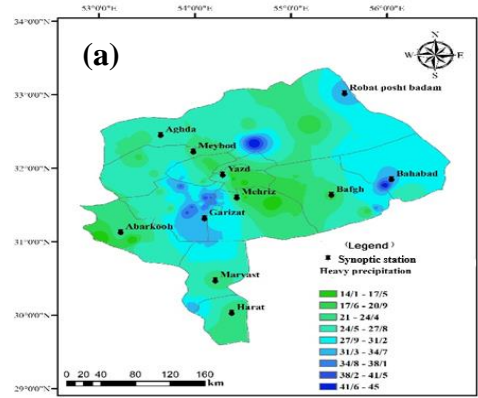
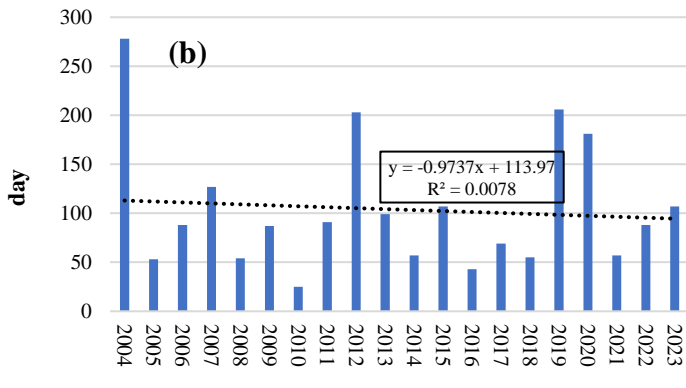


Fig 7. Distribution of heavy precipitation days in Yazd province from 2004 to 2023, displayed spatially (a) and temporally (b)

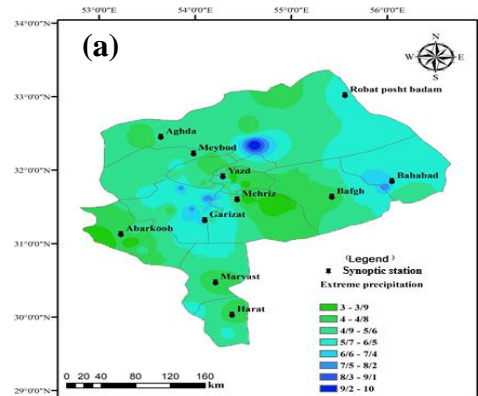
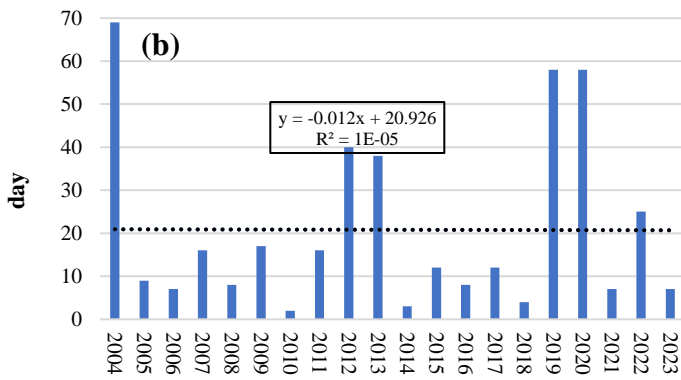


Fig 8. Spatial (a) and temporal (b) distribution of extreme precipitation days in Yazd province from 2004 to 2023

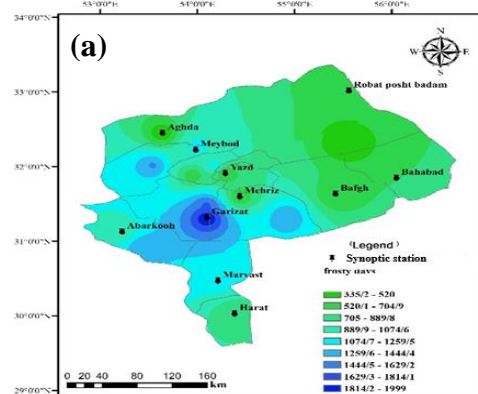
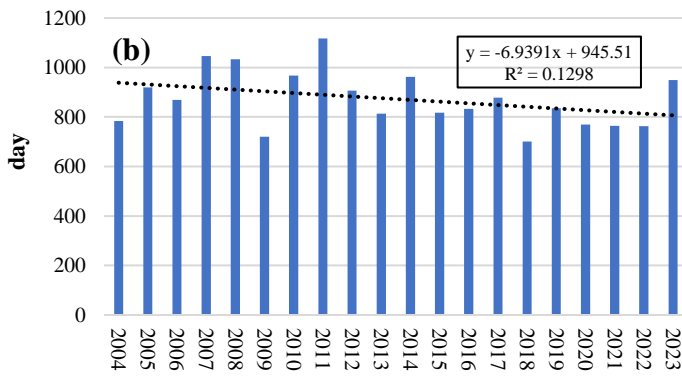


Fig 9. Distribution of frost days in Yazd province from 2004 to 2023: spatial (a) and temporal (b)

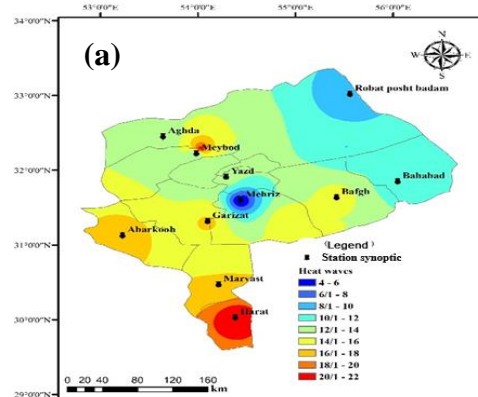
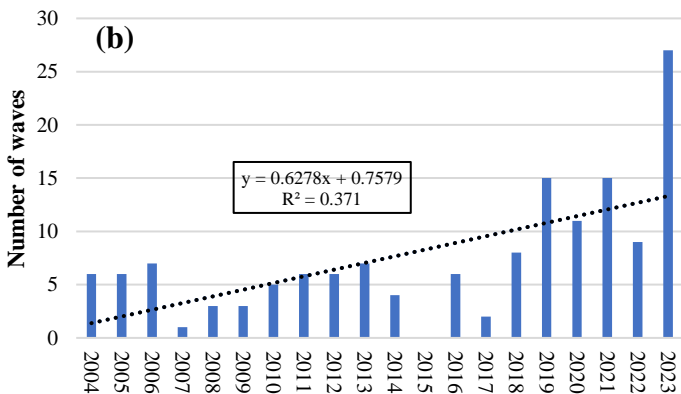


Fig 10. Spatial (a) and temporal (b) distribution of heat waves in Yazd province from 2004 to 2023

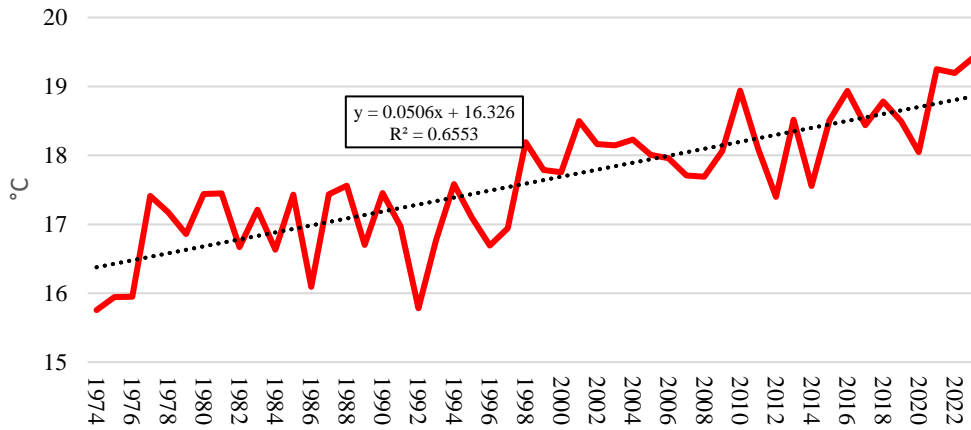


Fig 11. Mean annual temperature of Yazd province (2004 - 2023)

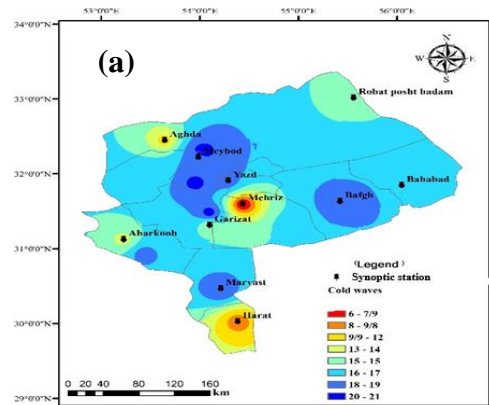
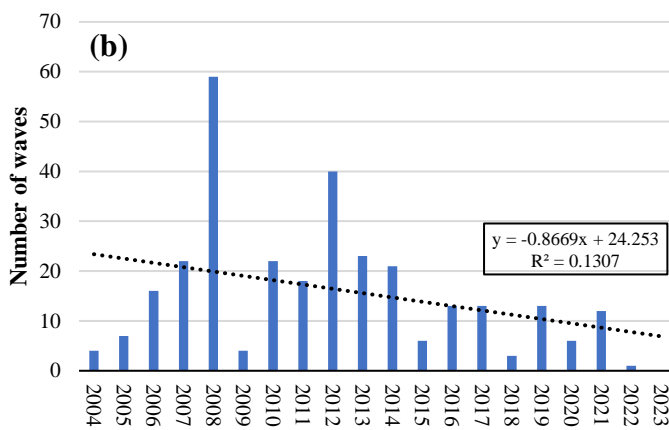


Fig 12. Distribution of cold waves in Yazd province from 2004 to 2023: spatial (a) and temporal (b)

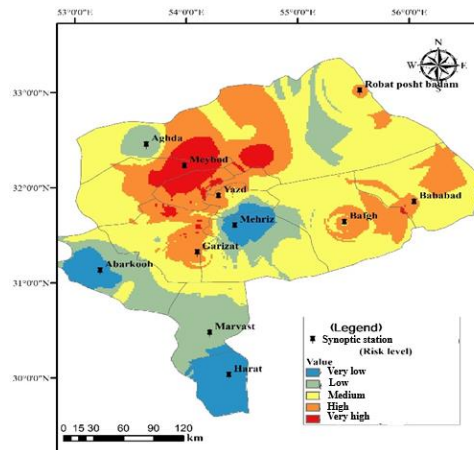


Fig 13. Spatial distribution of combined hazards in Yazd province from 2004 to 2023



## واکاوی توزیع مکانی زمانی مخاطرات جوی در مناطق خشک و فراخشک (بررسی موردی: استان یزد)

محمد رضا شیرغلامی<sup>۱\*</sup>، حمید اژدری یزدی<sup>۲</sup>

۱. دکتری آب و هواشناسی - رییس گروه توسعه هواشناسی کاربردی، اداره کل هواشناسی یزد، یزد، ایران.

۲. کارشناس نرم افزار کامپیوتر، کارشناس آمار و کنترل داده‌های هواشناسی، یزد، ایران.

\* نویسنده مسئول: [mrshirgholami@yahoo.com](mailto:mrshirgholami@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۵

doi [10.22034/JDMAL.2024.2041781.1483](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2041781.1483)

### چکیده

با توجه به گرمایش جهانی، رویدادهای فرین آب و هوایی به موضوع مهمی در سطح جهان تبدیل شده‌است. اگرچه مناطق مختلف جغرافیایی حساسیت‌های متفاوتی نسبت به تغییرات آب و هوایی دارند. بنابراین، تغییرات زمانی و مکانی رویدادهای فرین جوی در استان یزد بر اساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی موجود در استان و در بازه زمانی ۲۰۲۳-۲۰۰۴ (۱۳۸۲-۱۴۰۲) مورد واکاوی قرار گرفت. در پژوهش حاضر ۱۰ مخاطره جوی اصلی استان شناسایی و به دو دسته مخاطرات پدیده محور و مخاطرات مبتنی بر دما و بارش طبقه‌بندی شد. پس از آن نقشه‌های توزیع مکانی این ۱۰ مخاطره در محیط GIS، تهیه و مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین روند تغییرات این رویدادهای فرین در طول دوره مذکور بررسی شد. در پایان با استفاده از ترکیب تمام مخاطرات، نقشه‌ای جامع از میزان خطرپذیری مناطق مختلف در برابر رویدادهای فرین جوی تهیه شد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که مناطق مرکزی و شمالی استان یزد از بیشترین میزان خطرپذیری برخوردار هستند در حالی که مناطق جنوبی و غربی دارای کمترین وقوع مخاطرات آب و هوایی بودند. از مجموع تمام مخاطرات مورد بررسی، ایستگاه همدیدی میبند پر مخاطره‌ترین ایستگاه شناخته شد. علاوه بر این، نتایج بررسی بیانگر آن است که مخاطرات مرتبط با دما از روندهای ملموس‌تری نسبت به دیگر مخاطرات برخوردار هستند. به‌گونه‌ای که تعداد روزهای یخبندان و تعداد موج‌های سرمای دارای روند کاهشی و موج گرما دارای روند افزایشی محسوسی به‌ویژه در سالیان اخیر بوده‌اند که این امر نشان‌دهنده تأثیر شدید پدیده گرمایش جهانی در استان یزد است. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در زمینه مدیریت بلایای جوی و اولویت‌بندی مناطق مختلف بر پایه میزان خطر و آسیب‌پذیری هر منطقه به‌کار گرفته شود.

واژگان کلیدی: رویداد فرین؛ مخاطرات جوی؛ گرمایش جهانی؛ درون‌یابی

استناد به این مقاله

شیرغلامی، محمد رضا، اژدری یزدی، حمید. (۱۴۰۳). واکاوی توزیع مکانی زمانی مخاطرات جوی در مناطق خشک و فراخشک

(مطالعه موردی: استان یزد). مدیریت بیابان، ۱۲(۴)، ۲۱-۴۰. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2041781.1483](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2041781.1483)



## ■ مقدمه

انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی در بیشترین سطح تاریخی خود قرار دارد و تأثیر گسترده‌ای بر سامانه اقلیم داشته است (۱۸). و از آنجا که گازهای گلخانه‌ای با تأثیر بر تعادل بین تابش ورودی خورشید و تابش مادون قرمز خروجی، بودجه انرژی زمین را افزایش می‌دهند، در نهایت منجر به گرمایش جهانی می‌شوند (۲۵). گرمایش جهانی موجب افزایش و گسترش رویدادهای فرین آب و هوایی از نظر شدت، فراوانی، مدت زمان و دامنه تأثیر آنها شده است. در بسیاری از نقاط جهان، شدت و فراوانی دماهای فرین بالا از سال ۱۹۵۰ افزایش یافته است. با این حال، تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان یکسان عمل نمی‌کند زیرا سامانه اقلیم در مقیاس منطقه‌ای یا محلی متفاوت است. برخی از مناطق جهان، با افزایش شدت و فراوانی رخدادهای حدی، تغییرات چشم‌گیرتری را در آب و هوا تجربه می‌کنند، در حالی که دیگر مناطق ممکن است تغییرات کمتری را مشاهده کنند (۶). انتظار می‌رود که با ادامه گرمایش جهانی، فراوانی و شدت مخاطرات آب و هوایی در آینده نیز افزایش یابد. مدل‌های اقلیمی بخشی از افزایش پیش‌بینی شده در شدت و فراوانی بلایای طبیعی را به انتشارات انسانی و تغییرات در کاربری و پوشش زمین، مانند جنگل‌زدایی گسترده و شهرنشینی، نسبت می‌دهند (۱، ۴۶). به‌طور برجسته‌تر، احتمال رخدادهای فرین مرکب، رویدادهایی که در آن دو یا چند رویداد اقلیمی به‌طور هم‌زمان یا متوالی با اثرات شدید رخ می‌دهند، در حال افزایش است. از جمله این رویدادها می‌توان به شرایط خشکسالی و موج گرمایی هم‌زمان یا ترکیبی از موج طوفان و سیل ناشی از توفان در مناطق ساحلی اشاره کرد. خشکسالی، موج‌های گرمایی، آتش‌سوزی‌ها و سیل‌ها بیشتر از برهم‌کنش بین فرآیندهای فیزیکی مختلف ناشی می‌شوند که به‌طور مجزا ممکن است شدید تلقی نشوند، اما وقتی باهم ترکیب می‌شوند تأثیرهای قابل توجهی را به همراه دارند (۴۷). رویدادهای فرین دمایی از جمله مهم‌ترین بلایای طبیعی هستند و تأثیرهای اجتماعی-اقتصادی زیادی بر بشر دارند (۱۶). به‌طور کلی انتظار می‌رود که زیر تأثیر گرمایش جهانی رویدادهای فرین گرم افزایش و رویدادهای فرین سرد کاهش یابد، اگرچه این موضوع بدون ابهام نیست، و شواهدی دال بر

افزایش رویدادهای سرد در برخی مناطق دنیا وجود دارد (۳۱). ارزیابی تأثیر گرمایش جهانی در آینده حاکی از آن است که میانگین دمای سالانه جهانی بر اساس سناریو RCP8.5 تا سال ۲۰۲۶ نسبت به دوره ۱۸۶۱-۱۸۹۰ به مقدار  $1.5^{\circ}\text{C}$  و تا سال ۲۰۴۰،  $2^{\circ}\text{C}$  افزایش می‌یابد. افزایش دما همچنین فراوانی، شدت و مدت زمان امواج گرمایی و خشکسالی را افزایش داده است (۴۱، ۱۲). علاوه بر این پیش‌بینی می‌شود امواج گرمایی در قرن آینده نیز همچنان افزایش یابد (۱۱). پیش‌بینی مدل‌های اقلیمی حاکی از این است که تعداد امواج گرمایی با هر یک درجه افزایش دما، در سراسر مناطق استوایی بیش از ۳۰ روز و در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا، ۱۰ تا ۱۵ روز افزایش می‌یابد (۲۸). نتایج یک مطالعه در هند نشان می‌دهد که دو روز افزایش در مدت زمان موج گرما، احتمال مرگ و میر ناشی از گرمای شدید را بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۶ تا ۷۸٪ افزایش می‌دهد (۲۱).

یکی دیگر از پیامدهای گرمایش جهانی، رخداد بارش‌های فرین می‌باشد. درک ویژگی‌های مکانی رویدادهای بارشی فرین به دلیل تأثیرات اجتماعی قابل توجه آن‌ها و همچنین به دلیل تغییر ویژگی‌های آن‌ها با افزایش دما در دهه‌های اخیر بسیار حائز اهمیت است (۳۹). واکاوی بارش‌های فرین در مناطق خشک و مرطوب جهان بیانگر آن است که میانگین بارش‌های فرین روزانه در هر دو رژیم خشک و مرطوب افزایش معنی‌داری را هم در مقادیر دیدبانی و هم در شبیه‌سازی‌های مدل در شش دهه گذشته نشان می‌دهد (۸). پیش‌بینی‌های اقلیمی برای ادامه قرن جاری نیز نشان می‌دهد که تشدید بارش‌های فرین روزانه ادامه خواهد داشت و به نوبه خود، رویدادهای بارش شدیدتر خطر سیل و رانش زمین ناشی از بارندگی را تشدید می‌کند (۱۳). از طرف دیگر، هم‌زمان با افزایش بارش‌های فرین، شدت خشکسالی نیز طی چند دهه گذشته افزایش یافته است و سناریوهای اقلیمی آینده حاکی از افزایش فراوانی خشکسالی‌های شدید، حتی در زیست‌بوم‌های مرطوب است (۲۶، ۲۷). مخاطره جوی دیگری که به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک از فراوانی بالایی برخوردار است، طوفان شن و گرد و غبار می‌باشد. این پدیده به شدت به تغییرات آب و هوایی وابسته بوده و عوامل مرتبط با تغییرات اقلیمی مانند تشدید خشکسالی‌ها، رخداد بیشتر فرسایش

کشاورزی، سلامت انسان، تقاضا و تولید انرژی، حمل و نقل، زیست‌بوم و تنوع زیستی داشته باشد (۷، ۴۰). این تأثیرات احتمالاً توسط عوامل دیگری مانند رشد سریع جمعیت منطقه‌ای و شهرنشینی تشدید می‌شود که به ناچار تقاضا و رقابت برای منابع طبیعی را افزایش می‌دهد (۴۶). استان یزد نیز طی سه دهه گذشته روند شتابان شهرنشینی، صنعتی‌شدن و به تبع آن مهاجرت داشته‌است. از این‌رو پیش‌بینی می‌شود استان یزد آسیب‌های بسیار زیادی را از پیامدهای تغییرات آب و هوایی، به ویژه گرمای شدید و کمبود منابع آب متحمل شود. بنابراین تغییرات آب و هوایی به ویژه در اقلیم‌های خشک و فراخشک مانند استان یزد به دلیل زیست‌بوم حساس و شکننده می‌تواند پیامدهای فاجعه باری را به دنبال داشته باشد (۴۳). در نتیجه، شناخت این تغییرات جهت مواجهه با پیامدهای آن در آینده و اتخاذ تصمیم‌های مناسب بسیار راهگشا خواهد بود. تاکنون پژوهش‌های جامعی در مورد بررسی مخاطرات اقلیمی در استان یزد صورت نگرفته است و تنها برخی از مخاطرات، به صورت موردی ارزیابی شده است (۱۰، ۱۳). براین اساس هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی توزیع مکانی و زمانی مخاطرات اقلیمی در استان یزد با بهره‌گیری از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی واقع در ناحیه مورد مطالعه می‌باشد. وجه تمایز و برتری پژوهش حاضر نسبت به مطالعات پیشین، استفاده از بیشترین ایستگاه‌های ممکن در بررسی هر مخاطره می‌باشد. انتظار می‌رود پژوهش حاضر درک تغییرات آب و هوایی و نیز مخاطرات آب و هوایی مرتبط با آن را در استان یزد و مناطق مرکزی ایران بسط و گسترش دهد، که این امر می‌تواند به توسعه راهکارهای سازگاری به منظور کاهش اثرات مخاطرات آب و هوایی کمک کند.

## ■ مواد و روش

### منطقه مورد بررسی

استان یزد در مرکز ایران و در عرض  $29^{\circ}36'$  تا  $33^{\circ}24'$  شمالی و طول  $52^{\circ}45'$  تا  $56^{\circ}42'$  شرقی قرار گرفته است (شکل ۱ الف). استان یزد با  $73756 \text{ km}^2$  وسعت، هشتمین استان پهناور کشور و با  $1252200$  نفر جمعیت، بر اساس آمار رسمی سال ۱۴۰۰، بیست و چهارمین استان پرجمعیت کشور می‌باشد. استان یزد با میانگین بارش سالانه  $86 \text{ mm}$

بادی و رویدادهای فرین آب و هوایی باعث افزایش شدت و فراوانی آن می‌شود (۴۲). بررسی‌های متعددی بیانگر تشدید توفان‌های گرد و غبار در مناطق مختلف جهان، از جمله دشت‌های ایران، عراق و شبه جزیره عربستان، طی دو دهه گذشته می‌باشد (۴۲، ۴۵). فراوانی رویدادهای گرد و غبار در عراق از ۷۵ روز به ۲۰۰ روز در سال بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۶ افزایش یافته است که به سبب افزایش دما به میزان  $2^{\circ}\text{C}$  و نیز کاهش بارش است (۳).

در مجموع، بررسی نشان می‌دهد که مخاطرات اقلیمی ناشی از رویدادهای فرین در حال تشدید هستند. نتایج پژوهشی در شمال‌غرب چین بیان می‌کند که منطقه مورد بررسی، تغییرات آب و هوایی قابل توجهی را تجربه می‌کند که با افزایش اثرات مخاطره‌های اقلیمی ناشی از تغییرات فرین‌های آب و هوایی همراه است. یافته‌های پژوهش همچنین حاکی از آن است که بیشتر منطقه مورد بررسی، زیر تأثیر تشدید موج‌های گرمایی و طوفان باران به دلیل افزایش چشمگیر دما و شدت بارش می‌باشد (۶). واکاوی مخاطرات جوی در منطقه شمال‌غرب ایران نیز بیانگر آن است که بخش‌های شرق، جنوب‌شرق، مرکز و غرب این منطقه از جهت فراوانی رخداد، پرمخاطره‌ترین مناطق هستند. در حالی که بخش‌های شمال‌شرقی منطقه از کمترین میزان خطرپذیری برخوردارند. همچنین پدیده‌های کولاک، گرد و غبار و طوفان تندی به ترتیب پراهمیت‌ترین مخاطرات منطقه شمال‌غرب ایران می‌باشند و بیشترین فراوانی را به خود اختصاص می‌دهند (۴۴). همچنین واکاوی مخاطرات اقلیمی موثر بر فعالیت‌های نظامی در نیمه جنوبی ایران نشان‌دهنده آن است که مخاطرات آب و هوایی در نیمه جنوبی ایران از توزیع یکنواخت برخوردار نیست. به گونه‌ای که بیشترین رخداد توفان گرد و غبار مربوط به شمال سیستان و بلوچستان است، در حالی که بیشترین بارش سنگین در غرب ناحیه مورد مطالعه رخ داده است. علاوه بر این، مهمترین مخاطره اقلیمی موثر بر فعالیت‌های نظامی در نیمه جنوبی ایران، تنش گرمایی می‌باشد (۲۳).

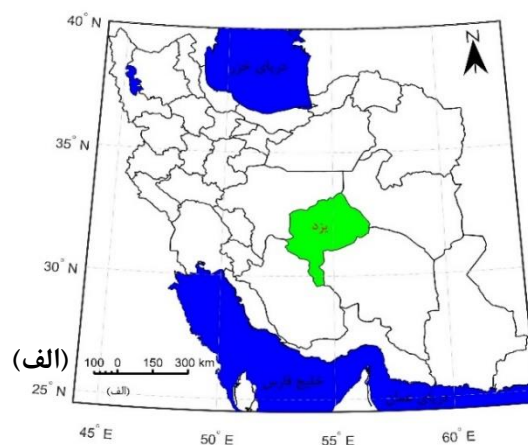
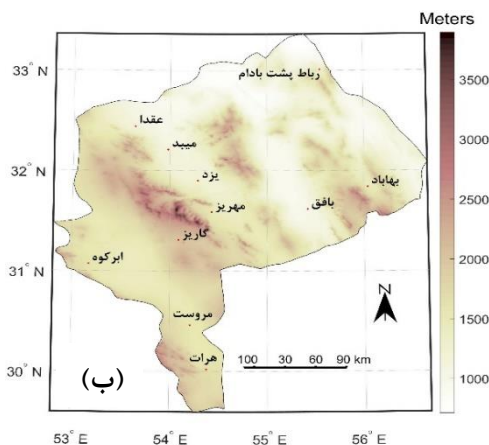
باید توجه داشت که تغییرات قابل‌ملاحظه در شرایط محیطی و اقلیمی می‌تواند تأثیرات شدیدی بر انواع بخش‌ها و فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی از جمله مدیریت منابع آب و

برای محاسبه فراوانی مخاطرات دسته اول از داده‌های سه ساعته ۱۰ ایستگاه همدیدی استان یزد و بر اساس کد هوای حاضر استفاده شد. بر این اساس داده‌های مربوط به ساعت‌های ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲ و ۱۵ بررسی و رخدادهای تکراری در هر روز حذف شد. فراوانی مخاطرات دسته دوم بر اساس داده‌های دما و بارش و بر اساس رابطه متناسب با هر مخاطره محاسبه شد. در این مرحله علاوه بر داده‌های ایستگاه‌های همدیدی، از داده‌های ۸ ایستگاه اقلیم‌شناسی و ۵۹ ایستگاه باران‌سنجی نیز استفاده شد. از مجموع روزهای دارای بارندگی، روزهایی که مقدار بارش مساوی یا بیشتر از صدک ۹۵ و صدک ۹۹ باشد به ترتیب به عنوان روزهای با بارش شدید و بارش فرین تعریف می‌شوند (۹، ۲۲). برای محاسبه فراوانی یخبندان، تعداد روزهایی که در فصل سرد سال، ماه‌های اکتبر تا می، دارای دماهای کمینه روزانه صفر درجه و کمتر از صفر درجه سلسیوس بودند، شمارش شد. برای محاسبه تعداد موج‌های گرمایی و سرمایایی یکی از شاخص‌های رایج، شاخص صدک می‌باشد. دوره‌هایی با دمای بیشتر (کمتر) از یک آستانه از پیش تعیین شده که سه یا چند روز متوالی طول می‌کشد، به عنوان موج گرمایی (سرمایی) تعریف می‌شود (۳۰، ۱۷). در پژوهش حاضر برای برآورد تعداد موج‌های گرمایی، شاخص صدک ۹۵ برای هر ایستگاه و برای ماه‌های گرم سال، ماه‌های جون، جولای، آگوست و سپتامبر (۱۲ خرداد تا ۹ مهر)، به صورت جداگانه محاسبه و دوره‌هایی که دمای بیشینه ایستگاه حداقل سه روز متوالی مساوی یا بیشتر از صدک ۹۵ بود، به عنوان یک موج گرمایی شمارش شد.

کم‌بارش‌ترین استان کشور محسوب شده و از نظر اقلیمی، دارای اقلیم خشک و فراخشک می‌باشد. از علل خشکی استان یزد می‌توان به بارش کم و تبخیر بسیار زیاد اشاره کرد. تنها کمتر از ۲٪ از پهنه استان دارای ارتفاع بیش از ۲۵۰۰m می‌باشد (شکل ۱ب) این در حالی است که بیش از ۱۹٪ از عرصه‌های بیابانی کشور در استان یزد واقع شده است (۳۶، ۱۵).

### روش پژوهش

برای انجام پژوهش حاضر از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استان یزد در بازه زمانی ۲۰ ساله از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲) استفاده شد. در ابتدا با پردازش داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، مهمترین و فراگیرترین فرین‌های جوی و مخاطره اقلیمی استان یزد شناسایی شد. رویداد فرین به رویداد نادر و نابهنجاری اطلاق می‌شود که در دنباله توزیع فراوانی و دور از نقطه میانگین توزیع واقع شده است (۲). پس از بررسی‌های لازم، ۱۰ مخاطره مهم و اولویت‌دار استان یزد شناسایی شد که پدیده‌های توفان گرد و غبار، گرد و غبار، توفان تندری، مه، برف سنگین، بارش شدید، بارش فرین، یخبندان، موج‌های گرمایی و امواج سرمایایی را شامل می‌شود. در مرحله بعد مخاطرات مشخص شده به دو دسته تقسیم‌بندی شدند: دسته اول) مخاطرات پدیده محور مانند: گرد و غبار، توفان گرد و غبار، توفان تندری، مه و برف سنگین؛ و دسته دوم مخاطرات و فرین‌های جوی شامل بارش شدید، بارش فرین، یخبندان، موج‌های گرمایی و سرمایایی بودند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه (الف) همراه با مدل رقومی ارتفاع (DEM) (ب)

ساله، بیشترین فراوانی گرد و غبار از ایستگاه‌های یزد، میبد و بافق به ترتیب با ۹۵۶، ۶۴۱ و ۴۹۷ روز و کمترین فراوانی نیز از ایستگاه همدیدی هرات در جنوب استان با ۹۱ روز و پس از آن گاریز واقع در دامنه شیرکوه با ۱۰۸ روز ثبت شد. با توجه به نزدیکی ایستگاه‌هایی مانند یزد و میبد به منابع گرد و غباری، این دو شهر از مناطق بسیار مستعد وقوع مخاطره گرد و غبار هستند. تعداد روزهای توام با گرد و غبار نیز دارای روند صعودی به مقدار بیش از ۶ روز در سال می‌باشد (شکل ۲ب). بیشترین فراوانی توفان گرد و غبار در بازه زمانی مورد مطالعه مربوط به ایستگاه میبد با ۴۱ روز و کمترین فراوانی مربوط به ایستگاه‌های هرات و گاریز با ۲ روز می‌باشد. هنگامی که سرعت باد بیش از ۱۵m/s و دید افقی کمتر از ۱km باشد، این پدیده در هواشناسی به عنوان توفان گردوغبار شناخته می‌شود. با توجه به شکل ۳ب، مشخص می‌شود که روزهای همراه با وقوع توفان گرد و غبار دارای روندی کاهشی است. علاوه بر این تعداد روزهای توام با طوفان در سال‌های مختلف بسیار متفاوت است و از ۱۴ روز در سال ۲۰۰۴ تا بدون طوفان در سال ۲۰۱۴ متغیر است. بیشترین فراوانی طوفان تندی در طول دوره مطالعه در ایستگاه‌های یزد و میبد به تعداد ۸۵ و ۶۸ روز و کمترین فراوانی نیز در ایستگاه‌های هرات و گاریز به میزان ۳ و ۵ روز ثبت شده است (شکل ۴الف). بیشترین فراوانی توفان تندی مربوط به نیمه‌شمالی استان یزد و شهرهای یزد و میبد می‌باشد.

همچنین برای محاسبه تعداد امواج سرماییه، دماهای کمینه ماه‌های سرد سال، ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس (۱۱ آبان تا ۱۱ فروردین)، که برابر یا کمتر از صدک ۵ بود و ۳ روز یا بیشتر تداوم داشته باشد، به عنوان یک موج سرماییه در نظر گرفته شد. کدهای مربوط به مخاطره‌های پدیده محور و نیز روش محاسبه فراوانی مخاطرات مبتنی بر دما و بارش در جدول ۱ ارائه شده است. پس از محاسبه فراوانی هر یک از مخاطرات جوی در مقیاس سالانه، با توجه به اینکه مقادیر به‌دست آمده مربوط به ایستگاه‌های مختلف به صورت نقطه‌ای بود، به منظور تهیه نقشه‌های توزیع مکانی فراوانی، داده‌های نقطه‌ای به داده‌های سطحی تعمیم داده شد. در پژوهش حاضر به دلیل محدود بودن تعداد ایستگاه‌ها، روش وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) برای درون‌یابی داده‌ها انتخاب شد (۱۹). وزن‌دهی در روش IDW<sup>۱</sup>، مبتنی بر فاصله جفت نمونه‌ها است. بر این اساس به نمونه‌های نزدیک‌تر به نقطه مجهول وزن بیشتری در مقایسه با نمونه‌های دورتر اختصاص می‌یابد (۳۲، ۲۴).

## ■ نتایج

توزیع مکانی و زمانی روزهای توام با وقوع گرد و غبار در استان یزد در شکل ۲ نمایش داده شده است. بیشترین فراوانی روزهای گرد و غباری در مناطق مرکزی و شمالی استان یزد مشاهده می‌شود (شکل ۲الف). در طول دوره ۲۰

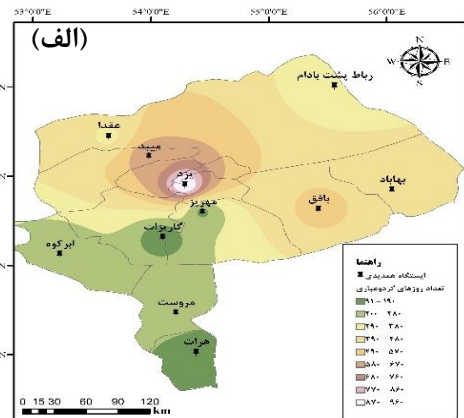
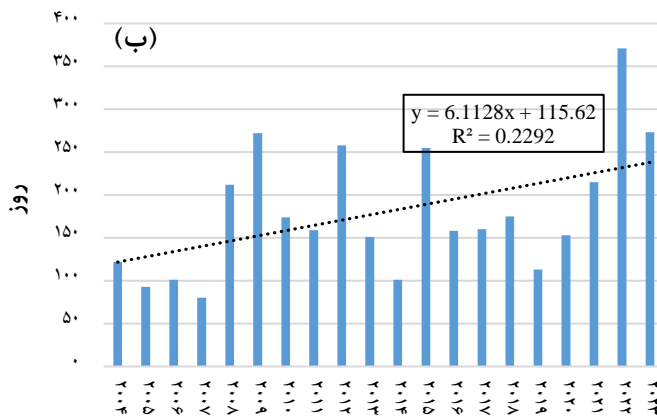
جدول ۱. مخاطرات مورد مطالعه و روش محاسبه فراوانی هر یک

| ردیف | مخاطره                    | روش محاسبه فراوانی   |
|------|---------------------------|--|
| ۱    | روزهای توام با گرد و غبار | کدهای ۰۶ تا ۰۹   |
| ۲    | توفان گرد و غبار          | کدهای ۳۰ تا ۳۵   |
| ۳    | توفان تندی                | کدهای ۹۲ تا ۹۹   |
| ۴    | مه                        | کدهای ۴۰ تا ۴۹   |
| ۵    | برف سنگین                 | کدهای ۷۳ تا ۷۵   |
| ۶    | بارش شدید                 | صدک ۹۰ بارش‌های روزانه هر ایستگاه  |
| ۷    | بارش فرین                 | صدک ۹۵ بارش‌های روزانه هر ایستگاه  |
| ۸    | یخبندان                   | دماهای کمینه $\geq$ صفر درجه سلسیوس از ماه اکتبر تا می                       |
| ۹    | موج‌های گرمایی            | دمای بیشینه $\leq$ صدک ۹۵ با تداوم ۳ روز یا بیشتر طی ماه‌های ژوئن تا سپتامبر |
| ۱۰   | امواج سرماییه             | دمای کمینه $\geq$ صدک ۵ با تداوم ۳ روز یا بیشتر طی ماه‌های نوامبر تا مارس    |

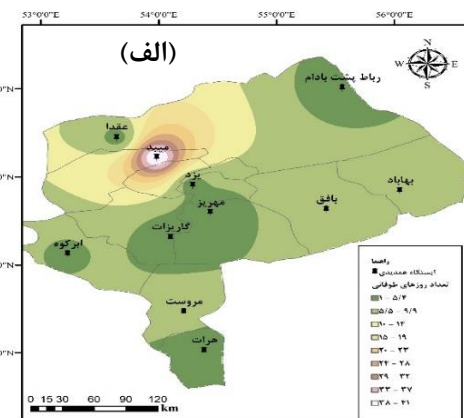
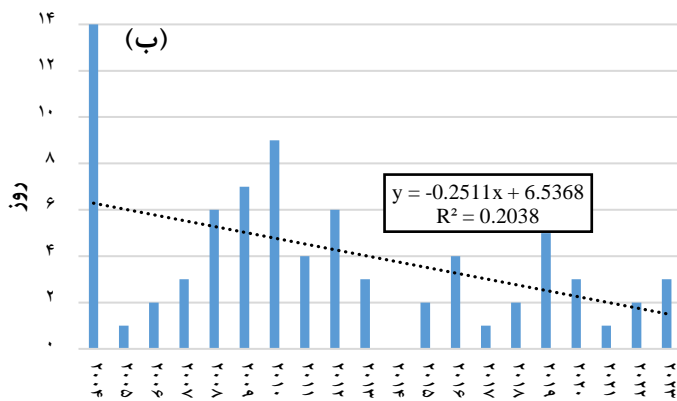
<sup>۱</sup> Inverse distance weighting

مجموع فراوانی پدیده مه در نیمه شمالی استان به طور محسوسی بیش از نیمه جنوبی آن می‌باشد. لازم به ذکر است که زمانی در ایستگاه هواشناسی کدهای مربوط به پدیده مه گزارش می‌شود که رطوبت نسبی هوا نزدیک به ۱۰۰٪ و دید افقی کمتر از ۱۰۰۰m باشد. علاوه بر این طی ۲۰ سال اخیر، فراوانی پدیده مه در سطح استان یزد دارای روند کاهشی به مقدار یک روز در سال بوده است (شکل ۵ب).

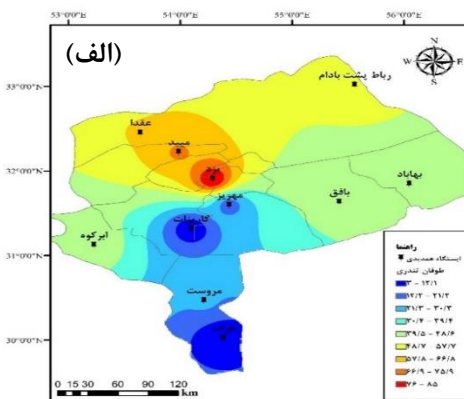
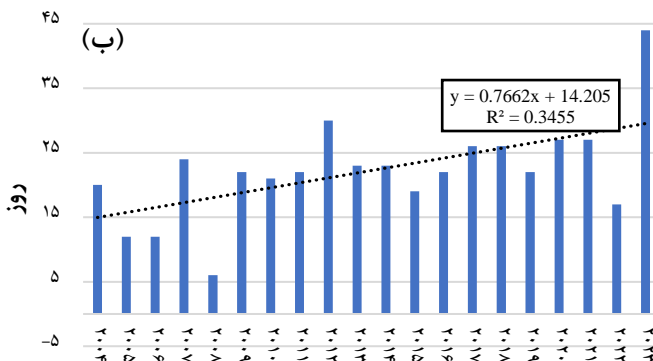
همچنین توزیع زمانی تعداد روزهای همراه با گرد و غبار، حاکی از وجود روند افزایشی در فراوانی توفان‌های تندری طی ۲۰ سال گذشته می‌باشد (شکل ۴ب). ضمن اینکه تعداد توفان‌های تندری از ۶ روز تا ۴۴ روز در سال متغیر است. بیشترین فراوانی روزهای همراه با مه‌آلودگی در بازه زمانی مورد مطالعه مربوط به ایستگاه‌های یزد و میبد به ترتیب با ۴۲۹ و ۳۴۴ روز و کمترین آن هم مربوط به ایستگاه هرات، ابرکوه و گاریز به ترتیب با ۲۴، ۳۶ و ۳۹ روز می‌باشد (شکل ۵الف).



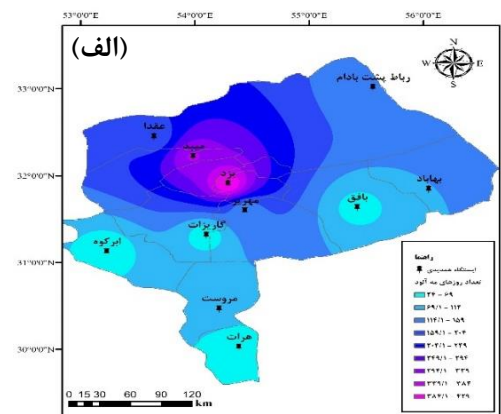
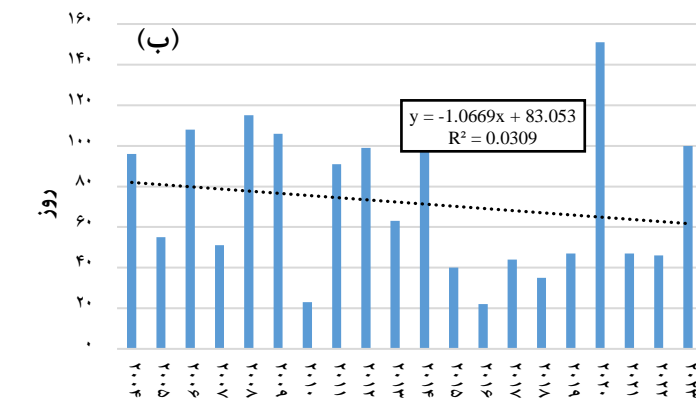
شکل ۲. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد روزهای توام با گرد و غبار در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



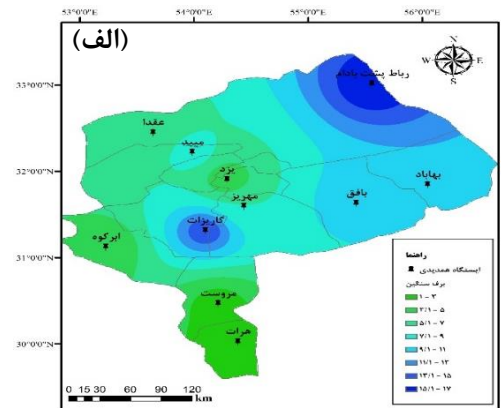
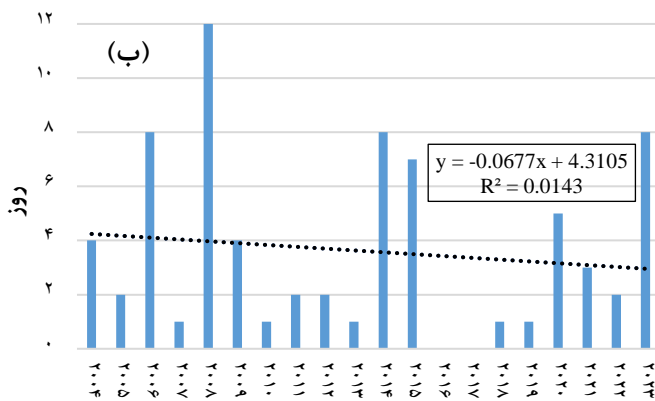
شکل ۳. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد روزهای توام با توفان گردوغبار در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



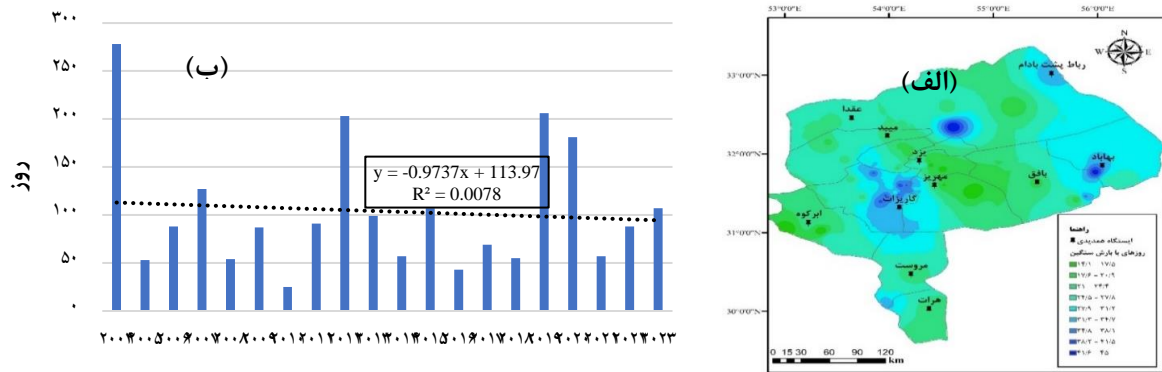
شکل ۴. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد روزهای همراه با توفان تندری در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲) می‌باشد. بیشترین تعداد روزهای همراه با بارش سنگین برف در استان محدود است. بیشترین تعداد روز همراه با برف سنگین از ایستگاه‌های رباط‌پشت‌بادام و گاریزات به ترتیب با ۱۷ و ۱۵ روز گزارش شده است (شکل ۴الف). درحالی‌که کمترین فراوانی این پدیده مربوط به مناطق جنوبی یعنی ایستگاه‌های هرات و مروست به ترتیب با ۱ و ۲ روز می‌باشد. همچنین روزهای همراه با رخداد بارش سنگین برف در منطقه مورد مطالعه دارای روند کاهشی به میزان یک روز در سال می‌باشد (شکل ۴ب). بیشترین فراوانی بارش شدید در مناطق کوهستانی و مرتفع استان یزد ثبت شده‌است (شکل ۴الف). در بازه زمانی مورد بررسی، بیشترین وقوع بارش شدید از ایستگاه‌های باران‌سنجی مزرعه آقای خرائق، همیجان بهاباد و ده‌بالا به ترتیب با ۴۴، ۴۵ و ۴۲ روز و کمترین فراوانی نیز از ایستگاه‌های مهردشت ابرکوه و مهدی‌آباد یزد با ۱۴ روز گزارش شده است. الگوی توزیع مکانی بارش‌های فرین یا حدی در استان یزد، تا حدود زیادی مشابه الگوی بارش‌های شدید می‌باشد. با این تفاوت که فراوانی آن کمتر از فراوانی بارش‌های شدید



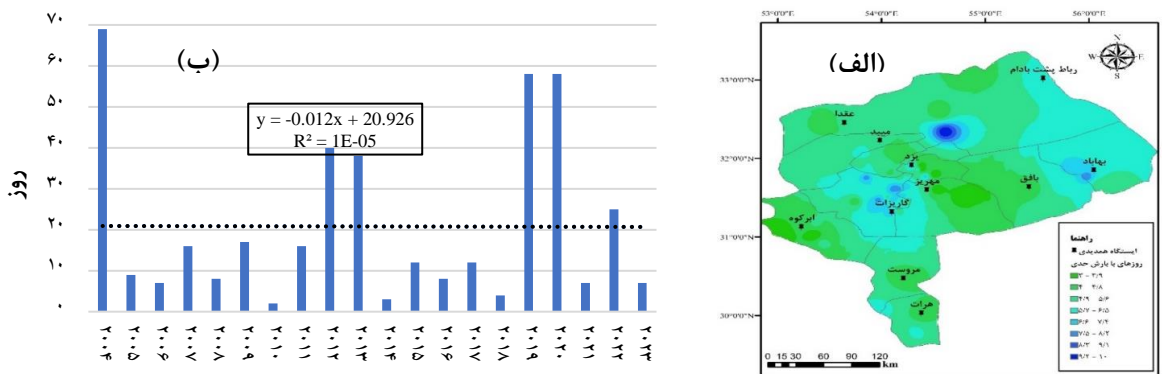
شکل ۵. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد روزهای همراه با پدیده مه در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



شکل ۶. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد روزهای همراه با برف سنگین در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



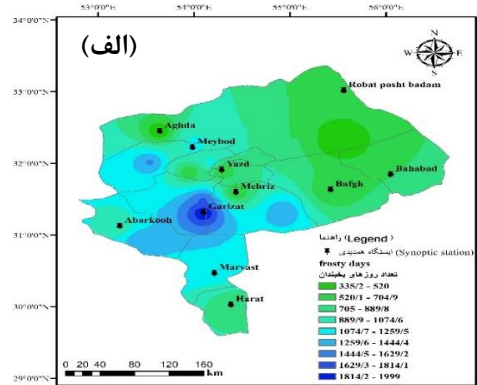
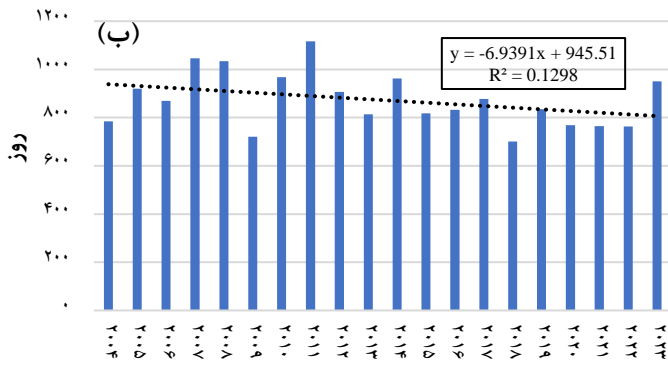
شکل ۷. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد روزهای همراه با بارش شدید در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



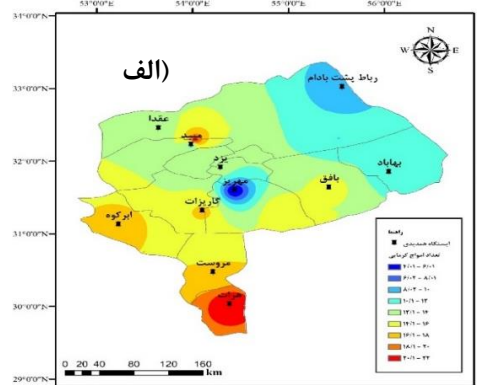
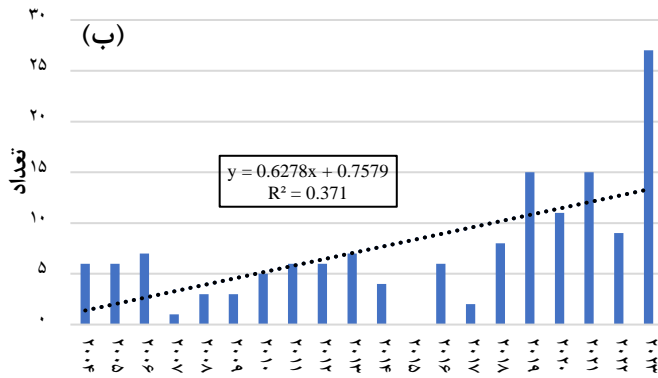
شکل ۸. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد روزهای همراه با بارش فرین در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)

مهریز کمترین تعداد موج‌های گرمایی و همچنین امواج سرمایایی را به خود اختصاص داد و این نشان‌دهنده تغییرات و نوسانات کمتر دمای شب و روز در این ایستگاه نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. امواج سرمایایی به‌ویژه در دو سال انتهایی بازه مورد مطالعه کاهش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است (شکل ۱۲). در سال ۲۰۲۳ در هیچ کدام از ایستگاه‌های استان، موج سرمایایی به ثبت نرسید. روند این شکل کاملاً مخالف روند شکل ۱۰ می‌باشد. توزیع مکانی ترکیبی از ۱۰ مخاطره جوی مورد استفاده در پژوهش حاضر، در شکل ۱۳ به تصویر کشیده شده است. پر مخاطره‌ترین مناطق استان یزد مربوط به برخی از ایستگاه‌های واقع در نیمه شمالی استان است در حالی که مناطق جنوبی و غربی، کمترین فراوانی مخاطرات جوی را به خود اختصاص داده‌اند. ایستگاه میند از لحاظ فراوانی وقوع در دسته با خطر خیلی زیاد قرار گرفته و پر مخاطره‌ترین ایستگاه استان یزد محسوب می‌شود. ایستگاه‌های یزد، گاریزات، بهاباد و رباط پشت بادام در رتبه بعدی و در طبقه با مخاطره زیاد است. از طرفی ایستگاه‌های هرات، ابرکوه و مهریز کمترین وقوع مخاطرات جوی را در طول دوره مورد مطالعه تجربه کرده‌اند.

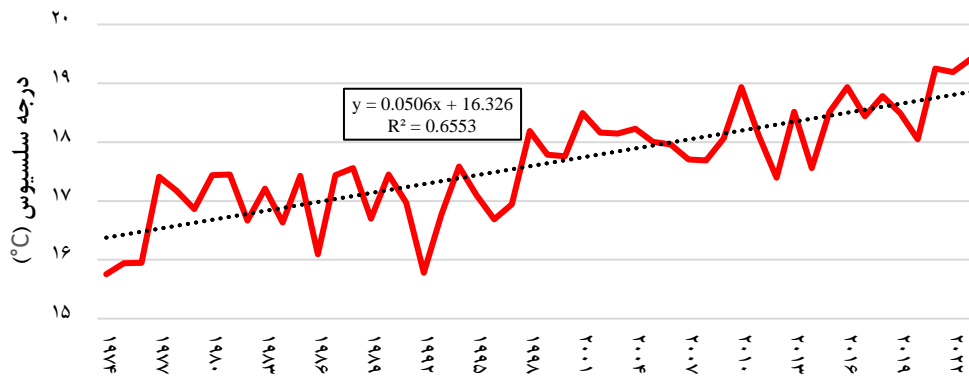
همچنین تعداد روزهای یخبندان استان یزد روندی کاهشی داشته‌است و به‌ازای هر سال ۷ روز از تعداد آن کاسته شده است (شکل ۹). توزیع مکانی موج‌های گرمایی حاکی از آن است که بیشترین فراوانی موج‌های گرمایی مربوط به مناطق جنوبی و غربی استان است (شکل ۱۰). طی بازه زمانی مورد مطالعه، ایستگاه‌های همدیدی هرات و مهریز به ترتیب با ۲۲ و ۴ مورد موج گرمایی به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی این پدیده را به خود اختصاص داده‌اند. توزیع زمانی موج‌های گرمایی، نشان‌دهنده روند افزایشی قابل‌ملاحظه در تعداد موج‌های گرمایی به ویژه طی ۵ سال اخیر است (شکل ۱۰). بیشترین فراوانی مربوط به سال ۲۰۲۳ می‌باشد و این ناشی از افزایش بی‌سابقه دما در این سال است. مطابق آمار نیم قرن گذشته، گرمترین سال استان یزد در سال ۲۰۲۳ به ثبت رسیده است (شکل ۱۱). موج‌های سرمایایی دارای توزیع یکنواختی در سطح استان نیست. بیشترین فراوانی امواج سرمایایی از ایستگاه اقلیم‌شناسی اردکان با ۲۱ مورد و کمترین فراوانی نیز از ایستگاه همدیدی مهریز با ۶ مورد گزارش شده است (شکل ۱۲). ایستگاه



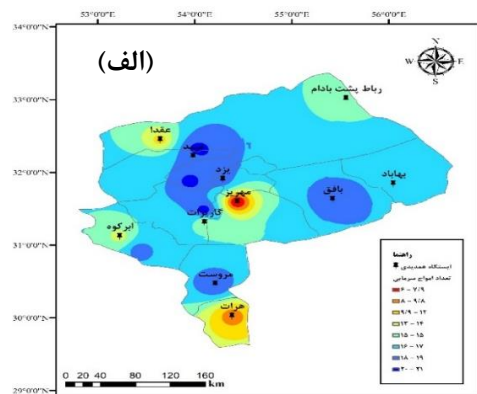
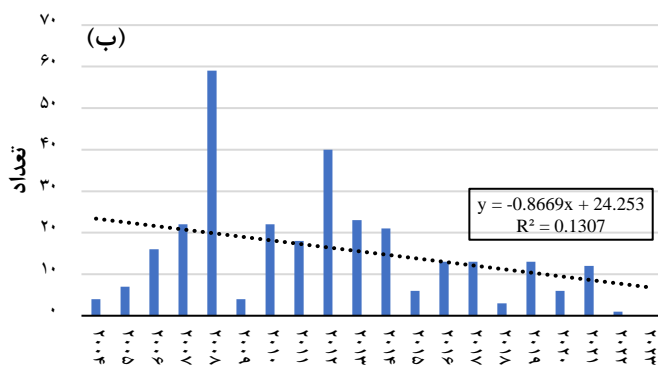
شکل ۹. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد روزهای همراه با یخبندان در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



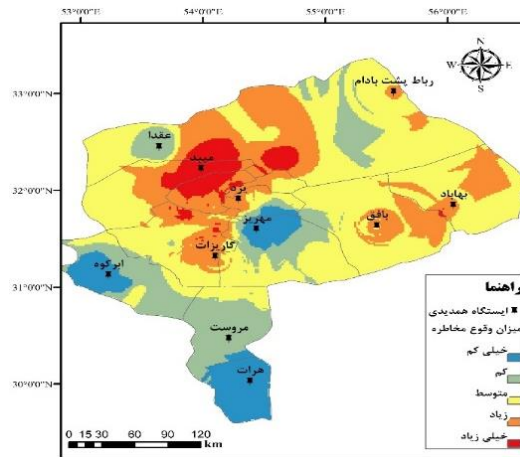
شکل ۱۰. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد موج‌های گرمایی در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



شکل ۱۱. میانگین دمای سالانه استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



شکل ۱۲. توزیع مکانی (الف) و زمانی (ب) تعداد امواج سرمایه‌گذاری در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)



شکل ۱۳. توزیع مکانی ترکیبی از تمام مخاطرات در استان یزد در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)

### ■ بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به پدیده گرمایش جهانی، در سال‌های اخیر آب و هوای جهان به طور مداوم گرم‌تر شده است و رویدادهای فرین اقلیمی به طور مکرر رخ داده است. این امر منجر به روند صعودی آشکار در وقوع بلایا و مخاطرات جوی و افزایش خسارات اجتماعی و اقتصادی شده است (۳۸،۲۰). استان یزد به سبب دارا بودن اقلیم خشک و فراخشک و نیز برخوردار بودن از کم‌ترین بارش سالانه در بین استان‌های ایران، یکی از آسیب‌پذیرترین مناطق در برابر تغییرات آب و هوایی محسوب می‌شود و هر ساله در معرض انواع رویدادهای فرین آب‌وهوایی و مخاطرات ناشی از آب و هوا است. درک تغییرات مکانی و زمانی مخاطرات اقلیمی، گامی اساسی در جهت اجرای اقدامات موثر برای سازگاری با اقلیم و توسعه پایدار است. در بررسی حاضر با شناسایی ۱۰ مخاطره اصلی استان یزد، روند تغییرات مکانی و زمانی آن‌ها طی ۲۰ سال گذشته، بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ (۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲)، مورد بررسی قرار گرفته است. در بین مخاطرات مورد بررسی و در بازه زمانی مورد بررسی، بیشترین فراوانی وقوع مربوط به پدیده‌های یخبندان و گرد و غبار است. در حالی که پدیده‌های فرین توفان گرد و غبار و برف سنگین کمترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. در پژوهشی مشابه پس از شناسایی و بررسی ۱۳ مخاطره اصلی در منطقه شمال شرق ایران مشخص شد که مخاطرات یخبندان، سوزباد و روزهای همراه با گرد و غبار بیشترین فراوانی را دارا هستند (۲۲). همچنین بررسی ۸

مخاطره اصلی در استان‌های غربی ایران نشان داد که استان همدان از کولاک و یخبندان، استان کردستان از تگرگ و برف و استان کرمانشاه از توفان تندی و بارش سنگین بیشترین آسیب را متحمل شده‌اند (۵). بیشترین فراوانی مخاطرات پدیده محور در استان یزد مربوط به مناطق مرکزی و شمالی و کمترین فراوانی نیز مربوط به مناطق جنوبی منطقه مورد مطالعه بود. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعه (۳۴) مطابقت دارد. طبق این بررسی و بر اساس داده‌های عمق نوری هواویز ( $AOD^1$ )، مناطق مرکزی و شمالی استان یزد بیشترین تأثیرپذیری را از توفان گردوغبار دارند. مناطق بیابانی استان‌های اصفهان، سمنان و دشت کویر و مناطق بیابانی داخلی، مانند کویر کاشان و اراضی بیابانی استان‌های قم و مرکزی که در مسیر طوفان واقع شده‌اند، به عنوان کانون‌ها و چشمه‌های داخلی گرد و غبار برای استان یزد محسوب می‌شوند (۳۴). با توجه به نزدیکی ایستگاه‌هایی مانند یزد و میبد به این چشمه‌ها، این دو شهر از مناطق بسیار مستعد وقوع مخاطره گرد و غبار هستند. نتایج پژوهش حاضر در زمینه طوفان‌های تندی با بررسی‌های (۱۴، ۲۹) همخوانی دارد. این مطالعات نشان می‌دهد که مراکز شهری آلوده، اغلب رعد و برق بیشتری را تجربه می‌کنند و این ناشی از غلظت بیشتر هواویزها در این مناطق است. ابرهای غنی از هواویز، باعث همرفت شدیدتر می‌شوند که این موضوع منجر به ساختار عمودی توسعه‌یافته‌تر و ایجاد طوفان تندی می‌شود. شهرهای یزد و میبد پرجمعیت‌ترین شهرهای استان یزد و از مراکز اصلی

<sup>1</sup> Aerosol optical depth

در استان یزد می‌باشد. علاوه بر آن روند کاهش امواج سرمایی شدیدتر از روند افزایش موج‌های گرمایی می‌باشد که ناشی از افزایش شدیدتر دمای کمینه روزانه نسبت به دمای بیشینه است (۳۷). همچنین مخاطره گردوغبار نیز که به شدت متاثر از افزایش دما و خشکسالی است، دارای روند افزایشی بود. در مجموع پهنه‌بندی ترکیبی مخاطرات نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی وقوع مخاطرات جوی مربوط به ایستگاه همدیدی میبد است. در حالی که کم‌مخاطره‌ترین مناطق ایستگاه‌های هرات، ابرکوه و مهریز می‌باشند. در پژوهشی مشابه در شمال شرق ایران، مناطق کوهستانی واقع در شمال خراسان پر مخاطره‌ترین و مناطق واقع در غرب و جنوب غرب کم‌مخاطره‌ترین مناطق شناسایی شدند (۲۲). همچنین در شمال غرب ایران نیز نواحی واقع در شرق، جنوب شرق، مرکز و غرب منطقه مورد مطالعه از بیشترین خطرپذیری برخوردار بودند (۴۴).

یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند به سیاست‌گذاران و همچنین برنامه‌ریزان بخش مدیریت بحران کمک کند تا با شناخت مناطق پرخطر، در توسعه اقدامات پیشگیرانه برای مقابله با بلاها و کاهش اثرات آن‌ها نقش موثرتری ایفا کنند. علاوه بر این شناسایی توزیع مکانی و زمانی رویدادهای فرین آب‌وهوایی و پیش‌بینی آن‌ها برای آینده، در یافتن راهبردهای سازگاری به منظور کاهش بلایای مرتبط با آب و هوای فرین بسیار مهم و حیاتی خواهد بود. براین پایه پیشنهاد می‌شود پایگاه داده مخاطرات طبیعی به منظور جمع‌آوری داده‌های مفید در مورد فراوانی، شدت، مدت زمان، میزان تلفات و خسارات و منطقه تحت پوشش انواع مخاطرات جوی در سطح ملی و منطقه‌ای ایجاد شود.

#### ■ سپاسگزاری

از اداره کل هواشناسی استان یزد جهت در اختیار گذاشتن داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استان و نیز حمایت از انجام پژوهش حاضر تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

#### ■ References

1. AghaKouchak, A., Chiang, F., Huning, L. S., Love, C. A., Mallakpour, I., Mazdiyasn, O., ... & Sadegh, M. (2020). Climate extremes and compound hazards in a warming world. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 48(1), 519-548. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228>

استقرار صنایع هستند. بنابراین غلظت بیشتر ذرات هواویز در این مناطق، تعداد بیشتر روزهای همراه با طوفان تندری در این مناطق را توجیه می‌کند. اما بیشترین رخداد برف سنگین در مناطق کوهستانی و مرتفع مشاهده شد. با توجه به موقعیت جغرافیایی استان یزد در مرکز ایران، تنها در حدود ۱/۸٪ از وسعت آن که دارای ارتفاع بیش از ۲۵۰۰ m است و پوشش برف تقریباً محدود به ارتفاعات شیرکوه است. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعه (۳۵) مطابقت دارد. بر اساس این بررسی و بر مبنای داده‌های پوشش برف سنجنده مودیس، روند کاهش روزهای برف‌پوشان بر ارتفاعات شیرکوه حاکم است. همچنین بیشترین تعداد روزهای یخبندان نیز در مناطق کوهستانی واقع در ارتفاعات شیرکوه ثبت شده است. پژوهش دیگری در این زمینه نشان داد که بیشترین فراوانی روزهای یخبندان در بین ایستگاه‌های همدیدی استان یزد و در بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ مربوط به ایستگاه گاریزات و کمترین آن مربوط به ایستگاه عقدا است (۱۰).

الگوی توزیع مکانی بارش‌های فرین و بارش‌های شدید تقریباً شبیه به یکدیگر می‌باشد و بیشترین فراوانی آنها مربوط به مناطق کوهستانی و مرتفع است. با این تفاوت که فراوانی بارش‌های فرین کمتر از فراوانی بارش‌های شدید است. این در حالی است که واکاوی توزیع مکانی بارش با استفاده از داده‌های پایگاه اسفزاری بیانگر آن است بیشترین مقادیر بارش فرین سالانه مربوط به مناطق جنوبی استان یزد می‌باشد (۳۳). بنابراین با نتایج پژوهش حاضر که مبتنی بر داده‌های دیدبانی شده در ایستگاه‌های هواشناسی استان یزد است همخوانی ندارد. بیشترین فراوانی موج‌های گرمایی نیز مربوط به مناطق جنوبی و غربی استان بود در حالی که امواج سرمایی دارای توزیع یکنواختی در سطح استان نیست. توزیع زمانی مخاطرات نیز نشان‌دهنده آن است که فرین‌های دمایی روند قابل توجه‌تری نسبت به دیگر مخاطرات داشتند. این روند در چند سال پایانی دوره مورد بررسی، قابل ملاحظه‌تر بود که این موضوع ناشی از تشدید آهنگ گرمایش

2. Asakereh, H., & Shahbaee Kotenaee, A. (2023). Analysis of the temporal-spatial trend of frequency of daily extremes precipitation in Iran. *Journal of Water and Soil Science*, 27(2), 209-222. DOI: 10.47176/jwss.27.2.37215 [In Persian]
3. Awadh, S. M. (2023). Impact of North African sand and dust storms on the Middle East using Iraq as an example: Causes, sources, and mitigation. *Atmosphere*, 14(1), 180. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos14010180>
4. Baghbanan, P., Ghavidel, Y., & Farajzadeh, M. (2020). Temporal long-term variations in the occurrence of dust storm days in Iran. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 132, 885-898. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00703-020-00728-3>
5. Chehreara, T., Hajivandpaydari, S., & Haji Mohamadi, H. (2024). Zoning of atmospheric hazards in western Iran. *Journal of Climate Research*, 1403(57), 229-245. [In Persian]
6. Chi, H., Wu, Y., Zheng, H., Zhang, B., Sun, Z., Yan, J., ... & Guo, L. (2023). Spatial patterns of climate change and associated climate hazards in Northwest China. *Scientific Reports*, 13(1), 10418. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37349-w>
7. Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A., ... & Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
8. Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O’Gorman, P. A., & Maher, N. (2016). More extreme precipitation in the world’s dry and wet regions. *Nature Climate Change*, 6(5), 508-513. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2941>
9. Dong, S., Sun, Y., Li, C., Zhang, X., Min, S. K., & Kim, Y. H. (2021). Attribution of extreme precipitation with updated observations and CMIP6 simulations. *Climate*, 34(3), 871-881. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-1017.1>
10. Fatemi, M. (2021). Spatial analysis of temporal and spatial distribution of the start and end of frost period In Yazd province. *Geography and Planning*, 25(76), 203-214. DOI: 10.22034/gp.2021.40227.2634 [In Persian]
11. Fischer, E. M., & Knutti, R. (2015). Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*, 5(6), 560-564. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2617>
12. Gao, J., Liu, L., & Wu, S. (2020). Hazards of extreme events in China under different global warming targets. *Big Earth Data*, 4(2), 153-174. DOI: <https://doi.org/10.1080/20964471.2020.1769254>
13. Gariano, S.L. & Guzzetti, F. (2016). Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews*, 162, 227-252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011>
14. Harel, M., & Price, C. (2020). Thunderstorm trends over Africa. *Climate*, 33(7), 2741-2755. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0781.1>
15. Iraj, F., Memarian, M. H., Joghataei, M., & Malamiri, H. R. G. (2021). Determining the source of dust storms with use of coupling WRF and HYSPLIT models: A case study of Yazd province in central desert of Iran. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 93, 101197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2020.101197>
16. Li, D., Zhou, T., Zou, L., Zhang, W., & Zhang, L. (2018). Extreme high-temperature events over East Asia in 1.5° C and 2° C warmer futures: analysis of NCAR CESM low-warming experiments. *Geophysical Research Letters*, 45(3), 1541-1550. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017GL076753>
17. López-Bueno, J. A., Alonso, P., Navas-Martín, M. Á., Mirón, I. J., Belda, F., Díaz, J., & Linares, C. (2024). Determination of heat wave definition temperatures in Spain at an isoclimatic level: time trend of heat wave duration and intensity across the decade 2009–2018. *Environmental Sciences Europe*, 36(1), 83. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00917-6>

18. Luintel, N., Ma, W., Ma, Y., Wang, B., & Subba, S. (2019). Spatial and temporal variation of daytime and nighttime MODIS land surface temperature across Nepal. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 12(5), 305-312. DOI: 10.1080/16742834.2019.1625701
19. Masoudi, M. (2021). Estimation of the spatial climate comfort distribution using tourism climate index (TCI) and inverse distance weighting (IDW)(case study: Fars Province, Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 14(5), 363. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06605-6>
20. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... & Zhou, B. (2021). Climate change 2021: the physical science basis. *Contribution Of Working Group I to The Sixth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2(1), 2391. DOI:10.1017/9781009157896.
21. Mazdiyasi, O., AghaKouchak, A., Davis, S. J., Madadgar, S., Mehran, A., Ragno, E., ... & Niknejad, M. (2017). Increasing probability of mortality during Indian heat waves. *Science Advances*, 3(6), e1700066. DOI:10.1126/sciadv.1700066
22. Mofidi, A., Hosseinzadeh, S., & Mohammadyarian, M. (2013). Atmospheric hazards zonation in the northeastren of Iran. *Geography and Environmental Hazards*, 2(2), 1-16. DOI: 10.22067/geo.v0i0.23110. [In Persian]
23. Mohammadi, M., Naserzadeh, M. H., Alijani, B., & Saligheh, M. (2023). Spatial analysis of Climate Hazards affecting the military activities in the Southern Half of Iran. *Military Science and Tactics*, 19(63), 5-31. DOI: 10.22034/qjmst.2022.546435.1647 [In Persian]
24. Mohammadzadeh, M., & Mohammadtorab, F. (2015). A new algorithm for developing inverse- distance weighting interpolation method in Hararan region. *Journal of Analytical and Numerical Methods in Mining Engineering*, 5(9), 39-50. DOI: 10.17383/S2251-6565(15)940914-X [In Persian]
25. Mora, C., Spirandelli, D., Franklin, E. C., Lynham, J., Kantar, M. B., Miles, W., ... & Hunter, C. L. (2018). Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions. *Nature Climate Change*, 8(12), 1062-1071. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0315-6>
26. Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & van Ypersele, J. P. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to The Fifth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). Ippc.
27. Panisset, J. S., Libonati, R., & Gouveia, C. M. P. (2018). Contrasting patterns of the extreme drought episodes of 2005. *Climatol*, 38, 1096-1104. DOI: 10.1002/joc.5224
28. Perkins-Kirkpatrick, S. E., & Gibson, P. B. (2017). Changes in regional heatwave characteristics as a function of increasing global temperature. *Scientific Reports*, 7(1), 12256. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12520-2>
29. Pinto Jr, O., Pinto, I. R. C. A., & Ferro, M. A. S. (2013). A study of the long-term variability of thunderstorm days in southeast Brazil. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(11), 5231-5246. DOI: <https://doi.org/10.1002/jgrd.50282>
30. Saha, M. V., Davis, R. E., & Hondula, D. M. (2014). Mortality displacement as a function of heat event strength in 7 US cities. *American Journal of Epidemiology*, 179(4), 467-474. DOI: <https://doi.org/10.1093/aje/kwt264>
31. Sheridan, S. C., & Lee, C. C. (2018). Temporal trends in absolute and relative extreme temperature events across North America. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(21), 11-889. DOI: <https://doi.org/10.1029/2018JD029150>
32. Shirgholami, M. (2023). Investigation of spatiotemporal variations in the tourism comfort climate of yazd province by comparing the Tourism Climate Index (TCI) and the Holiday Climate Index (HCI). *Journal of Climate Research*, 1401(52), 207-222. [In Persian]

33. Shirgholami, M., & Masoodian, S. A. (2023). Analysis of Spatiotemporal Variations and Trends of Precipitation in Yazd Province by Asfezari Database During 1349 to 1394. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 12(35), 95-114. DOI: 10.22111/jneh.2022.40681.1862.
34. Shirgholami, M. R. (2023). Identifying trajectories and sources of dust events in Yazd province using HYSPLIT model and remote sensing data. *Arid Biome*, 13(2), 35-52. DOI: 10.29252/aridbiom.2024.-20805.1969 [In Persian]
35. Shirgholami, M. R., Masoodian, S. A., & Montazeri, M. (2023). Investigation of environmental changes in arid and semi-arid regions based on MODIS LST data (case study: Yazd province, central Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 16(9), 514. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-023-11629-1>
36. Shirgholami, M., & Masoodian, S. A. (2022). Assessment of spatial and temporal variations of land surface temperature (LST) due to elevation changes in Yazd Province, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(16), 1372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09943-1>
37. Sun, X., Wang, C., & Ren, G. (2021). Changes in the diurnal temperature range over East Asia from 1901 to 2018 and its relationship with precipitation. *Climatic Change*, 166(3), 44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03120-1>
38. Tong, S., Li, X., Zhang, J., Bao, Y., Bao, Y., Na, L., & Si, A. (2019). Spatial and temporal variability in extreme temperature and precipitation events in Inner Mongolia (China) during 1960–2017. *Science of the Total Environment*, 649, 75-89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.262>
39. Touma, D., Michalak, A. M., Swain, D. L., & Diffenbaugh, N. S. (2018). Characterizing the spatial scales of extreme daily precipitation in the United States. *Climate*, 31(19), 8023-8037. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0019.1>
40. Waha, K., Krumpalauer, L., Adams, S., Aich, V., Baarsch, F., Coumou, D., ... & Schleussner, C. F. (2017). Climate change impacts in the Middle East and Northern Africa (MENA) region and their implications for vulnerable population groups. *Regional Environmental Change*, 17, 1623-1638. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1144-2>
41. Westerling, A. L. (2016). Increasing western US forest wildfire activity: sensitivity to changes in the timing of spring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696), 20150178. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0178>
42. Wu, Y., Wen, B., Li, S., & Guo, Y. (2021). Sand and dust storms in Asia: a call for global cooperation on climate change. *The Lancet Planetary Health*, 5(6), e329-e330. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00082-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00082-6)
43. Yuan, G., Zhang, L., Liang, J., Cao, X., Guo, Q., & Yang, Z. (2017). Impacts of initial soil moisture and vegetation on the diurnal temperature range in arid and semiarid regions in China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122(21), 11-568.. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017JD026790>
44. Zeinali B, Khalili S, Eiyini S. (2019). Zoning atmospheric Hazards in North West of Iran. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 19(53), 177-193. DOI: 10.29252/jgs.19.53.177 [In Persian]
45. Zhang, S., Xu, H., Lan, J., Goldsmith, Y., Torfstein, A., Zhang, G., ... & Enzel, Y. (2021). Dust storms in northern China during the last 500 years. *Science China Earth Sciences*, 64(5), 813-824. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11430-020-9730-2>
46. Zittis, G., Almazroui, M., Alpert, P., Ciais, P., Cramer, W., Dahdal, Y., ... & Lelieveld, J. (2022). Climate change and weather extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. *Reviews of geophysics*, 60(3), e2021RG000762. DOI: <https://doi.org/10.1029/2021RG000762>
47. Zscheischler, J., Westra, S., Van Den Hurk, B. J., Seneviratne, S. I., Ward, P. J., Pitman, A., ... & Zhang, X. (2018). Future climate risk from compound events. *Nature Climate Change*, 8(6), 469-477. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>

## **Identification of Common Medicinal-Industrial Plants in Desert Rangelands and Examination of Local Community Awareness (Case Study: Khaf County, Khorasan Razavi Province)**

V. Karimian<sup>1\*</sup>, H. Barani<sup>2</sup>

1. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran.
  2. Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
- \* Corresponding Author: v.karimian@yu.ac.ir

Received date: 11/11/2024

Accepted date: 25/01/2025

 [10.22034/jdmal.2025.2045459.1490](https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2045459.1490)

### **Abstract**

Medicinal and industrial plants are valuable sources of Iran's natural resources, which can play an important role in the health of the society, employment and increase in exports if they are scientifically recognized and properly exploited. The purpose of the present study is to investigate the medicinal-industrial potential of the rangelands of Khaf County. The main method in this research was based on searching for information in a direct way and collecting data in the form of a local stockholder from Khaf rangelands. The sample size was determined using Cochran's formula. In this way, 45 questionnaires were designed. In order to investigate the correlation between social components and the level of awareness and educational programs, it was investigated using Spearman's correlation coefficient. The awareness of the users regarding the medicinal and industrial plants of the rangeland is high (47.8%) The level of interest of stockholders to participate in training programs was moderate (30.4%) to high (63.0%). The species identified in the rangelands of Khaf city belong to 21 families, and the most species belong to the Lamiaceae family (19.15%). In general, 47 plant species were identified in the study area. Among these species, *Ferula ovina* Boiss., *Peganum harmala* L., *Ziziphora persica* Bunge., *Cuminum cyminum* L., *Thymus vulgaris* L., *Mentha pulegium* L., *Pistacia atlantica* Desf subsp. (cabulica) (Stocks) Rech.f., *Lavandula angustifolia* Mill. and *Rheum ribes* L. are the most widely used in Khaf rangeland among stockholders. In order to manage and generate income from medicinal and industrial plants in the Khaf desert rangelands, it is recommended that decision-making institutions provide the necessary support and cooperation with local communities to develop the habitats of key species and provide basic infrastructure for income generation and sustainable exploitation.

**Keywords:** Lamiaceae; Questionnaires; Stockholders; key species; Sustainable exploitation

### **How to cite this article**

Karimian, V., Barani, H. (2025). Identifying commonly used medicinal and industrial plants in desert rangelands and investigating local community awareness about them (Case study: Khaf County, Khorasan Razavi Province). *Desert Management*, 12(4), 41-62. DOI: [10.22034/jdmal.2025.2045459.1490](https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2045459.1490)



## Extended Abstract

### Introduction

The use of medicinal plants has significantly expanded in developed countries, and a large portion of the global population relies on these plants for health purposes. In Iran, medicinal and industrial plants represent valuable natural resources that could substantially contribute to public health, employment, and export growth, provided they are scientifically studied and properly utilized. A significant proportion of these plants are harvested from natural rangelands. Rangeland by-products, such as medicinal, industrial, and edible plants, play a crucial role in the livelihoods of local communities, providing supplemental income and food sources. Previous studies have explored the indigenous knowledge surrounding plant use in various regions, such as northern Jordan (3) and the semi-arid rangelands of northeastern Brazil (4). These studies investigated how local populations utilize plant species to treat various ailments. Within Iran, researchers (16, 27, 26, 22, 30, 19, 9) have identified and examined medicinal and industrial plants across different rangelands. Rangelands are also vital sources of forage for livestock, contributing significantly to livestock production. Most of the feed required for the country's light livestock is sourced from rangelands. However, in recent years, climatic changes and fluctuations in rainfall have altered the availability of animal fodder, particularly in desert rangeland. This has prompted local communities to increasingly rely on alternative rangeland products. Identifying these products can help in planning sustainable exploitation and employment opportunities for local communities. Given the importance of local knowledge and experience, the purpose of this study is to explore the medicinal and industrial potential of the rangelands of Khaf County. The study focuses on local stakeholders' perceptions, awareness, and attitudes towards these valuable plants. The goal is to contribute to better rangelands management practices while simultaneously improving the livelihoods of local communities.

### Material and Methods

The main method employed in this research involved direct data collection from local stakeholders in the Khaf rangelands. Since it was not feasible to assess all the ranches within the Khaf rangelands, expert opinion (Table 1) was used to select 9 representative ranches that covered different areas of the county in terms of spatial distribution (Fig. 1). The sample size was determined using Cochran's formula, resulting in the design of 45 questionnaires. In addition to the surveys, collaborative interviews were conducted, and herbarium samples of plants were collected and identified based on reliable botanical references. The reliability of the questionnaire was assessed using Cronbach's alpha, yielding a value of 0.77, which indicates satisfactory reliability. Descriptive analysis of the data was performed using Excel and SPSS software. To examine the relationship between social factors and the level of awareness and educational programs, Spearman's correlation coefficient was applied.

### Results

The results revealed that the majority of stakeholders involved with medicinal and industrial plants in the Khaf rangelands fall within the age group of 50 to 60 years (39.1%) (Fig. 2). Additionally, most of the participants have received only primary education (58.7%) (Fig. 3), and the majority are primarily engaged in livestock farming (Fig. 4). Stakeholders demonstrated a relatively high level of awareness regarding the medicinal and industrial plants of the rangeland (47.8%). However, their understanding of how to generate income from these plants was notably weaker (Table 2). Furthermore, the results indicated that the involvement of government agencies in the education sector is limited (Fig. 5). In terms of interest in educational programs, stockholders showed a moderate (30.4%) to high (63.0%) level of willingness to participate (Fig. 6). Stakeholders expressed a strong interest in having training and awareness sessions organized for them (Fig. 7). Statistical analysis revealed significant positive and negative associations between occupation and number of children with the familiarity of stakeholders with medicinal and industrial plants at the 95% confidence level, respectively (Table 3). The species identified in the rangelands of Khaf belong to 21 plant families, with the Lamiaceae family representing the largest proportion (19.15%). In general, 47 plant species were identified in the study area (Appendix 1). Among these species, *Ferula ovina* Boiss., *Peganum harmala* L., *Ziziphora persica* Bunge., *Cuminum cyminum* L., *Thymus vulgaris* L., *Mentha pulegium* L., *Pistacia atlantica* Desf subsp. *cabulica* (Stocks) Rech.f., *Lavandula angustifolia* Mill. and *Rheum ribes* L. are the most widely used in Khaf rangeland among stockholders (Table 4).

### Discussion and Conclusion

To effectively manage and generate income from medicinal and industrial plants in the Khaf desert rangelands, it is recommended that decision-making institutions collaborate with local communities. This collaboration should focus on developing habitats for key plant species and providing the necessary infrastructure to support sustainable income generation and exploitation of these resources.

**Keywords:** Lamiaceae; questionnaires; Stockholders; key species; Sustainable exploitation

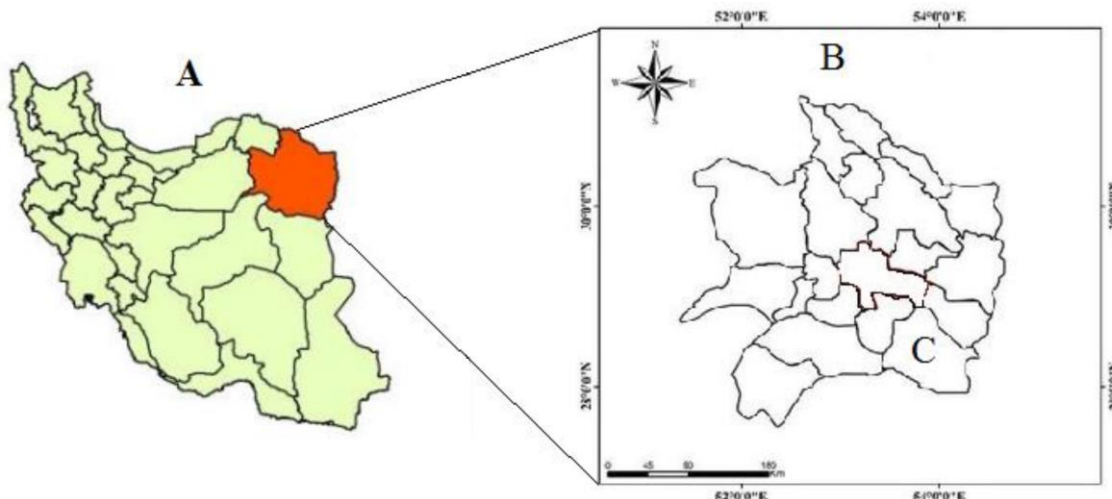


Fig 1. Location of the study area in Khaf County (C), Khorasan Razavi Province (B), Iran (A)

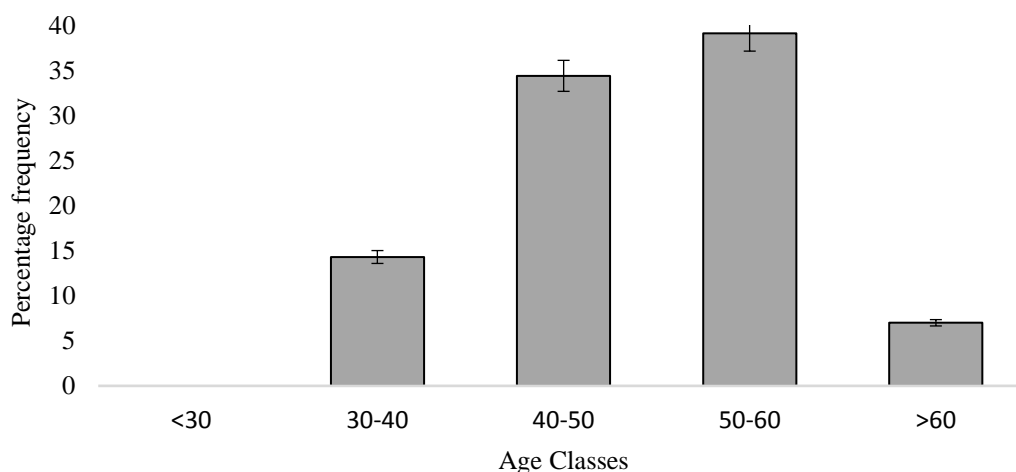


Fig 2. Frequency distribution of stockholder age classes

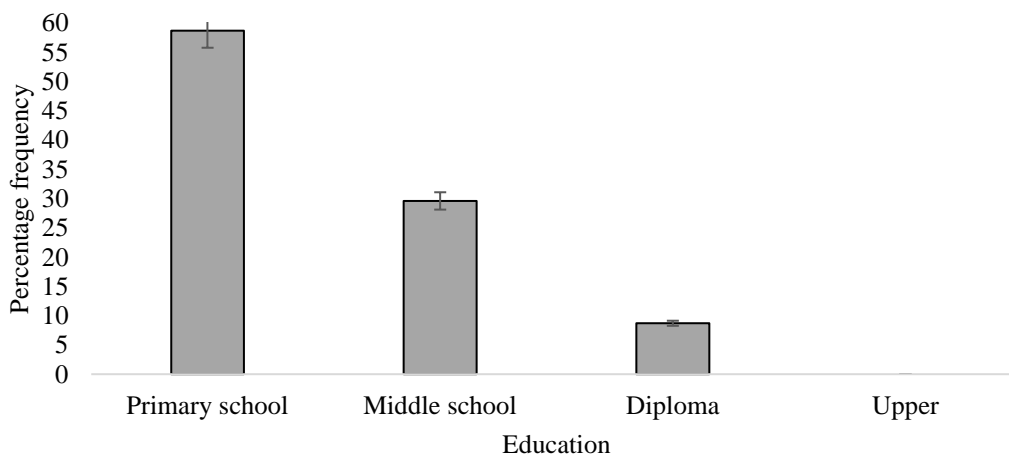


Fig 3. Frequency distribution of stockholder education

**Table 1. Ranch studied in Khaf County**

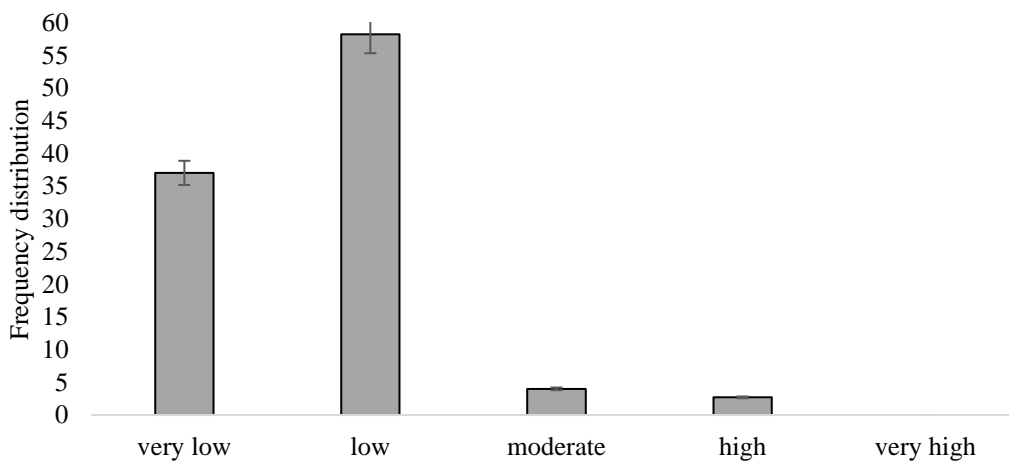
| Number | Ranch studied | Number | Ranch studied |
|--------|---------------|--------|---------------|
| 1      | Nahour        | 6      | Mehrabad      |
| 2      | Chahzoul      | 7      | Ghayender     |
| 3      | Majnabad      | 8      | Chahardeh     |
| 4      | Bonyabad      | 9      | Razdab        |
| 5      | Baghbakhshi   |        |               |

**Table 2. Frequency distribution of the awareness index in the field of medicinal and industrial plants**

| Number | Awareness Index                                     | Percentage Frequency |      |          |      |           |
|--------|---|----------------------|------|----------|------|-----------|
|        |   | very low             | low  | moderate | high | very high |
| 1      | level of familiarity of the stockholder             | 0                    | 0    | 37.0     | 47.8 | 15.2      |
| 2      | Awareness of ways to generate income                | 6.5                  | 43.5 | 41.3     | 8.7  | 0         |
| 3      | Awareness of the correct collection method          | 0                    | 19.6 | 45.7     | 34.8 | 0         |
| 4      | Awareness of correct season of exploitation         | 0                    | 21.7 | 28.3     | 47.8 | 2.2       |
| 5      | Awareness of Collecting, drying and packing methods | 0                    | 15.2 | 45.7     | 37.1 | 0         |



**Fig 4. Frequency distribution distribution of the stockholder job**



**Fig 5. Frequency distribution of the level of cooperation of relevant organizations in providing educational programs**

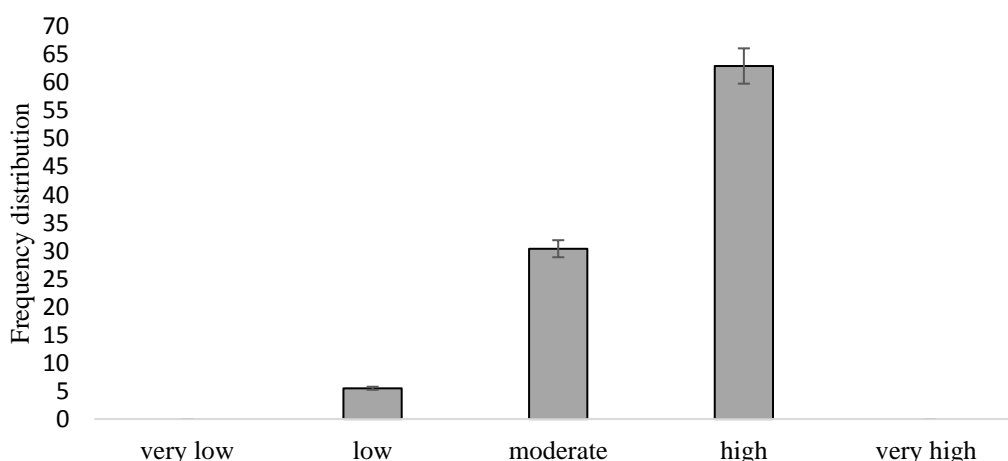


Fig 6. Percentage frequency distribution of stockholder interest in participating in training programs

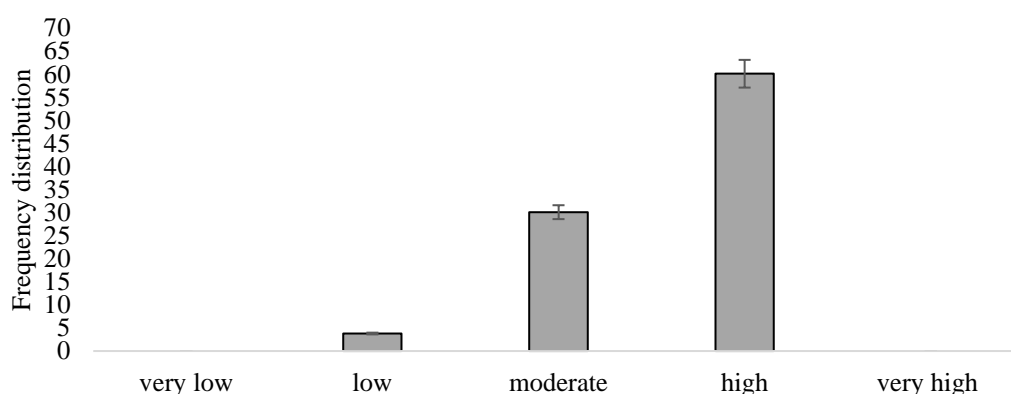


Fig 7. Percentage frequency distribution of the willingness to hold classes by stockholders for promotion and awareness

Table 3. Correlation study of social components and level of awareness and educational programs

| Social Components  | Level of familiarity with medicinal and industrial plants | Level of familiarity with ways to generate income | Level of familiarity with collection methods | Level of interest in participating in training classes | Level of interest in transferring experiences to others |
|--------------------|---|---|--|--|---|
| Age                | -0.135  | -0.03   | -0.016                                       | 0.277  | 0.303*  |
| Education          | 0.126   | 0.11  | 0.156  | -0.215   | -0.14   |
| Job                | 0.339*  | 0.155   | 0.191  | -0.15  | -0.117  |
| Number of children | -0.322*   | 0.009   | 0.005  | 0.281  | 0.254   |

Table 4. Indicator plants found in the studied ranch in the rangelands of Khaf County.

| Number | Ranch studied | Indicator plants  |
|--------|---------------|---|
| 1      | Nahour        | <i>Ferula ovina</i>   |
| 2      | Chahzoul      | <i>Ferula ovina</i> and <i>Peganum harmala</i>  |
| 3      | Majnabad      | <i>Ferula ovina</i> , <i>Ziziphora persica</i> and <i>Peganum harmala</i>                                 |
| 4      | Bonyabad      | <i>Ferula ovina</i> and <i>Cuminum cyminum</i>  |
| 5      | Baghbakhshi   | <i>Ferula ovina</i> and <i>Peganum harmala</i>  |
| 6      | Mehrabad      | <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Mentha pulegium</i> and <i>Pistacia atlantica</i>                             |
| 7      | Ghayender     | <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Lavandula angustifolia</i> and <i>Rheum ribes</i>                             |
| 8      | Chahardeh     | <i>Thymus vulgaris</i> and <i>Mentha pulegium</i>   |
| 9      | Razdab        | <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Lavandula angustifolia</i> , <i>Rheum ribes</i> and <i>Pistacia atlantica</i> |





## شناسایی گیاهان دارویی-صنعتی پرکاربرد مراتع بیابانی و بررسی آگاهی جامعه محلی نسبت به آنها در شهرستان خواف، خراسان رضوی

وحید کریمیان<sup>۱\*</sup>، حسین بارانی<sup>۲</sup>

۱. استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، ایران.

۲. دانشیار، گروه مدیریت مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

\* نویسنده مسئول: [v.karimian@yu.ac.ir](mailto:v.karimian@yu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۶

doi [10.22034/jdmal.2025.2045459.1490](https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2045459.1490)

### چکیده

گیاهان دارویی-صنعتی یکی از منابع ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند که در صورت شناخت صحیح و بهره‌برداری اصولی می‌تواند، به عنوان درآمد مکمل و نیز یک منبع غذایی نقش مهمی در رفاه و زندگی روزمره مردم محلی ایفا کنند. هدف از بررسی حاضر ارزیابی ظرفیت‌های دارویی-صنعتی مراتع شهرستان خواف است. روش اصلی پژوهش حاضر مبتنی بر جستجوی اطلاعات به شیوه مستقیم و جمع‌آوری داده‌ها در قالب پرسشنامه از بهره‌برداران بومی مراتع خواف بود. تعداد ۴۵ پرسشنامه با ضریب پایایی آلفای کرونباخ ۰/۷۷ تکمیل شد. برای بررسی همبستگی مولفه‌های اجتماعی و میزان آگاهی و برنامه‌های آموزشی با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد آگاهی بهره‌برداران در خصوص گیاهان دارویی-صنعتی زیاد است ۴۷/۸٪. علاقه بهره‌برداران به شرکت در برنامه‌ها آموزشی متوسط ۳۰/۴٪ تا زیاد ۶۳/۰٪ بود. نتایج نشان از وابستگی زیاد معیشت و درمان بهره‌برداران از گیاهان دارویی و صنعتی مراتع دارد. گونه‌های گیاهی شناسایی شده متعلق به ۲۱ تیره است که بیشترین گونه‌ها متعلق به خانواده نعنائیان ۱۹/۱۵٪ است. پراکنش گونه‌های گیاهی مورد بررسی بیشتر در ارتفاعات کوه‌ها ۴۸/۹٪ است. بر اساس نتایج حاصله از اندام‌های گیاهی، بیشترین استفاده را برگ گیاهان مورد بررسی دارند (۵۷/۴٪). از بین گیاهان شناسایی شده، گونه‌های کما (*Ferula ovina* Boiss.)، اسپند (*Peganum harmala* L.)، کاکوتی (*Ziziphora persica* Bunge.)، زیره‌سیاه (*Cuminum cyminum* L.)، آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، پونه (*Mentha pulegium* L.)، بانه (*Pistacia atlantica* Desf.)، اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) و ریواس (*Rheum ribes* L.) بیشترین استفاده را در مراتع شهرستان خواف بین بهره‌برداران دارد. برای مدیریت و درآمدزایی گیاهان دارویی-صنعتی مراتع بیابانی خواف پیشنهاد می‌شود، نهادهای تصمیم‌گیرنده حمایت و همکاری لازم با جوامع محلی در راستای توسعه رویشگاه گونه‌های شاخص و فراهم‌کردن زیرساخت‌های اصولی برای درآمدزایی و بهره‌برداری پایدار را به عمل آورند.

**واژگان کلیدی:** نعنائیان؛ پرسشنامه؛ بهره‌برداران؛ گونه‌های شاخص؛ بهره‌برداری پایدار

### استناد به این مقاله

کریمیان، وحید، بارانی، حسین. (۱۴۰۳). شناسایی گیاهان دارویی-صنعتی پرکاربرد مراتع بیابانی و بررسی میزان آگاهی جامعه محلی نسبت به آنها (مطالعه موردی: شهرستان خواف، خراسان رضوی). مدیریت بیابان، ۴(۲)، ۴۱-۶۲. DOI: 10.22034/jdmal.2025.2045459.1490



## ■ مقدمه

بوم‌سازگان‌های طبیعی با توجه به کاربردهای گسترده‌ای که برای جوامع بشری دارند، از اهمیت زیادی برخوردارند (۱۴). جوامع محلی در عرصه‌های منابع طبیعی برای گذران زندگی خود به‌طور مستقیم به محصولات جنگلی و مرتعی وابسته هستند. برای بهره‌بردارانی که مجاور این عرصه‌ها زندگی می‌کنند، جنگل و مرتع ذخیره‌گاه بزرگ زیستی‌اند و از خدمات متنوع آن استفاده می‌کنند (۲۹). وسعت مراتع در کشور ایران نزدیک به ۸۴/۶۰۰/۰۰۰ ha است که بیش از ۷۰۰۰ گونه گیاهی دارد، این گیاهان علاوه بر تأمین علوفه مورد نیاز دام از منابع مهم تولید محصول‌های فرعی‌اند (۱۸). ارزش‌های نهفته در محصول‌های فرعی از لحاظ اقتصادی-اجتماعی، صنعتی، درمانی، بهداشتی و صادراتی از اهمیت زیادی برخوردار است. به‌ویژه اینکه بخاطر ایجاد اشتغال و بالابردن درآمد بهره‌برداران روستایی و عشایری و درآمدهای ارزی مورد توجه است (۲۵). از استفاده‌های بسیار مهم گیاهان موجود در هر عرصه طبیعی، کاربرد دارویی و صنعتی است و در صورت بررسی دقیق علمی، کاشت، توسعه رویشگاه و بهره‌برداری اصولی می‌توانند نقش مهمی در سلامت، معیشت و اقتصاد داشته باشند (۱). امروزه بهره‌گیری از گیاهان دارویی در بین مردم کشورهای توسعه یافته گسترش روزافزونی داشته است به‌طوری‌که بیشتر جمعیت جهان برای مراقبت‌های بهداشتی گیاهان دارویی را مدنظر قرار می‌دهند (۱۵). طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup> بیش از ۸۰٪ مردم کشورهای در حال توسعه برای درمان بیماری‌ها از داروهای گیاهی استفاده می‌کنند (۲). استفاده از طب سنتی به کشورهای در حال توسعه محدود نمی‌شود. در طول دو دهه گذشته، درمان‌های طبیعی و استفاده از داروهای با منشأ گیاهی که خاستگاه عمده آنها مراتع می‌باشند به طور قابل توجهی در کشورهای صنعتی افزایش یافته است، لذا رویکرد و نگرش جهانی استفاده بیشتر از گیاهان دارویی نسبت به داروهای شیمیایی از یکسو و همچنین وجود گونه‌های متنوع گیاهی با ارزش‌های دارویی، صنعتی و خوراکی که بعضی از آنها نقش پر اهمیتی را در صادرات غیر نفتی دارند، جاذبه‌های فراوانی را برای بهره‌برداری در گستره جنگل‌ها و مراتع

کشور پدید می‌آورد. محققانی از جمله در شمال اردن (۳) و در مراتع نیمه‌خشک شمال شرقی برزیل (۴) به بررسی دانش بومیان پیرامون کاربرد گونه‌های گیاهی و چگونگی استفاده جوامع محلی از آنها برای درمان پرداختند. در داخل کشور نیز محققان متعددی به بررسی و شناسایی گیاهان دارویی - صنعتی مراتع مختلف پرداختند (۹، ۱۶، ۱۹، ۲۲، ۲۶، ۳۰).

به‌طور کلی مراتع مهمترین منبع تأمین علوفه دام می‌باشد که قسمت عمده نیاز دام‌های سبک و سنگین (گوسفند، بز، شتر و غیره) کشور را تأمین می‌کند، در سالیان اخیر با توجه به تغییرات اقلیمی صورت گرفته و نوسان بارش، تأمین علوفه دام به ویژه مراتع بیابانی دستخوش تغییرات شده است که این مورد موجب شد جوامع محلی به بهره‌برداری دیگر محصولات مراتع بپردازند. با شناسایی و بررسی سایر محصولات مراتع می‌توان برنامه‌ریزی مناسبی جهت اشتغال جوامع محلی و بهره‌برداری پایدار این محصولات پرداخت که در این راستا استفاده از تجربیات و دانش بومی بهره‌برداران مهم می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی گیاهان دارویی و صنعتی گیاهان مراتع شهرستان خواف از نظر بهره‌برداران بومی و نگرش و آگاهی آنها نسبت به این گیاهان با ارزش برای مدیریت این عرصه‌های بیابانی است.

## ■ مواد و روش

## منطقه مورد بررسی

خواف با وسعت تقریبی  $9796/79 \text{ km}^2$  در موقعیت  $33^{\circ}33'$  تا  $34^{\circ}59'$  طول شرقی و  $59^{\circ}21'$  تا  $60^{\circ}55'$  عرض شمالی قرار دارد. از شمال و شمال شرقی به شهرستان تایباد، از شمال و شمال غربی به تربت حیدریه از غرب به شهرستان‌های رشتخوار و گناباد و از جنوب به شهرستان قائن در خراسان جنوبی و از شرق به طول  $123 \text{ km}$  دارای مرز مشترک با افغانستان است. آب و هوای منطقه گرم و خشک و میانگین بارندگی سالانه حدود  $300 \text{ mm}$  می‌باشد. بلندترین نقطه ارتفاعی این شهرستان از سطح دریا  $2823 \text{ m}$  و پایین‌ترین نقطه  $600 \text{ m}$  است (شکل ۱).

## روش بررسی

$$x = \frac{\frac{t^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left[ \frac{t^2 pq}{d^2} - 1 \right]} \quad (1)$$

t: درصد احتمال صحت گفتار برابر با ۹۵٪، p: مقدار نسبت صفت موجود در جامعه = ۰/۵، d: مقدار اشتباه مجاز یا درصد خطا، N: حجم جمعیت آماری، n: حجم نمونه

$$\alpha = \frac{j}{j-1} \left[ 1 - \frac{\sum sj^2}{s^2} \right] \quad (2)$$

J: تعداد زیر مجموعه سوال‌ها،  $sj^2$ : واریانس زیرآزمون Jام، S: واریانس داده‌ها

در مرحله بعد تعداد نمونه از جامعه آماری برای تکمیل پرسشنامه‌ها به نحوی که از شرط تصادفی بودن، پراکندگی مناسب برخوردار باشند تعیین شد. بدین منظور از روش نمونه برداری خوشه‌ای استفاده شد. نه سامان عرفی پراکنده از بین ۵۲ سامان عرفی موجود انتخاب و سپس به صورت تصادفی پرسشنامه‌ها بین اعضا تکمیل شد. در این بررسی همزمان با مصاحبه مشارکتی، نمونه‌های هرباریومی از گیاهان برداشت و بر اساس منابع معتبر گیاهشناسی (۸، ۲۰، ۲۴) و متخصصان گیاهشناسی و گیاهان دارویی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان شناسایی شد.

تحلیل توصیفی داده‌های جمع‌آوری شده، به کمک نرم‌افزار Excel و SPSS انجام شد و در پایان نتایج به صورت جداول و نمودار ارائه گردید. برای بررسی همبستگی مولفه‌های اجتماعی و میزان آگاهی و برنامه‌های آموزشی به دلیل رتبه‌ای بودن آنها با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن مورد بررسی قرار گرفت (۲۳).

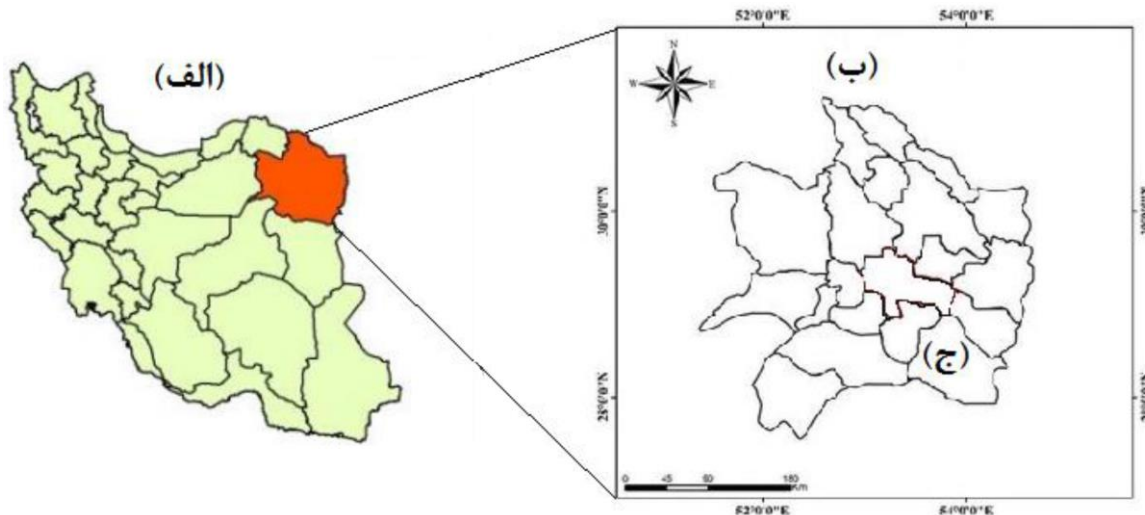
برای بررسی و شناسایی بهره‌برداران از محصولات دارویی-صنعتی شهرستان خواف در ابتدا با مراجعه به اداره منابع طبیعی تعداد کل سامان‌های عرفی شهرستان که شامل ۵۲ سامان بود مشخص شد. با توجه به اینکه امکان بررسی تمام سامان‌های عرفی مراتع شهرستان وجود نداشت با گفتگوهای انجام‌شده با استادان و افراد صاحب‌نظر ۹ سامان عرفی که به لحاظ پراکنش مکانی قسمت‌های مختلف شهرستان را پوشش می‌دادند برای نمونه‌برداری انتخاب شد (جدول ۱). هدف از انتخاب سامان‌های مذکور در نقاط مختلف شهرستان این بود که با توجه به اینکه شرایط اکولوژیک یکسانی در تمام نقاط شهرستان وجود ندارد، سامان‌های عرفی در شرایط بوم‌شناختی متفاوت انتخاب شوند تا در صورت امکان کلیه گونه‌های گیاهی رویش یافته در شهرستان خواف مورد بررسی قرار گیرند. روش اصلی و پایه در پژوهش حاضر مبتنی بر جستجوی اطلاعات به شیوه مستقیم و جمع‌آوری داده‌های خام بوده است. بر این اساس محقق پیمایش مقدماتی در منطقه داشت و از طریق اداره منابع طبیعی شهرستان و همچنین بررسی اولیه اقدام به شناسایی بهره‌برداران با تجربه و سایر بهره‌بردارانی که از نظر جوامع محلی سابقه بیشتری در این فعالیت داشتند. با حضور اولیه در منطقه و مصاحبه اکتشافی چارچوب پرسشنامه طراحی و با استفاده از روش کوکران<sup>۱</sup> اندازه‌ی نمونه تعیین شد (رابطه ۱). بدین ترتیب تعداد ۴۵ پرسشنامه طراحی شد. برای سنجش روایی پرسشنامه، از روایی محتوایی استفاده شد و برآیند نقطه نظرهای استادان، متخصصان و کارشناسان در پرسشنامه لحاظ شد (۱۳). پایایی پرسشنامه یا قابلیت اعتماد آن به روش آلفای کرونباخ<sup>۲</sup> (رابطه ۲) با رقم ۰/۷۷ محاسبه شد (۶).

جدول ۱. سامان‌های عرفی مورد مطالعه در شهرستان خواف

| ردیف | نام سامان عرفی | ردیف | نام سامان عرفی |
|------|----------------|------|----------------|
| ۱    | نهور           | ۶    | مهرآباد        |
| ۲    | چاه زول        | ۷    | فایندر         |
| ۳    | مژن آباد       | ۸    | چهارده         |
| ۴    | بنیاباد        | ۹    | رزداب          |
| ۵    | باغ بخشی       |      |                |

<sup>2</sup>Cranbach,s Alpha

<sup>1</sup> Cochran



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان خواف (ج)، استان خراسان رضوی (ب)، ایران (الف)

## نتایج

### ویژگی‌های اجتماعی جامعه محلی

بیشتر بهره‌برداران از محصولات دارویی-صنعتی مراتع شهرستان خواف در طبقه سنی ۵۰ تا ۶۰ سال ۳۹/۱٪ و کمترین در طبقه سنی کمتر از ۳۰ سال قرار داشت (شکل ۲). بیشتر افراد مورد بررسی دارای تحصیلات ابتدایی ۵۸/۷٪ و کمترین تحصیلات آنها دیپلم ۸/۷٪ بود. تحصیلات بالای دیپلم در بین افراد مورد بررسی وجود نداشت (شکل ۳). بهره‌برداران از محصولات گیاهان دارویی - صنعتی مراتع خواف را بیشتر دامداران ۴۷/۸٪ و کمترین آن را کارگران ۲۱/۷٪ تشکیل دادند (شکل ۴).

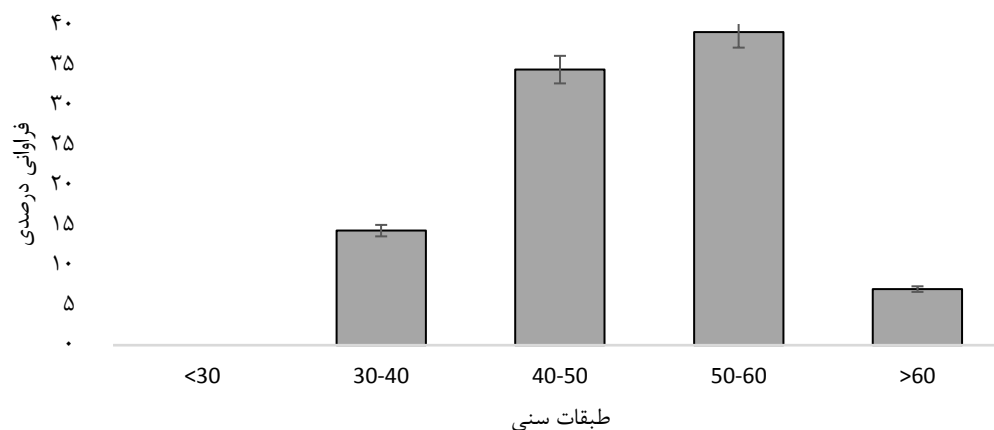
### گونه‌های دارویی و صنعتی شناسایی شده

گونه‌های مورد بررسی در مراتع شهرستان خواف شامل

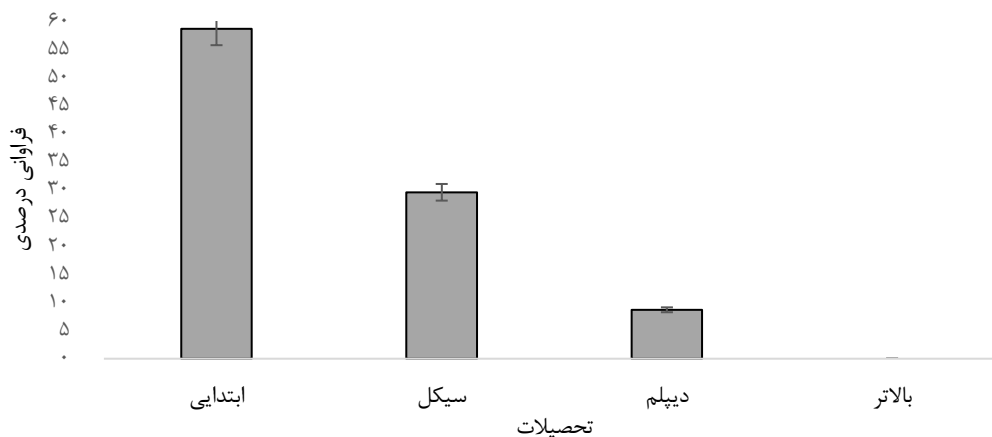
۴۷ گونه گیاهی متعلق به ۲۱ تیره‌اند. بیشترین گونه‌های مورد بررسی متعلق به خانواده نعنائیان ۱۹/۱۵٪ است. بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین پراکنش گونه‌های گیاهی مورد بررسی در ارتفاعات کوه‌ها ۴۸/۹٪ و بر پایه نتایج حاصله از اندام‌های گیاهی، بیشترین استفاده را برگ گیاهان مورد بررسی دارند ۵۷/۴٪. اطلاعات تکمیلی اسم محلی، نام گونه، نام جنس، و غیره در پیوست ۱ آمده است.

### آگاهی‌سنجی جامعه بهره‌بردار از محصولات دارویی-صنعتی مراتع

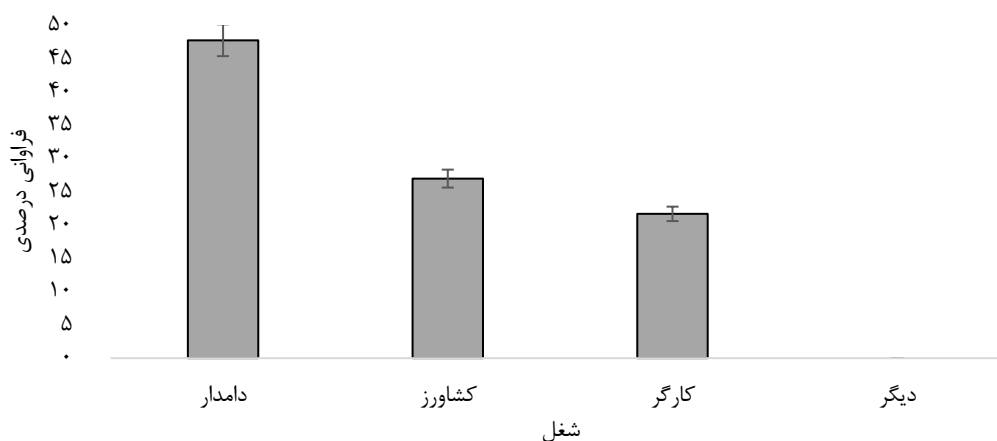
نتایج نشان داد، آگاهی بهره‌برداران در خصوص محصولات دارویی-صنعتی مراتع متوسط به بالا است به‌طوری‌که فراوانی نسبی پاسخ داده شده در بخش متوسط ۳۷/۰٪ و در سطح زیاد و خیلی زیاد به ترتیب ۴۷/۸٪ و ۱۵/۲٪ است (جدول ۲).



شکل ۲. توزیع فراوانی طبقات سنی بهره‌برداران



شکل ۳. توزیع فراوانی تحصیلات بهره‌برداران



شکل ۴. توزیع فراوانی شغل بهره‌برداران

جدول ۲. توزیع فراوانی شاخص آگاهی‌سنجی در خصوص گیاهان دارویی-صنعتی

| ردیف | مولفه‌های آگاهی‌سنجی                             | فراوانی درصدی |      |       |      |           |
|------|--|---------------|------|-------|------|-----------|
|      |  | خیلی کم       | کم   | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۱    | میزان آشنایی بهره‌برداران                        | ۰             | ۰    | ۳۷/۰  | ۴۷/۸ | ۱۵/۲      |
| ۲    | آگاهی از راه‌های درآمدزایی                       | ۶/۵           | ۴۳/۵ | ۴۱/۳  | ۸/۷  | ۰         |
| ۳    | آگاهی از نحوه صحیح جمع‌آوری                      | ۰             | ۱۹/۶ | ۴۵/۷  | ۳۴/۸ | ۰         |
| ۴    | آگاهی از فصل صحیح بهره‌برداری                    | ۰             | ۲۱/۷ | ۲۸/۳  | ۴۷/۸ | ۲/۲       |
| ۵    | آگاهی از شیوه‌های جمع‌آوری، خشک‌کردن و بسته‌بندی | ۰             | ۱۵/۲ | ۴۵/۷  | ۳۹/۱ | ۰         |

نتایج توصیفی برنامه‌های آموزشی - ترویجی

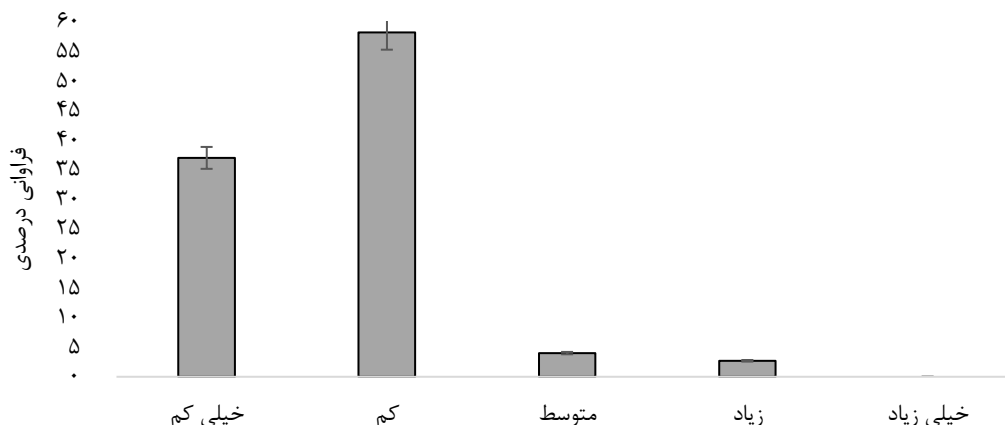
نتایج بررسی میزان همکاری سازمان‌های مرتبط با بهره‌برداری از منابع طبیعی در ارائه برنامه‌ها و کلاس‌های آموزشی نشان داد، از دیدگاه جامعه محلی فراوانی درصدی گزینه‌های خیلی کم و کم بیش از ۹۰٪ است. بنابراین

تنها بخشی که می‌توان گفت به نحوی آگاهی بهره‌برداران در آن ضعیف محسوب می‌گردد آگاهی از راه‌های درآمدزایی این محصول‌ها است. در این بخش گزینه خیلی کم و کم در مجموع از فراوانی ۵۰٪ برخوردار است. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت میزان آگاهی بهره‌برداران از بخش‌های مختلف محصولات دارویی و صنعتی مراتع در حد متوسط است.

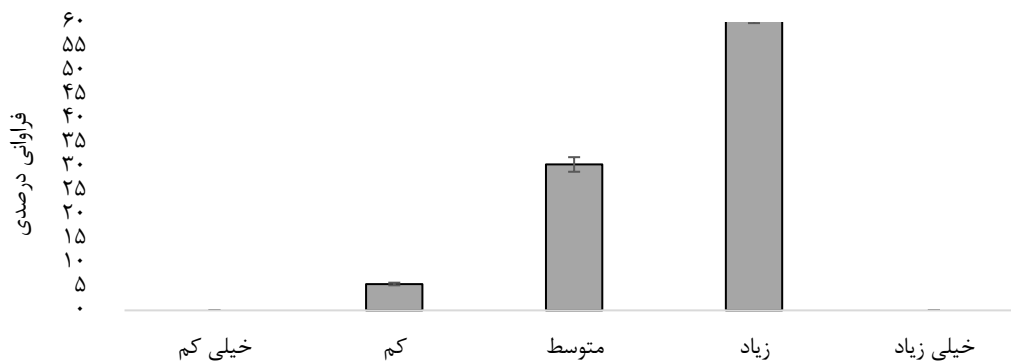
از جامعه پاسخگو خواسته شد تا نظر خود را برای تعیین میزان تمایل آنها برای برگزاری کلاس‌های آموزشی با هدف ترویج و آگاهی‌بخشی بهره‌برداران از محصول‌های دارویی-صنعتی مراتع اعلام کنند. نتایج نشان داد این تمایل به‌طور تقریبی زیاد است (شکل ۷).

می‌توان نتیجه گرفت فعالیت سازمان‌های دولتی در این بخش ضعیف بوده است (شکل ۵).

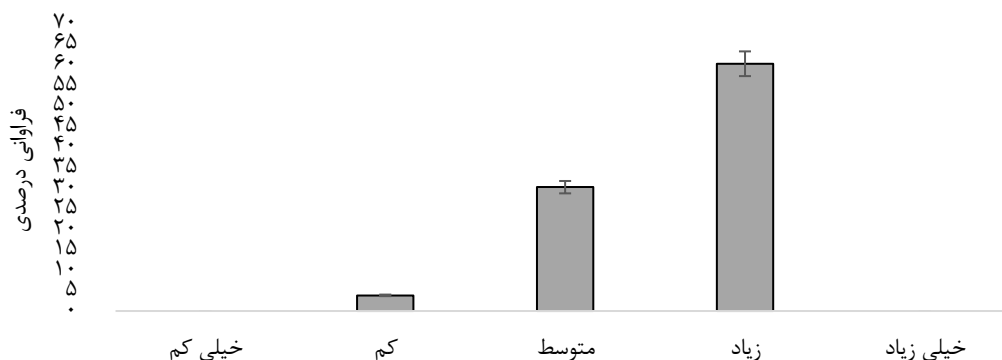
نتایج نشان داد، میزان علاقه بهره‌برداران برای شرکت در برنامه‌ها و کلاس‌های آموزشی متوسط تا زیاد است. به‌طوریکه گزینه‌های متوسط و زیاد به ترتیب از فراوانی ۳۰٪/۴ و ۶۳٪/۰ برخوردار بودند (شکل ۶).



شکل ۵. توزیع فراوانی میزان همکاری ارگان‌های مرتبط در ارائه برنامه‌های آموزشی



شکل ۶. توزیع فراوانی درصدی میزان علاقه بهره‌برداران برای شرکت در برنامه‌های آموزشی



شکل ۷. توزیع فراوانی درصدی میزان تمایل به برگزاری کلاس توسط بهره‌برداران برای ترویج و آگاهی‌بخشی

برای استفاده از انواع گیاهان در زمینه‌های مختلف فراهم شده باشد. شرایط متفاوت اقلیمی و توپوگرافی حاکم بر مراتع شهرستان خواف باعث شده این منطقه از غنای گونه‌ای خوبی برخوردار باشد و بهره‌برداران بومی آن از گذشته تاکنون از گونه‌های گیاهی مراتع آن جهت مصارف مختلف بهره‌برداری نمایند. از سوی دیگر رویکرد جهانی استفاده از گیاهان دارویی و صنعتی، نقش آنها را در چرخه اقتصاد پررنگ‌تر کرده است (۲). کاربرد محلی و دانش بومی در زمینه استفاده از گیاهان دارویی در جهان دارای ارزش و اهمیت ویژه‌ای است (۳۰). در ۹ سامان عرفی بررسی شده در مراتع شهرستان خواف ۴۷ گونه‌دارویی متعلق به ۲۱ تیره شناسایی شد. محققان در منطقه چشمه انجیر شیراز ۷۲ گونه متعلق به ۲۵ تیره (۲۶)، شهرستان دشتستان در استان بوشهر ۸۵ گونه متعلق به ۳۹ تیره (۱۰) و در منطقه کچیک استان گلستان ۴۵ گونه دارویی-خوراکی مربوط به ۲۱ تیره (۱۹)، را شناسایی کردند. در پژوهش حاضر بیشترین گونه‌های شناسایی شده متعلق به تیره نعناعیان می‌باشد که این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین (۲، ۱۷، ۱۸) مطابقت دارد.

به‌منظور تعیین نوع رابطه و میزان تاثیر هر یک از مولفه‌های اجتماعی؛ سن، تحصیلات، شغل و تعداد فرزند بر میزان آگاهی افراد از محصولات دارویی-صنعتی مراتع و علاقه‌مندی آنها به برنامه‌های آموزشی از ضریب همبستگی استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده بین شغل و تعداد فرزند با میزان آشنایی با گیاهان دارویی-صنعتی در سطح ۰/۹۵٪ به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار مثبت و منفی وجود دارد. همچنین میزان علاقه‌مندی به انتقال تجربیات به دیگران و برگزاری کارگاه آموزشی به افراد دیگر و سن بهره‌برداران در سطح ۰/۹۵٪ همبستگی مثبت معنی‌داری برقرار است (جدول ۳).

برای جمع‌کردن ۴۷ گونه‌گیاهی شناسایی شده در مناطق مورد بررسی گونه‌های پرکاربرد در بین بهره‌برداران انتخاب شدند (جدول ۴). گونه‌های مذکور بعنوان گونه‌های شاخص در هر یک از سامان‌های عرفی مورد بررسی تعیین شدند.

#### ■ بحث و نتیجه‌گیری

کشور ایران از نظر جغرافیایی دارای گستره وسیع و آداب و رسوم کهن فراوان است. وجود اقوام متعدد با آداب و رسوم متفاوت و نیز تنوع بالای گیاهان در این کشور سبب شده است که از دیرباز تاکنون شرایط بسیار مطلوبی

جدول ۳. بررسی همبستگی مولفه‌های اجتماعی و میزان آگاهی و برنامه‌های آموزشی

| شاخص‌های اجتماعی | آشنایی با محصولات | آشنایی با راه‌های درآمدزایی | جمع‌آوری | علاقه‌مندی به شرکت در کلاس‌های آموزشی | علاقه‌مندی به انتقال تجربیات به دیگران |
|------------------|-------------------|-----------------------------|----------|---------------------------------------|--|
| سن               | -۰/۱۳۵            | -۰/۰۳                       | -۰/۰۱۶   | ۰/۲۷۷                                 | ۰/۳۰۳*                                 |
| تحصیلات          | ۰/۱۲۶             | ۰/۱۱                        | ۰/۱۵۶    | -۰/۲۱۵                                | -۰/۱۴                                  |
| شغل              | ۰/۳۳۹*            | ۰/۱۵۵                       | ۰/۱۹۱    | -۰/۱۵                                 | -۰/۱۱۷                                 |
| تعداد فرزند      | -۰/۳۲۲*           | ۰/۰۰۹                       | ۰/۰۰۵    | ۰/۲۸۱                                 | ۰/۲۵۴                                  |

جدول ۴. گیاهان شاخص موجود در سامان‌های عرفی مورد مطالعه در مراتع شهرستان خواف

| ردیف | سامان عرفی | گیاهان شاخص                             |
|------|------------|---|
| ۱    | نهور       | کما                                     |
| ۲    | چاه زول    | کما، اسپند                              |
| ۳    | مژن آباد   | کما، کاکوتی، اسپند                      |
| ۴    | بنیاباد    | کما، زیره سیاه                          |
| ۵    | باغ بخشی   | کما، اسپند                              |
| ۶    | مهرآباد    | آویشن، پونه، بنه                        |
| ۷    | فایندر     | آویشن، اسطوخودوس، ریواس                 |
| ۸    | چهارده     | آویشن، پونه                             |
| ۹    | رزداب      | آویشن، اسطوخودوس، ریواس، میوه و صمغ بنه |

صدمات زیادی را به تجارت این گیاهان زده و موجب کاهش کسب درآمد از این گیاهان شده است که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۲۸).

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان از وابستگی بالای معیشت و درمان بهره‌برداران از گیاهان دارویی و صنعتی مراتع دارد. در این راستا پژوهشگران بیان می‌کنند، گیاهان دارویی از مهمترین منابع مهم بوم‌سازگان‌های مرتعی هستند که در صورت برداشت اصولی و بر اساس درک شرایط بوم‌شناختی، می‌توانند به‌عنوان محصول‌های فرعی مهم مراتع برای کاهش فشار بر این منبع مهم و اقتصادی کردن مرتع مورد توجه قرار بگیرند (۷). در مراتع خواف از بین ۴۷ گونه مورد استفاده گونه‌های؛ کما، اسپند، کاکوتی، زیره سیاه، آویشن، پونه، بنه، اسطوخودوس و ریواس بیشترین استفاده را داشت. از مهمترین مسایل موجود در رابطه با بهره‌برداری گیاهان دارویی و صنعتی مراتع در شهرستان خواف کمبود آگاهی مناسب از نحوه درآمدزایی این محصول‌ها می‌باشد. همچنین بهره‌برداران از مشکلاتی همچون عدم همکاری لازم ادارات مربوطه و عدم برگزاری دوره‌های آموزشی و آگاهی بخشیدن آنها با روش‌های نوین علمی جهت بهره‌برداری پایدار بیان می‌کنند. برای مدیریت و درآمدزایی گیاهان دارویی-صنعتی مراتع بیابانی خواف پیشنهاد می‌شود، نهادهای تصمیم‌گیرنده حمایت و همکاری لازم با جوامع محلی در راستای توسعه رویشگاه گونه‌های شاخص و فراهم کردن زیرساخت‌های اصولی برای درآمدزایی و بهره‌برداری پایدار را به‌عمل آورند.

#### ■ سپاسگزاری

پژوهش حاضر بخشی از پژوهش‌های مهندس جهانبخش تیموری مژن‌آبادی دانشجوی فقیه مقطع دکتری در رشته علوم مرتع دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است، لذا این اثر به روح عزیز از دست رفته تقدیم می‌شود.

بیشترین پراکنش گیاهان دارویی مراتع شهرستان خواف در کوه‌ها و دشت‌ها و کمترین آنها در اراضی بایر پراکنش یافته‌اند. بیشترین استفاده از اندام گیاهی در گونه‌های مورد مطالعه مربوط به برگ گیاهان می‌باشد که با نتایج بررسی‌های پیشین (۱۹) همخوانی دارد. پس از قسمت برگ، اندام‌های گل و ساقه بیشترین کاربرد را دارد. طبق گفته‌های بهره‌برداران آویشن از جمله مهمترین و پرکاربردترین گونه مراتع خواف می‌باشد. مطالعات گذشته در مراتع دیلگان استان کهگیلویه و بویراحمد (۱۲) و سردشت شهرستان لردهگان به گونه با ارزش آویشن اشاره کردند. در بین بهره‌برداران استفاده کننده از محصولات غیر علوفه (گیاهان دارویی و صنعتی) مراتع شهرستان خواف بیشترین استفاده کنندگان در طبقه سنی ۶۰-۵۰ ساله قرار دارند. محققین بیشترین استفاده کنندگان از داروهای گیاهی را افراد بالای ۵۰ سال بیان کردند که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. بیشترین افرادی که از گیاهان دارویی در مراتع خواف استفاده می‌کنند دامداران می‌باشند. طبق اظهار بهره‌برداران میزان همکاری ادارات مرتبط در ارائه برنامه‌های آموزشی به جوامع محلی کم است. این در حالی است که بهره‌برداران تمایل زیادی به شرکت در برنامه‌های آموزشی دارند. همچنین بهره‌برداران مراتع شهرستان خواف تمایل زیادی به برگزاری کلاس ترویجی و آگاهی بخشی نشان دادند. در این زمینه نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد برگزاری دوره‌های ترویجی از عوامل مهم و اثرگذار بر خوداشتغالی و درآمدزایی از گیاهان دارویی است (۲۱). نتایج پژوهش حاضر نشان داد، آگاهی بهره‌برداران از راه‌های درآمدزایی گیاهان دارویی-صنعتی ضعیف می‌باشد. نتایج بررسی‌های پیشین در شمال پاکستان نشان داد که عدم آگاهی افراد محلی از اهمیت اقتصادی و دارویی گیاهان و شیوه‌های درآمدزایی از گیاهان دارویی موجب وارد شدن خسارت به پوشش گیاهی و تولید نامناسب داروهای گیاهی شده است (۲۹). شناخت و دانش ناکافی از بازار و عدم حمایت دولت از صنعت گیاهان دارویی

#### ■ References

1. Abdi Siavashani, A., Forouzehz, M. R., Barani, H., Yegane Badrabad, H., & Mirdeilami, S.Z. (2021). Introduction of factors affecting monetization of medicinal plants from perspective of experts and utilizers (Case study: Lazur rangeland, Tehran province). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(2), 260-277. DOI: 10.22092/ijmapr.2021.342481.2760 [In Persian]

2. Abdolahi, V., Arzabi, H., Zare Chahuki, M A., Movahedi Mohamadi, H., Haderbari, Gh., & Motamedi, J. (2021). Assessment of the ability of mountain rangelands of Darmiyan in South Khorasan to exploit medicinal plants based on ecological characteristics and relying on indigenous knowledge of exploiters. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(1), 30-51. DOI: 10.22092/ijmapr.2021.343598.2820 [In Persian]
3. Aburjai, T., Hudaib, M., Tayyem, R., Yousef, M., & Qishawi, M. (2007). Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Jordan, the Ajloun Heights region. *Journal of Ethnopharmacology*, 110, 294-304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.09.031>
4. Albuquerque, U.P., Medeiros, P.M., Almeida, A.L.S., Monteiro, J.M., Neto, E.M.F.L., Melo, J.G., & Santos, J. (2007). Medicinal plants of the Caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. *Journal of Ethnopharmacology*, 114, 325-354. DOI: 10.1016/j.jep.2007.08.017
5. Amrollahi, A. & Forouzeh, M. R. (2020). Identification and Introduction of Some Medicinal Plants in Orzuiyeh Rangelands, Kerman, Iran. *Qom University of Medicinal Science Journal*, 14(10), 53-65. DOI: 10.52547/qums.14.10.53 [In Persian]
6. Ansari, A., Sadat Ghazi, A., & Varmazyar. S. 2017. Evaluation of the Reliability and Validity of a Questionnaire Gauging Students' Satisfaction with Training Chairs. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*, 4(2), 1-6. DOI: 10.21859/johe.4.2.1 [In Persian]
7. Arzani, H. & Motamedi, J., (2019). Reducing pressure on rangelands, through economizing range management. *Iran Nature*, 4(2), 7-14. DOI: 10.22092/IRN.2019.119033 In Persian]
8. Asadi, M., Maassoumi, A.A., Khatamsaz, M., & Mozaffarian, V. (Ed.), 1988-2012. *Flora of Iran*, vols. 1-76. Research Institute of Forests and Rangelands Publications, Tehran. [In Persian]
9. Dif rakhsh, M. Barani, H. & Poorrezaee, J. (2015). Ethnobotany of nonforage plants of Deli kama region (Mountainous Valley in Central Zagros). *Social Science*, 21(67), 153-205. DOI: 10.22054/qjss.2015.1237 [In Persian]
10. Dolatkahi, M. & Ghorbani Nohooji, M. (2012). The Most Used Medicinal Plant Species of Dashtestan (Bushehr Province), with Emphasize on Their Traditional Uses. *Journal of Medicinal Plants*, 12(46), 85-105. [In Persian]
11. Eshaghi milasi, F. Mahmoudi, B. & yarali, N. (2017). Economic dependencies of Forest dwellers on forest resources of Central Zagros in Lordegan City. *Iranian Journal of Forest*, 9(2), 289-300. [In Persian]
12. Forouzeh, M. Heshmati, G. A, & Barani, H. (2014). Collection and Investigation on ethnobotany of some palants in kohgiloye and Boirahmad province. *Journal of Islamic and Iranian Traditional Medicine*, 5(2), 131-139. [In Persian]
13. Hajizadeh, A., & Asghari, M. 2011. *Methods and statistical analysis looking at the biology and health*. Publications of Jahad Daneshgahi; 98 -402. [In Persian]
14. Jahantab, E. Khosravi Mashizi, A. & Sharafatmandrad, M. (2024). Assessing the Success of *Ferula assa-foetida* L. Plantation Restoration Operations in Semi-Steppe Rangelands by Linking Plant Functional Traits to Species Diversity. *Desert Management*, 12 (29), 19-36. DOI: 10.22034/JDMAL.2024.2028225.-1464 [In Persian]
15. Karimian, V. Sepehry, A. & Barani, H. (2024). Investigating the survival of medicinal-industrial plant *Ferula assa-foetida* L. in different exploitation methods, emphasizing the protection of this valuable plant.

- Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 22(1), 79-91. DOI: 10.22092/ijfrpr.2024.362951.1598 [In Persian]
16. Maghsoudlu, M. & Parsapajou, S. (2011). Ethnobotany of Pas Qale area in the north of Tehran. *Iranian Journal of Anthropological Research*, 1(2), 137-161. [In Persian]
  17. Mardaninejad, sh. & Vazirpour, M. (2013). Collection and identification of medicinal plants used by the indigenous people of Mobarakeh (Isfahan), southwestern Iran. *Journal of Herbal Drugs*, 4(1), 23-32.
  18. Mirahmadi, S. Ahmadi, A. Hoseyni, S.Z. Abdi, N. & Toranjzar, H. (2022). Study of Some Physiological and Phonological Traits of *Salvia Eremophila* Boiss. At Three Rangeland Sites in Yazd Province. *Desert Management*, 10(1), 67-76. DOI: 10.22034/JDMAL.2022.544682.1358 [In Persian]
  19. Mirdeylami, S. Z. Heshmati, Gh. R. & Barani, H. (2015). Ethnobotanical and Ethnoecological Survey on Medicinal Species (Case Study Kechik Rangelands in the Northeast Golestan Province). *Indigenous Knowledge*, 1(2), 129-154. DOI: 10.22054/qjik.2016.1567 [In Persian]
  20. Mozaffarian, V. A. (1998). *A dictionary of Iranian plant names*. Farhang moaser publication, 596 pp. [In Persian]
  21. Noor Hosseini, S.A., Fallahi, A., Allahyari, M.S., Gholinejad, S. & Majlesi, S., (2018). Identifying the Economic and Educational-Extension Activities Affecting Cultivated Area of Medicinal Plants: A Comparison of the Weighting Methods of Entropy and Fuzzy Triangular in Delphi Technique. *Agricultural Extension and Education Research*, 10(4), 1-12. [In Persian]
  22. Omidi A. Khatamsaz M, & Zolfaghari B. (2012). Ethnobotany A Process Based Upon the Scientific Rewriting of Public Traditions. *Journal of Islamic and Iranian Traditional Medicine*, 3(1), 51-60. [In Persian]
  23. Razavi, S. M., Khalesi, S., & Chamlanian, M. (2021). Investigation of the Patients' Attitudes Referring to Dental Centers toward Some Common Beliefs about Oral Health in Isfahan, Iran, During 2020. *Journal of Mashhad Dental School*, 45(3), 247-256. DOI: 10.22038/JMDS.2021.54176.1988 [In Persian]
  24. Rechinger, K.H. (Ed.) (1963-2015). *Flora Iranica*. vols. 1-181. Akademische Druck-U Verlagsanstalt, Graz.
  25. Reyazi, H. (2012). *Methods of Exploitation of Medicinal and Aromatic Plant Communities in Rangeland and Forest Habitats of Iran*. Nazeri publications the first edition, 216. [In Persian]
  26. Sadeghi, H. & Borjian, A. (2012). Medicinal plants of Cheshme Anjir region of Shiraz. *Plant science*, 25(7), 59-42. [In Persian]
  27. Sajjadi S, Batooli H, & Ghanbari A. (2011). Collection, Evaluation and Ethnobotany of Kashan Medicinal Plants. *Journal of Islamic and Iranian Traditional Medicine*, 2(1), 29-36. [In Persian]
  28. Sher, H., Elyemeni, M., Hussain, K. & Sher, H. (2011). Ethnobotanical and economic observations of some plant resources from the northern parts of Pakistan. *Ethnobotany Research & Applications*, 9, 27-41.
  29. Vedeld, P., A. Angelsen, E. Sjaastad, & B. G. Kobugabe, (2004). *Counting on the environment: Forest incomes and the rural poor*, World Bank Environmental Department, 114 pp.
  30. Zolfaghari B, Sadeghi M, Tiri I, & Yousefali Tabar M. (2012). Collection, Identification, and Evaluation of the Traditional Applications of Some Plants of Babol. *Journal of Islamic and Iranian Traditional Medicine*, 3(1), 113-124. [In Persian]

### Appendix 1

#### Information about the plants studied in Khaf rangelands

| Number | Genus and species   | Family         | Cases of use  | The organ used            | Distribution                   |
|--------|---|----------------|---|---------------------------|--------------------------------|
| 1      | <i>Ferula ovina</i> Boiss.  | Apiaceae       | Gastrointestinal antiseptic                             | Stem and leaves           | Plains of Paein Khaf           |
| 2      | <i>Ferula assa- foetida</i> L.  | Apiaceae       | Antiparasitic   | Gum                       | Khaf Mountains                 |
| 3      | <i>Cuminum cyminum</i> L.   | Apiaceae       | Anti-flatulence, stomach and liver tonic                | Fruit                     | Kybar Mountains                |
| 4      | <i>Heracleum persicum</i> Desf.ex Fischer                                 | Apiaceae       | Stomach tonic and antifatulent                          | Flowers and leaves        | Mountains of Soukhteh Fayender |
| 5      | <i>Pistacia atlantica</i> Desf subsp. ( <i>cabulica</i> (Stocks) Rech.f.) | Anacardiaceae  | Strengthening the nerves and sexual power               | Fruit and gum             | Kybar Mountains and Bala Khaf  |
| 6      | <i>Achillea millefolium</i> L.  | Asteraceae     | Prevention of bleeding and infection                    | Aerial parts and flowers  | Khaf plains and fields         |
| 7      | <i>Anthemis tinctoria</i> L.  | Asteraceae     | Antipyretic and chills and strengthens the nerves       | flowers                   | Plains of Paein Khaf           |
| 8      | <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.                                      | Asteraceae     | Treating liver and kidney diseases                      | Leaves, stems and seeds   | Khaf plains                    |
| 9      | <i>Arctium lappa</i> L.   | Asteraceae     | Treatment of the stomach and kidneys                    | Flowers, leaves and roots | Fayender Laj of Mountains      |
| 10     | <i>Gundelia tournefortii</i> L.   | Asteraceae     | Antiseptic and appetizing                               | Fruit and leaves          | Bakherz Mountains              |
| 11     | <i>Artemisia absinthium</i> L.  | Asteraceae     | Disinfectant and strengthening nerves                   | Leaves and Aerial parts   | Khaf Mountains                 |
| 12     | ( <i>Scorzonera paradoxa</i> Fisch. & C. A. Mey)                          | Asteraceae     | Blood sugar reducer                                     | Leaves and roots          | Khaf Mountains                 |
| 13     | <i>Echium amoenum</i> Fisch. ex Mey                                       | Boraginaceae   | Sedative  | Flowers and leaves        | Fayender Mountains             |
| 14     | <i>Descuraina sophia</i> (L.) Schur.                                      | Brassicaceae   | Kidney stone removal, anti-diarrhea and thirst quencher | Seed                      | Fields and gardens             |
| 15     | <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.  | Cruciferae     | Hematopoietic   | leaves                    | Fields and gardens             |
| 16     | <i>Capparis spinosa</i> L.  | Capparaceae    | Diabetes treatment                                      | Fruit                     | Khaf plains                    |
| 17     | <i>Cannabis sativa</i> L.   | Cannabaceae    | Memory enhancement                                      | Fruit and leaves          | Khaf plains and fields         |
| 18     | <i>Seidlitzia rosmarinus</i> Boiss.                                       | Chenopodiaceae | Bleach  | Leaves, stems, ashes      | Khaf plains                    |
| 19     | <i>Chenopodium botrys</i> L.  | Chenopodiaceae | Antiparasitic   | Leaves and Aerial parts   | Khargerd Mountains             |
| 20     | <i>Convolvulus arvensis</i> L.  | Convolvulaceae | Antipyretic, anti-inflammatory and anti-cough           | Flower and seed           | Khaf plains                    |
| 21     | <i>Cuscuta epithimum</i> Murr.  | Convolvulaceae | Anti-headache and joint pains                           | Flowers, leaves and stems | Khaf plains                    |

| Number | Genus and species                       | Family         | Cases of use   | The organ used               | Distribution                              |
|--------|---|----------------|--|------------------------------|---|
| 22     | <i>Citrullus colocynthis</i> L.         | Cucurbitaceae  | Reduces sugar, fat and blood pressure                    | Fruit                        | Paen Khaf Plains                          |
| 23     | <i>Solanum nigrum</i> L.                | Solanaceae     | common cold and infection                                | Fruit                        | Fields                                    |
| 24     | <i>Glycyrrhiza glabra</i> L.            | Fabaceae       | Anti-inflammatory, stomach strengthening                 | Root                         | Khaf Mountains                            |
| 25     | <i>Alhagi camelorum</i> Fisch           | Fabaceae       | Removal of kidney and bladder stones                     | Stem, leaf and gum           | Khaf plains                               |
| 26     | <i>Smirnovia iranica</i> Sabeti         | Fabaceae       | Remove heartache   | Leaves and flowers           | Khajeh Yar, Tengel and Khargerd Mountains |
| 27     | <i>Trigonella grandiflora</i> Boiss.    | Fabaceae       | Anti-infective   | Fruit                        | Khaf plains                               |
| 28     | <i>Astragalus gossypinus</i> Fisher.    | Fabaceae       | Strengthens hair and antiseptic                          | gum                          | Maedan and Khargerd Mountains             |
| 29     | <i>Mentha pulegium</i> L.               | Lamiaceae      | Appetizing   | Leaf and flowering branch    | Khaf Mountains                            |
| 30     | <i>Thymus vulgaris</i> L.               | Lamiaceae      | Antitussive and anti-inflammatory                        | Flowers, branches and leaves | Khaf Mountains                            |
| 31     | <i>Mentha arvensis</i> L.               | Lamiaceae      | Strengthening the nerves                                 | Leaf and flowering branch    | Khaf Mountains                            |
| 32     | <i>Ziziphora persica</i> Bunge.         | Lamiaceae      | Stomach tonic and lung antiseptic                        | leaves                       | Khaf plains                               |
| 33     | <i>Dracocephalum moldavica</i> L.       | Lamiaceae      | Nerves and strengthening the heart                       | Leaves, flowers and branches | Fayender and Bakherz Mountains            |
| 34     | <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.     | Lamiaceae      | Antispasmodic, antifatulent                              | Flowers and leaves           | Fayender Mountains                        |
| 35     | <i>Teucrium polium</i> L.               | Lamiaceae      | Anti-headache, anticonvulsant                            | Aerial parts                 | Khajeh Yar Mountains                      |
| 36     | <i>Hyssopus Officinalis</i> L.          | Lamiaceae      | Anti throat infection and treatment of sinusitis         | Flowers                      | Khargerd and Balakhaf Mountains           |
| 37     | <i>Hypericum perforatum</i> L.          | Lamiaceae      | Anthelmintic stomach and intestines                      | Flower and leaf              | Barabad Mountains                         |
| 38     | <i>Malva Silvestris</i> L.              | Malvaceae      | Calming, eliminating stomach movements                   | Flower                       | Fields and open land                      |
| 39     | <i>Fumaria officinalis</i> L.           | Papaveraceae   | Blood purification, appetite suppressant and antipyretic | Stem and leaves              | Fields and open land                      |
| 40     | <i>Plantago major</i> L.                | Plantaginaceae | Disinfectant   | Leaves, roots and seeds      | Fields and gardens                        |
| 41     | <i>Portulaca oleracea</i> L.            | Portulacaceae  | Bile reliever and reducing thirst                        | Leaves, stems and flowers    | Fields and gardens                        |
| 42     | <i>Rheum ribes</i> L.                   | Polygonaceae   | Cardiotonic and antidepressant                           | Stem                         | Fayender Mountains                        |
| 43     | <i>Cotoneaster numularioides</i> Pojark | Rosaceae       | Antipyretic and cooling                                  | Fruit and gum                | The mountains of Bala Khaf and Maedan     |

| Number | Genus and species             | Family         | Cases of use                                      | The organ used          | Distribution       |
|--------|-------------------------------|----------------|---|-------------------------|--------------------|
| 44     | <i>Rosa damascene</i> Mill.   | Rosaceae       | Sedative and antidepressant                       | flowers                 | Fields and gardens |
| 45     | <i>Amygdalus communis</i> L.  | Rosaceae       | Breast conditioner                                | Fruit and leaves        | Khargerd Mountains |
| 46     | <i>Peganum harmala</i> L.     | Zygophyllaceae | Disinfectant                                      | Seed                    | Khaf plains        |
| 47     | <i>Tribulus terrestris</i> L. | Zygophyllaceae | Treating diabetes and strengthening sexual powers | Fruit, leaves and seeds | Bala Khaf Plains   |

## پیوست ۱

## اطلاعات مربوط به گیاهان بررسی شده در مراتع خواف

| ردیف | اسم فارسی           | اسم محلی    | جنس و گونه  | خانواده        | موارد استفاده                         | اندام مورد استفاده | پراکنش                  |
|------|---------------------|-------------|---|----------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| ۱    | کما                 |             | <i>Ferula ovina</i> Boiss.  | Apiaceae       | ضد عفونی کننده دستگاه گوارش           | ساقه و برگ         | دشت‌های پایین-خواف      |
| ۲    | آنفوزه              |             | <i>Ferula assa-foetida</i> L.   | Apiaceae       | ضد انگل                               | صمغ                | کوه‌های خواف            |
| ۳    | زیره سیاه           | کراویه      | <i>Cuminum cyminum</i> L.   | Apiaceae       | ضد نفخ، تقویت کننده معده و کبد        | میوه               | کوه‌های کبیر            |
| ۴    | گلپر                |             | <i>Heracleum persicum</i> Desf. ex Fischer                                | Apiaceae       | مقوی معده و ضدنفخ                     | گل و برگ           | کوه‌های سوخته فایندر    |
| ۵    | بنه (کسور)          | کسیدو       | <i>Pistacia atlantica</i> Desf subsp. ( <i>cabulica</i> (Stocks) Rech.f.) | Anacardiaceae  | تقویت اعصاب و قوای جنسی               | میوه و صمغ         | کوه‌های کبیر و بالاخواف |
| ۶    | بومادران تاج الملوک | هزار برگ    | <i>Achillea millefolium</i> L.  | Asteraceae     | جلوگیری از خونریزی و عفونت            | سرشاخه و گل        | دشت‌های خواف و مزارع    |
| ۷    | بابونه              | خال دماغک   | <i>Anthemis tinctoria</i> L.  | Asteraceae     | ضد تب و لرز و تقویت اعصاب             | گل                 | دشت‌های پایین-خواف      |
| ۸    | خار مریم            | خارکله کافر | <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.                                      | Asteraceae     | درمان بیماری‌های کبد و کلیه           | برگ، ساقه و بذر    | دشت‌های خواف            |
| ۹    | بابا آدم            | فیل گوش     | <i>Arctium lappa</i> L.   | Asteraceae     | درمان معده و کلیه                     | گل، برگ و ریشه     | کوه‌های فایندر لاج      |
| ۱۰   | کنگر                |             | <i>Gundelia tournefortii</i> L.   | Asteraceae     | ضد عفونی کننده و اشتها آور            | میوه و برگ         | کوه‌های باخرز           |
| ۱۱   | افستین              | ترخ مستار   | <i>Artemisia absinthium</i> L.  | Asteraceae     | ضد عفونی کننده و تقویت اعصاب          | برگ و سرشاخه       | کوه‌های خواف            |
| ۱۲   | گالوک               | نون پیغمبری | <i>Scorzonera paradoxa</i> Fisch. & C. A. Mey                             | Asteraceae     | کاهنده قند خون                        | برگ و ریشه         | کوه‌های خواف            |
| ۱۳   | گاوزبان ایرانی      |             | <i>Echium amoenum</i> Fisch. ex Mey                                       | Boraginaceae   | آرام بخش                              | گل و برگ           | دشت‌های فایندر          |
| ۱۴   | خاکشیر              |             | <i>Descurainia sophia</i> (L.) Schur.                                     | Brassicaceae   | دفع سنگ کلیه، ضد اسهال و رفع عطش دانه |                    | مزارع و باغات           |
| ۱۵   | ازمک                | بلقست       | <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.  | Cruciferae     | خون ساز                               | برگ                | مزارع و باغات           |
| ۱۶   | کور، علف مار کول    | خيار دشتی،  | <i>Capparis spinosa</i> L.  | Capparaceae    | درمان دیابت                           | میوه               | دشت‌های خواف            |
| ۱۷   | شاهدانه             |             | <i>Cannabis sativa</i> L.   | Cannabaceae    | تقویت حافظه                           | میوه و برگ         | دشت‌ها و مزارع          |
| ۱۸   | اشنان               | اشلو        | <i>Seidlitzia rosmarinus</i> Boiss.                                       | Chenopodiaceae | سفید کننده                            | برگ و ساقه         | دشت‌های خواف            |
| ۱۹   | درمنه ترکی          | ترخ         | <i>Chenopodium botrys</i> L.  | Chenopodiaceae | ضد انگل                               | برگ و سرشاخه       | کوه‌های خرگرد           |
| ۲۰   | پیچک                | نیژگ        | <i>Convolvulus arvensis</i> L.  | Convolvulaceae | تب بر، ضد التهاب و ضد سرفه            | گل و دانه          | دشت‌های خواف            |

| ردیف | اسم فارسی            | اسم محلی | جنس و گونه                           | خانواده        | موارد استفاده                  | اندام مورد استفاده | پراکنش                          |
|------|----------------------|----------|--------------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| ۲۱   | افتیمون              |          | <i>Cuscuta epithimum</i> Murr.       | Convolvulaceae | ضد سردرد و دردهای مفصلی        | گل، برگ و ساقه     | دشت‌های خواف                    |
| ۲۲   | هندوانه<br>ابوجهل    |          | <i>Citrullus colocynthis</i> L.      | Cucurbitaceae  | کلهنده قند، چربی و فشار خون    | میوه               | دشت‌های پایین-خواف              |
| ۲۳   | تاج ریزی             | لور سنگی | <i>Solanum nigrum</i> L.             | Solanaceae     | سرماخوردگی و عفونت             | میوه               | بصورت خودرو در مزارع            |
| ۲۴   | شیرین بیان           | مخ مهک   | <i>Glycyrrhiza glabra</i> L.         | Fabaceae       | ضد التهاب و تقویت معده         | ریشه               | کوه‌های خواف                    |
| ۲۵   | خار شتر              | خار شتری | <i>Alhagi camelorum</i> Fisch        | Fabaceae       | رفع سنگ کلیه و مثانه           | ساقه، برگ و شیرابه | دشت‌های خواف                    |
| ۲۶   | دم گاوی              |          | <i>Smirnovia iranica</i> Sabeti      | Fabaceae       | رفع دل درد                     | برگ و گل           | کوه‌های خواجه یار، تنگل و خرگرد |
| ۲۷   | ناخنک اکلیل<br>الملک | شاخ گووک | <i>Trigonella grandiflora</i> Boiss. | Fabaceae       | ضد عفونت                       | میوه               | دشت‌های خواف                    |
| ۲۸   | گون کتیرایی          |          | <i>Astragalus gossypinus</i> Fisher. | Fabaceae       | تقویت مو و ضد عفونی کننده      | صمغ                | کوه‌های معدن و خرگرد            |
| ۲۹   | پونه                 |          | <i>Mentha pulegium</i> L.            | Lamiaceae      | اشتها آور                      | برگ و سرشاخه گلدار | کوه‌های خواف                    |
| ۳۰   | آویشن                | اوشه     | <i>Thymus vulgaris</i> L.            | Lamiaceae      | ضد سرفه و التهاب ریه           | گل و سرشاخه و برگ  | کوه‌های خواف                    |
| ۳۱   | نعناع                |          | <i>Mentha arvensis</i> L.            | Lamiaceae      | تقویت اعصاب                    | برگ و سرشاخه گلدار | کوه‌های خواف                    |
| ۳۲   | کاکوتی               |          | <i>Ziziphora persica</i> Bunge.      | Lamiaceae      | مقوی معده و ضد عفونی کننده ریه | برگ                | دشت‌های خواف                    |
| ۳۳   | بادرشبو              |          | <i>Dracocephalum moldavica</i> L.    | Lamiaceae      | اعصاب و تقویت قلب              | برگ، گل و سرشاخه   | کوه‌های فایندر و باخرز          |
| ۳۴   | اسطوخودوس            |          | <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.  | Lamiaceae      | ضد اسپاسم و ضد نفخ             | گل و برگ           | کوه‌های فایندر                  |
| ۳۵   | مریم نخودی<br>کلپوره |          | <i>Teucrium polium</i> L.            | Lamiaceae      | ضد سردرد و ضد تشنج             | سرشاخه‌ها          | کوه‌های خواجه یار               |
| ۳۶   | گل زوفا              |          | <i>Hyssopus officinalis</i> L.       | Lamiaceae      | ضد عفونت گلو و درمان سینوزیت   | گل                 | کوه‌های خرگرد و بالاخواف        |
| ۳۷   | گل راعی              | چای کوهی | <i>Hypericum perforatum</i> L.       | Lamiaceae      | ضد کرم معده و روده             | گل و برگ           | کوه‌های برآباد                  |
| ۳۸   | ختمی خبازی           |          | <i>Malva Silvestris</i> L.           | Malvaceae      | آرام‌بخش و رفع تحرکات معده     | گل                 | اراضی بایر خواف                 |
| ۳۹   | شاه تره              |          | <i>Fumaria officinalis</i> L.        | Papaveraceae   | تصفیه خون، اشتها آور و تب بر   | ساقه و برگ         | اراضی بایر و مزارع              |
| ۴۰   | بارهنک               |          | <i>Plantago major</i> L.             | Plantaginaceae | ضد عفونی کننده                 | برگ، ریشه و دانه   | مزارع و باغات                   |
| ۴۱   | خرفه                 |          | <i>Portulaca oleracea</i> L.         | Portulacaceae  | مسکن صفرا و کاهش عطش           | برگ، ساقه و گل     | مزارع و باغات                   |

| ردیف | اسم فارسی | اسم محلی | جنس و گونه                              | خانواده        | موارد استفاده                 | اندام مورد استفاده | پراکنش                  |
|------|-----------|----------|---|----------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------|
| ۴۲   | ریواس     | ریوشک    | <i>Rheum ribes</i> L.                   | Polygonaceae   | مقوی قلب و اعصاب ضدافسردگی    | ساقه               | کوه‌های فایندر          |
| ۴۳   | شیرخشت    |          | <i>Cotoneaster numularioides</i> Pojark | Rosaceae       | تب بر و خنک کننده             | میوه و صمغ         | کوه‌های بالاخواف و معدن |
| ۴۴   | گل سرخ    |          | <i>Rosa damascene</i> Mill.             | Rosaceae       | قابض، آرام بخش و ضدافسردگی    | گل                 | مزارع و باغات           |
| ۴۵   | بادام مشک |          | <i>Amygdalus communis</i> L.            | Rosaceae       | نرم کننده سینه                | میوه و برگ         | کوه‌های خرگرد           |
| ۴۶   | اسپند     | سپنچ     | <i>Peganum harmala</i> L.               | Zygophyllaceae | گندزدا و ضد عفونی کننده هوا   | دانه               | دشت‌های خواف            |
| ۴۷   | خارخسک    |          | <i>Tribulus terrestris</i> L.           | Zygophyllaceae | درمان دیابت و تقویت قوای جنسی | میوه، برگ و دانه   | دشت‌های بالاخواف        |

## **Evaluation of Desertification Control Projects Based on Sustainable Development Goals (Case Study: Gonabad County, Khorasan Razavi Province, Iran)**

R. Khashtabeh<sup>1</sup>, HR. Asgari<sup>2\*</sup>, Ch. Komaki<sup>3</sup>, H. Yeganeh<sup>4</sup>, M. Akbari<sup>5</sup>

1. Ph.D. student of Desert Management and Control, Department of Arid and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Pasture and Watershed Management, Department of Arid Zones and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Assistant Professor, Faculty of Pasture and Watershed Management, Department of Arid Zones and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Associate Professor, Faculty of Pasture and Watershed Management, Department of Pasture and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
5. Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Department of Desert and Arid Zones Management, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

\* Corresponding Author: hamidreza.asgari@gau.ac.ir

Received date: 09/01/2025

Accepted date: 14/02/2025

 [10.22034/JDMAL.2025.2050338.1495](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2025.2050338.1495)

### **Abstract**

Desertification is a complex process of land degradation that results in significant natural and environmental damage, ultimately leading to ecosystem destruction. In the present context, effectively managing, controlling, reducing, and reversing desertification—alongside conducting a quantitative evaluation of its impacts—is essential. This study aimed to assess the effectiveness of desertification mitigation projects in achieving the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) in Eastern Iran, focusing specifically on Gonabad County in Khorasan Razavi Province. Key indicators were evaluated across three dimensions: social (participation rate, migration, and education), economic (income, investment, and employment), and environmental (vegetation cover and dust storms). Data collection was conducted using a 51-item questionnaire and in-depth interviews. Environmental indicators were analyzed using satellite imagery. The study's sample included 107 participants, comprising local residents, facilitators, stakeholders, managers, and executive experts. Statistical analyses, including T-tests and Friedman tests, were employed to analyze the data. The results revealed that the desertification project had a moderate impact on the selected indicators in the study area. In the social dimension, participation and migration indicators demonstrated significant improvements, with mean scores of 3.36 and 3.38, respectively ( $p < 0.05$ ). In the economic dimension, the income indicator showed an increase, with a mean score of 3.38; however, the investment index did not exhibit significant change. Additionally, job creation scored lower than anticipated, with an average of 2.84. In the environmental dimension, satellite image analysis revealed an increase in the average vegetation cover index from 0.0837 in 2013 to 0.1261 in 2023, alongside a 4% reduction in the frequency of dust storms (from 47.18% to 43.01%). Public participation, with an average rank of 6.60, emerged as the most influential factor contributing to the success of the desertification project. To enhance the effectiveness of future desertification mitigation efforts, it is recommended to strengthen local participation, increase investment, and place greater emphasis on socio-economic dimensions.

**Keywords:** Environmental indices; Land degradation; Monitoring; Management strategies

### **How to cite this article?**

Khashtabeh, R., Asgari, H., Komaki, C. B., Yeganeh, H. and Akbari, M. (2025). Evaluation of Desertification Projects Based on Sustainable Development Goals (Case Study: Gonabad County in Khorasan Razavi Province, Iran). *Desert Management*, 12(4), 63-86. DOI: [10.22034/JDMAL.2025.2050338.1495](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2025.2050338.1495)



## Extended Abstract

### Introduction

Desertification is a significant global challenge that presents serious socio-economic, cultural, and environmental issues (4, 5, 42). To mitigate these impacts, targeted desertification management projects are often implemented. Given the inherent complexity of natural ecosystems—particularly in arid and semi-arid regions—the effectiveness of these projects should be assessed based on their outcomes and the factors influencing them (18). Project evaluation is essential for determining the future direction of desertification management efforts (20). While scientific reports primarily attribute desertification to natural factors (4), human activities such as population growth, vegetation degradation, and unsustainable consumption patterns are key drivers of its expansion. Consequently, effective management programs aimed at controlling and reducing the impacts of desertification require sustained initiatives that align with the principles of sustainable development (4, 38). Evaluating these projects can offer practical insights for better planning and facilitate the monitoring of socio-economic indicators over time. Additionally, project evaluations can provide potential solutions for improving local livelihoods and fostering green entrepreneurship. Therefore, this research aims to evaluate the effectiveness of desertification projects by building on previous studies and utilizing a comprehensive set of indicators—social development, economic development, and environmental indicators—that have not been extensively applied in earlier research. The study emphasizes aligning these evaluations with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) while identifying various factors contributing to desertification. This research aims to provide actionable recommendations for enhancing the success of future desertification control efforts and promoting sustainable land management practices.

### Material and Methods

The statistical population of this study comprised 107 users from Gonabad County, located in eastern Iran. Indicators were selected based on the Sustainable Development Goals (SDGs). To prioritize these indicators and compare the mean scores across groups, the Friedman non-parametric test—comparable to analysis of variance (ANOVA)—was employed. The skewness coefficient method was used to assess the normality of the data distribution. A one-sample t-test was conducted to evaluate the project's impact on the selected indicators (24, 33), comparing the sample mean ( $\bar{x}$ ) to the population mean ( $\mu$ ) under the assumption of normal distribution. Kendall's coefficient of concordance was applied to assess the consistency of indicator rankings (16, 17). For environmental indicators, two indices—the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and dust cover—were derived from Landsat 5, Landsat 8, and MODIS imagery.

### Results

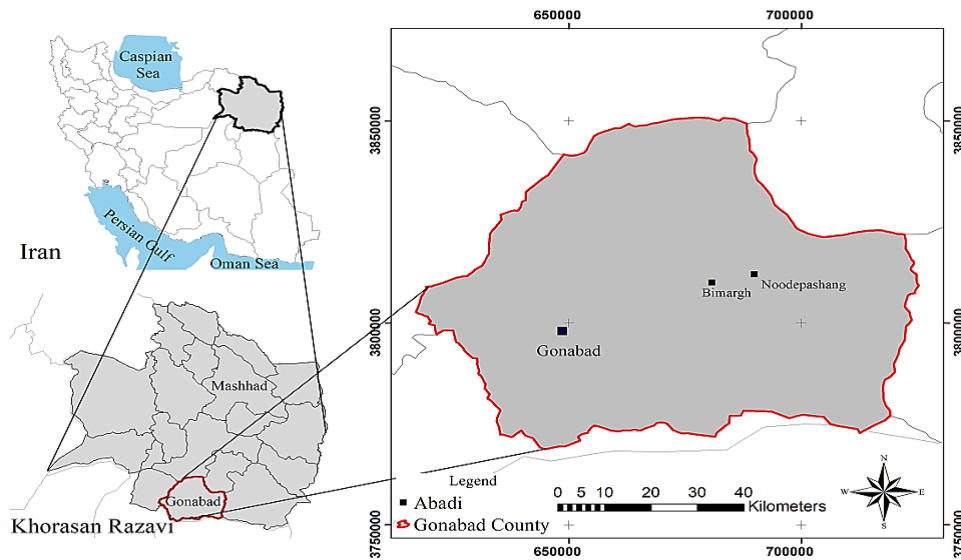
The findings revealed that, overall, the desertification control project implemented in the study area did not produce positive outcomes. Although most respondents recognized the necessity of such initiatives, they also reported that these projects had adverse effects on their socio-economic conditions and livelihoods. The participation index, which received the highest score, indicated that the project fostered greater public involvement in the region and contributed to reducing migration rates. Notably, enhancing the use of ecosystem services through scientifically grounded approaches can help mitigate ecosystem disadvantages and further decrease migration. As presented in Table 8, significant differences were observed among the study components, with the significance level from the Friedman test exceeding 0.05, indicating disparities among these components. Furthermore, based on the results of the Friedman test and the prioritization of components, "participation" emerged as the most critical factor in the study, with other factors ranked accordingly. Satellite imagery analysis from 2003 to 2013 revealed an increase in vegetation cover. Additionally, the analysis of dust trends showed a 4% reduction in dust levels over the same period, suggesting an improvement in the environmental index.

### Discussion and Conclusion

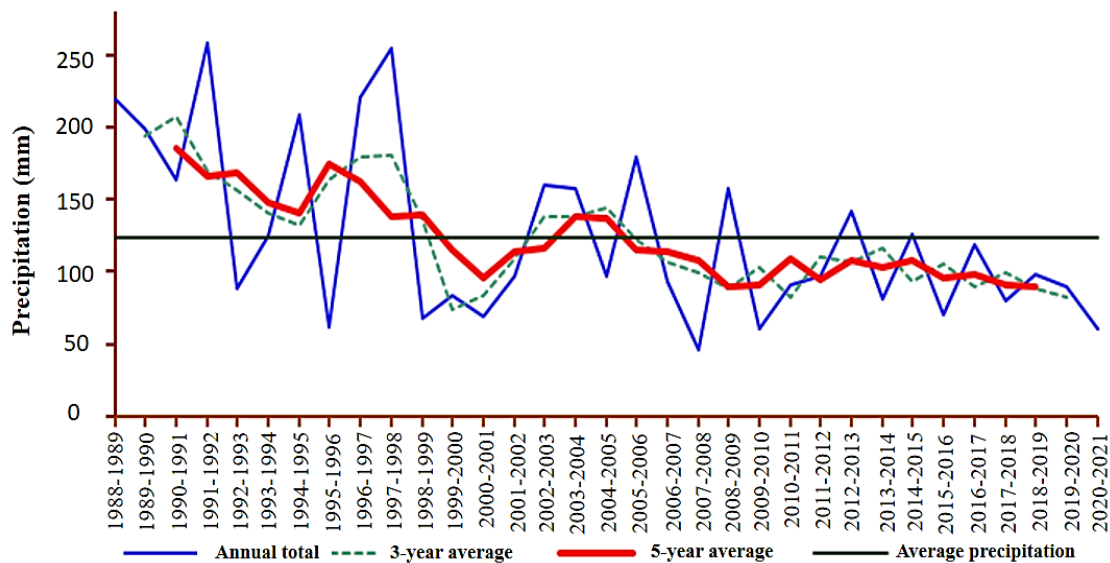
This study assesses the Sustainable Development Goals (SDGs) as an effective framework for the sustainable management of natural resources and the improvement of local community livelihoods. Despite notable progress, significant challenges persist in achieving comprehensive sustainability, particularly concerning environmental, economic, and social dimensions. Attaining positive project outcomes requires meticulous planning, appropriate resource allocation, and active participation from local communities. Strengthening inter-sectoral investments, providing targeted training, building local capacities, and continuously monitoring project outcomes can enhance the likelihood of success and facilitate the achievement of the SDGs. Several

factors contribute to the effectiveness of desertification control projects, with socio-economic considerations and stakeholder participation playing particularly critical roles. Conversely, management programs that neglect socio-economic factors are unlikely to achieve their intended outcomes and may exacerbate negative effects. Identifying key indicators is essential for effectively allocating resources and funding. This study aimed to identify the principal factors influencing desertification to develop effective strategies for desert management and combat desertification in the region. By evaluating desertification initiatives—particularly the long-standing Gonabad Desertification Project—this research seeks to offer solutions for improving local livelihoods and addressing the region’s pressing challenges. The findings offer valuable insights into the potential effectiveness of management programs in areas where such initiatives could be implemented. Results indicated that the desertification project in the study area did not lead to a reduction in unemployment, nor did it foster improvements in employment rates or investment. However, the project had a positive impact on community participation, reduced migration to urban areas, and increased income from rural employment, particularly in agriculture and animal husbandry, contributing to positive socio-economic changes in the region.

**Keywords:** Environmental indices; Land degradation; Monitoring; Management strategies



**Fig 1. Geographical location of the study area**



**Fig 2. Three-year and five-year moving averages, along with annual precipitation changes at the Gonabad station from 1988 to 2021.**

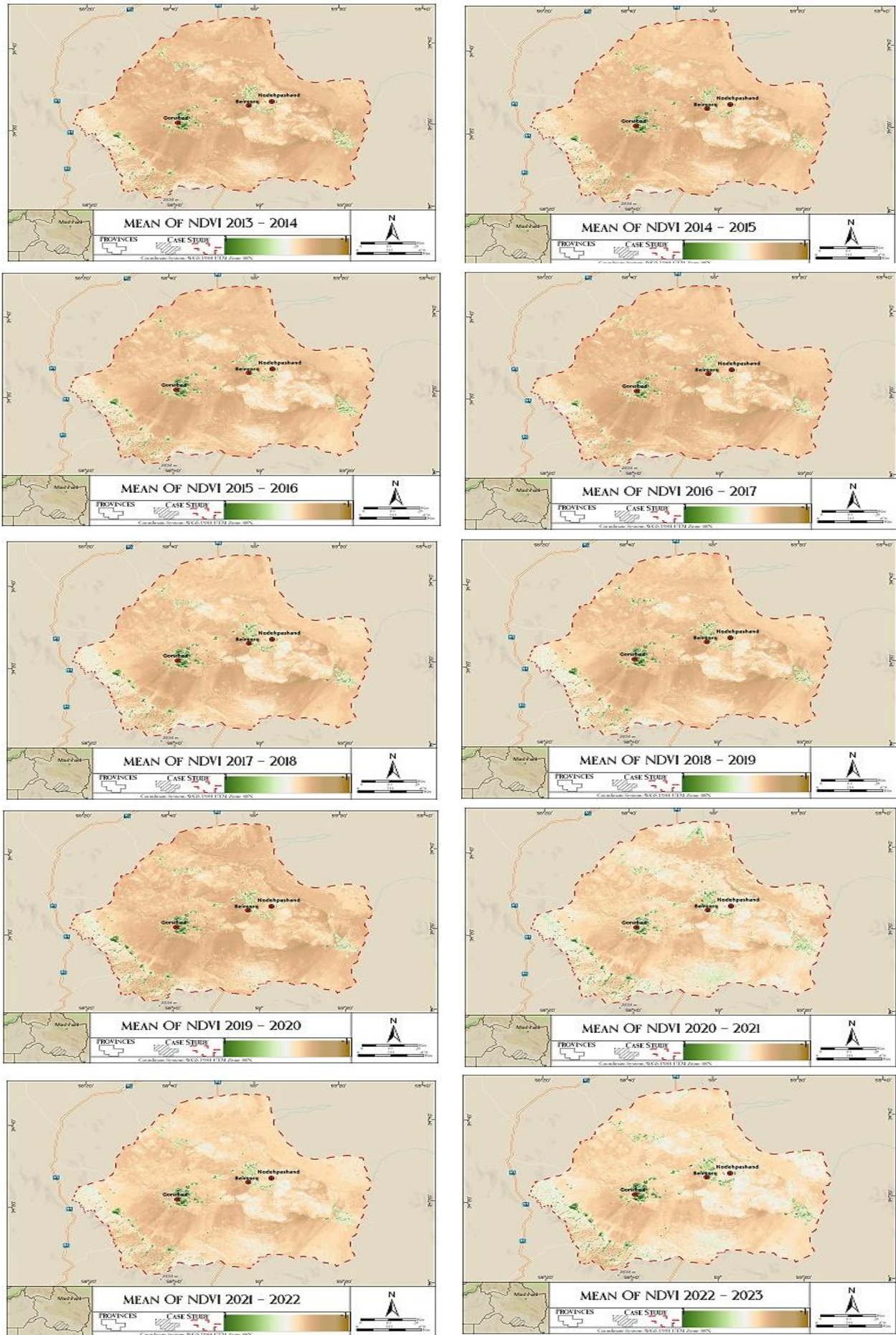


Fig 3. Mean NDVI values from 2013 to 2023.

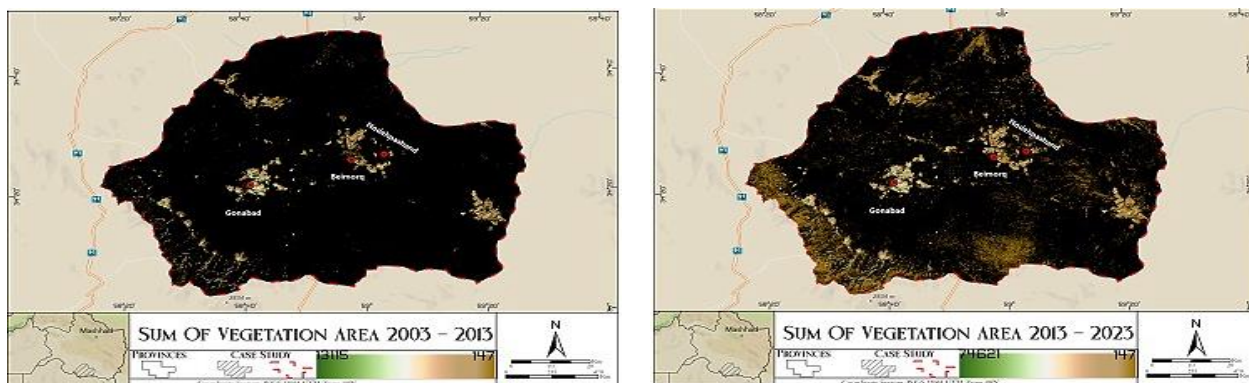


Fig 4. Sum of vegetation area from 2013-2023

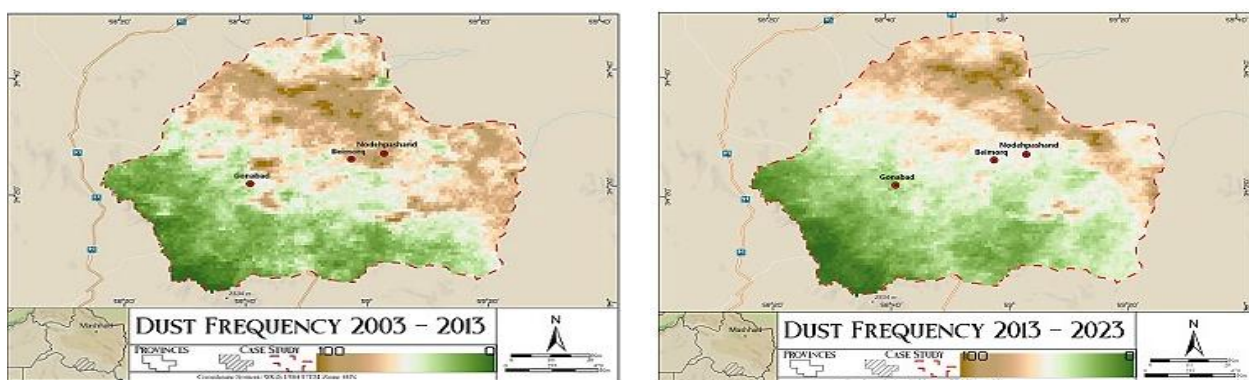


Fig 5. Dust storm frequency from 2013 to 2023

Table 1. Selected indicators for project evaluation in the research study

| Criteria      | Index         | Sustainable Development Goals (SDGs) |
|---------------|---------------|--------------------------------------|
| Social        | Participation | Goal 17                              |
|               | Education     | Goal 4                               |
|               | Migration     | Goal 11 and 16                       |
| Economical    | Investment    | Goal 8 and 9                         |
|               | Income        | Goal 8                               |
|               | Employment    | Goal 8                               |
| Environmental | Vegetation    | Goal 15                              |
|               | Dust          | Goal 13                              |

Table2. Approved and implemented desertification projects in Gonabad County, 2019–2022

| Type of operation                     | Area and amount        | 2019-2020 | 2020-2021 | 2021-2022 |
|---------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Afforestation                         | Area (Hectare)         | 225       | 100       | 100       |
|                                       | Amount (Million Rials) | 8325      | 3700      | 6700      |
| Run-off management                    | Area (Hectare)         | 450       | 300       | 530       |
|                                       | Amount (Million Rials) | 3150      | 3090      | 8047      |
| Construction of non-living windbreaks | Area (Hectare)         | 5         | 50        | 0         |
|                                       | Amount (Million Rials) | 850       | 10000     | 0         |
| Management of hand-made forests       | Area (Hectare)         | 380       | 200       | 350       |
|                                       | Amount (Million Rials) | 2280      | 2750      | 4375      |
| Annual irrigation                     | Area (Hectare)         | 0         | 225       | 325       |
|                                       | Amount (Million Rials) | 0         | 5925      | 6500      |
| Protection                            | Area (Hectare)         | 1375      | 400       | 1300      |
|                                       | Amount (Million Rials) | 275       | 144       | 650       |
| Sediment trap                         | Area (Hectare)         | 15        | 44        | 0         |
|                                       | Amount (Million Rials) | 600       | 5000      | 0         |
| Grazing management                    | Area (Hectare)         | 230       | 0         | 0         |
|                                       | Amount (Million Rials) | 5175      | 0         | 0         |

**Table 3. Descriptive indicators of the research variables and their components**

| Parameter     | Mean | CV   | Skewness | kurtosis | Minimum | Maximum |
|---------------|------|------|----------|----------|---------|---------|
| Employment    | 2.84 | 0.31 | 0.00     | -0.56    | 2.13    | 3.38    |
| Investment    | 2.91 | 0.35 | -0.13    | -1.38    | 2.25    | 3.38    |
| Income        | 3.38 | 0.32 | 0.48     | -1.13    | 3.00    | 4.00    |
| Education     | 2.71 | 0.27 | 0.66     | 0.53     | 2.17    | 3.50    |
| Migration     | 3.38 | 0.21 | 0.26     | -1.12    | 3.00    | 3.71    |
| Participation | 3.63 | 0.30 | -0.42    | -1.00    | 3.00    | 4.00    |

**Table 4. Statistical parameters illustrate the overall impacts of the desertification control project**

| Parameter     | Mean | CV   | Parameter t | DF  | P-Value | Outcome           |
|---------------|------|------|-------------|-----|---------|-------------------|
| Employment    | 2.84 | 0.31 | 11.8        | 106 | 0.00    | More than average |
| Investment    | 2.91 | 0.35 | 12.29       | 106 | 0.00    | More than average |
| Income        | 3.38 | 0.32 | 28.63       | 106 | 0.00    | More than average |
| Education     | 2.71 | 0.27 | 8.00        | 106 | 0.00    | More than average |
| Migration     | 3.38 | 0.21 | 43.69       | 106 | 0.00    | More than average |
| Participation | 3.63 | 0.30 | 39.35       | 106 | 0.00    | More than average |

**Table 5. Kendall's coefficient of concordance**

| Number | Kendall's coefficient | Chi-square | DF  | p-value |
|--------|-----------------------|------------|-----|---------|
| 107    | 0.272                 | 201.663    | 106 | 0.000   |

**Table 6. Results of the comparison of mean components with the value 2.5 using the t-test**

| Parameter     | Mean | Mean difference and 2.5 | Minimum | Maximum | Outcome           |
|---------------|------|-------------------------|---------|---------|-------------------|
| Employment    | 2.84 | 0.34                    | 0.28    | 0.40    | More than average |
| Investment    | 2.91 | 0.41                    | 0.34    | 0.48    | More than average |
| Income        | 3.38 | 0.88                    | 0.82    | 0.94    | More than average |
| Education     | 2.71 | 0.83                    | 0.84    | 0.91    | More than average |
| Migration     | 3.38 | 1.13                    | 1.07    | 1.18    | More than average |
| Participation | 3.63 | 0.34                    | 0.28    | 0.40    | More than average |

**Table 7. Friedman test results for prioritizing the parameters**

| Number | Chi-square | DF | p-value |
|--------|------------|----|---------|
| 107    | 512.778    | 6  | 0.000   |

**Table 8. Results of Friedman's preference analysis in the research using the Friedman test**

| Parameter     | Number | Mean   | CV      | Minimum | Maximum | Mean rank | Priority |
|---------------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|----------|
| Employment    | 107    | 2.8353 | 0.31314 | 2.13    | 3.38    | 3.10      | 5        |
| Investment    | 107    | 2.9100 | 0.34503 | 2.25    | 3.38    | 3.62      | 4        |
| Income        | 107    | 3.3832 | 0.31905 | 3.00    | 4.00    | 5.33      | 3        |
| Education     | 107    | 2.7056 | 0.26755 | 2.17    | 3.50    | 2.82      | 6        |
| Migration     | 107    | 2.3712 | 0.20474 | 3.00    | 3.71    | 5.54      | 2        |
| Participation | 107    | 2.6248 | 0.29206 | 3.00    | 4.00    | 6.60      | 1        |

**Table 9. The mean value of vegetation covers from 2013 to 2023**

| Value of vegetation index (NDVI) | Year | Value of vegetation index (NDVI) | Year |
|----------------------------------|------|----------------------------------|------|
| 0.0837                           | 2013 | 0.0909                           | 2019 |
| 0.0757                           | 2014 | 0.1016                           | 2020 |
| 0.0799                           | 2015 | 0.1082                           | 2021 |
| 0.0706                           | 2016 | 0.1109                           | 2022 |
| 0.0784                           | 2017 | 0.1261                           | 2023 |
| 0.0746                           | 2018 |                                  |      |



## ارزشیابی پروژه‌های بیابان‌زدایی مبتنی بر اهداف توسعه پایدار (بررسی موردی: شهرستان گناباد در استان خراسان رضوی، ایران)

رخساره خشتابه<sup>۱</sup>، حمیدرضا عسگری<sup>۲\*</sup>، چوقی بایرام کمکی<sup>۳</sup>، حسن یگانه<sup>۴</sup>، مرتضی اکبری<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
  ۲. دانشیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
  ۳. استادیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
  ۴. دانشیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
  ۵. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- \* نویسنده مسئول: [hamidreza.asgari@gau.ac.ir](mailto:hamidreza.asgari@gau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۶

doi [10.22034/JDMAL.2025.2050338.1495](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2025.2050338.1495)

### چکیده

بیابان‌زدایی، فرآیند پیچیده تخریب سرزمین همراه با خسارت‌های طبیعی و زیستی است که موجب نابودی بوم‌سازگان‌ها می‌شود. به‌طوریکه امروزه، کنترل، کاهش و معکوس کردن بیابان‌زدایی و ارزشیابی کمی تغییرات ناشی از آن، بسیار ضروری است. لذا، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی پروژه‌های بیابان‌زدایی، با تأکید بر تحقق اهداف توسعه پایدار سازمان ملل SDG در شرق ایران و در شهرستان گناباد خراسان رضوی انجام شد. شاخص‌های مهمی مانند: میزان مشارکت، مهاجرت، آموزش در بُعد اجتماعی، درآمد، سرمایه‌گذاری و اشتغال در بُعد اقتصادی، از طریق پرسشنامه با ۵۱ گویه و مصاحبه عمیق جمع‌آوری و تحلیل شدند. در بُعد محیطی نیز شاخص پوشش گیاهی و گرد و غبار، از طریق تصاویر ماهواره‌ای ارزیابی شد. جامعه آماری پژوهش شامل ۱۰۷ نفر از افراد بومی، تسهیلگران، دینفعان، مدیران و کارشناسان اجرایی بود و تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها با آزمون‌های آماری T و فریدمن انجام شد. نتایج نشان داد در منطقه مورد بررسی، پروژه بیابان‌زدایی تأثیری متوسط بر شاخص‌های منتخب دارد. به‌طوریکه، در بخش اجتماعی، میانگین شاخص‌های مشارکت و مهاجرت به ترتیب ۳/۶۳ و ۳/۳۸ از میانگین فراتر رفته و بهبود معنی‌داری داشته‌اند ( $P\text{-value} < 0/05$ ). در بخش اقتصادی نیز شاخص درآمد با میانگین ۳/۳۸ افزایش داشته، اما میانگین شاخص سرمایه‌گذاری تغییر معنی‌داری نداشته است. علاوه بر آن نتایج نشان داد که اشتغال‌زدایی با میانگین ۲/۸۴ در حدی کمتر از انتظار بوده است. در بُعد محیطی، بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که میانگین شاخص پوشش گیاهی از ۰/۰۸۳۷ در سال ۱۳۹۲ به ۰/۱۲۶۱ در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته و تناوب گرد و غبار ۴٪ کاهش داشته است. بنابراین، مشارکت عمومی با میانگین رتبه ۶/۶۰، مهمترین عامل موفقیت پروژه بیابان‌زدایی است. لذا، برای بیشتر شدن اثربخشی پروژه‌های بیابان‌زدایی، تقویت مشارکت محلی، سرمایه‌گذاری و توجه بیشتر به ابعاد اجتماعی - اقتصادی پیشنهاد می‌شود.

**واژگان کلیدی:** شاخص‌های محیطی؛ تخریب سرزمین؛ پایش؛ راهبردهای مدیریتی

### استناد به این مقاله

خشتابه، رخساره، عسگری، حمیدرضا، کمکی، چوقی بایرام، یگانه، حسن و اکبری، مرتضی. (۱۴۰۳). ارزشیابی پروژه‌های بیابان‌زدایی مبتنی بر اهداف توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهرستان گناباد در استان خراسان رضوی، ایران). *مدیریت بیابان*، ۱۲(۴)، ۶۳-۸۶.

DOI: [10.22034/JDMAL.2025.2050338.1495](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2025.2050338.1495)



## ■ مقدمه

بر اساس تعریف کنوانسیون بیابان‌زدایی سازمان ملل<sup>۱</sup>، تخریب سرزمین در نواحی خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب، تحت تأثیر عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی، را بیابان‌زایی گویند (۴۲). بیابان‌زایی یکی از چالش‌های جدی و خسارت‌بار در همهٔ اقلیم‌ها است که مشکلات اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی دارد (۴، ۵). برنامه محیط‌زیستی سازمان ملل<sup>۲</sup>، برآورد کرده است که بیابان‌زایی سالانه میلیاردها دلار خسارت ایجاد می‌کند (۴۱). به‌همین دلیل دولت‌ها، نهادهای محیط‌زیستی و همچنین ساکنان محلی ترجیح می‌دهند از گسترش بیابان‌زایی جلوگیری کنند (۲۶، ۳۲). با توجه به پیچیدگی ذاتی زیست‌بوم‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک، تأثیرگذاری پروژه‌ها باید برپایهٔ دستاوردهای و عامل‌های موثر بر آن ارزیابی شود (۱۸). بنابراین ارزیابی پروژه‌های بیابان‌زدایی و تخریب سرزمین، آینده فعالیت‌های کنترل بیابان را تعیین می‌کند (۲۰).

اگرچه بسیاری به نقش مهم عوامل انسانی در تشدید بیابان‌زایی توجه دارند (۵)، اما عواملی مانند؛ افزایش جمعیت، مصرف‌گرایی و گرمایش جهانی هوا و تغییر اقلیم به عنوان نیروهای محرکه، نقش کلیدی در شدت و گسترش بیابان‌زایی دارند. همچنین در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده، بارها به این موضوع که بیابان‌زایی به عنوان فرآیند تدریجی کاهش کیفیت اراضی و ناتوانی آن در تأمین نیازهای انسانی، به یکی از بزرگترین چالش‌های زیست‌محیطی در جهان تبدیل شده است؛ اشاره گردیده است (۱، ۳۱). با این وجود، کنترل و مهار اثرات بیابان‌زایی و اجرای برنامه‌های مدیریتی نیازمند پروژه‌های پیوسته و در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار است (۴، ۳۸). در این میان ارزشیابی پروژه‌ها به ویژه براساس متغیرهای اجتماعی و اقتصادی، مناطق آسیب‌دیده برای کنترل گسترش بیابان‌زایی و جلوگیری از اثرات مضر آن حیاتی هستند (۲). رویکردهای بوم‌سازگانی مزایای زیادی را از جمله؛ حفاظت گونه‌ها، اشتغال، درآمد، ارزش‌های فرهنگی و آگاهی در نظر می‌گیرد (۱۰). به‌طوریکه، مدیریت جامع و یکپارچه منابع طبیعی براساس رویکردهای بوم‌سازگانی، تأمین پایدار کالاها

و خدمات بوم‌سازگان را تضمین خواهد کرد (۱۳). از سوی دیگر اکثر پروژه‌های بیابان‌زدایی بر منافع اجتماعی-اقتصادی ذینفعان محلی نیز تأثیر می‌گذارند. با اعمال اقدامات مدیریتی مناسب برای کنترل بیابان‌زایی و جلوگیری از گسترش آن، رفتار و نگرش افراد نسبت به محیط‌زیست تغییر خواهد کرد و در پایان موجب بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی مانند آب و خاک خواهد شد (۳۵). آموزش حفاظت از منابع طبیعی می‌تواند توسعه را افزایش بدهد و بازخورد اجتماعی مثبتی ایجاد کند (۲۱، ۴۰). علاوه بر این، توسعهٔ اقتصادی، سرمایه‌گذاری و بودجه دولت نیز برای چنین پروژه‌هایی می‌تواند به شدت بر سطح معیشت مردم، بهبود پیشرفت اجتماعی و کاهش بیکاری تأثیر بگذارد (۲۶). در نتیجه در راستای توسعه اجتماعی و رویکردهای مشارکتی که مشارکت ساکنان را جلب می‌کند، می‌توانند به راحتی در جهت اهداف خود که همان توسعه پایدار است، پیش بروند (۲۷، ۳۴).

حال این سوال مطرح است که آیا مدیریت و کنترل بیابان‌زایی توانسته است بر مسائل اجتماعی و اقتصادی تأثیر مثبت بگذارد؟. به عبارت دیگر، آیا پروژه‌های بیابان‌زدایی علی‌رغم تقاضای پول، انرژی و افراد اجرا کننده طرح، از نظر اجتماعی-اقتصادی نیز مفید هستند؟. از آنجا که هدف پژوهش حاضر ارزشیابی پروژه بیابان‌زدایی با تأکید بر تحقق اهداف توسعه پایدار سازمان ملل (SDGs<sup>۳</sup>) است، بهره‌گیری از آرمان‌های توسعهٔ پایدار، نقشهٔ راه دستیابی به آینده‌ای بهتر و پایدارتر برای کنترل چالش‌های جهانی همچون گسترش بیابان‌زایی و تخریب سرزمین است که با آنها رو به رو هستیم. اهداف توسعه پایدار به عنوان الگویی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ در هفتادمین اجلاس مجمع عمومی سازمان ملل متحد، به عنوان دستاورد مهم و نسبتاً جدید این سازمان از یک سو مبتنی بر تجربهٔ اهتمام بر تحقق اهداف توسعهٔ هزاره توسط دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی و از سوی دیگر، درصدد مواجهه با چالش‌ها و معضلات جدید است. حال در پژوهش حاضر به موضوع ارزشیابی پروژه بیابان‌زدایی در ناحیه‌ی جنوبی استان خراسان رضوی، در شهرستان گناباد که یک شهرستان با اقلیم خشک و بیابانی است، پرداخته شد.

<sup>2</sup> United Nations Environment Programme (UNEP)

<sup>3</sup> Sustainable Development Goals (SDGs)

<sup>1</sup> United Nations Convention to Combat Desertification, UNCCD

سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران، جمعیت کل شهرستان برابر با ۸۸۷۵۳ نفر است؛ که از این تعداد، ۴۴۶۴۷ نفر مرد و ۴۴۱۰۶ نفر زن است (۳۹).

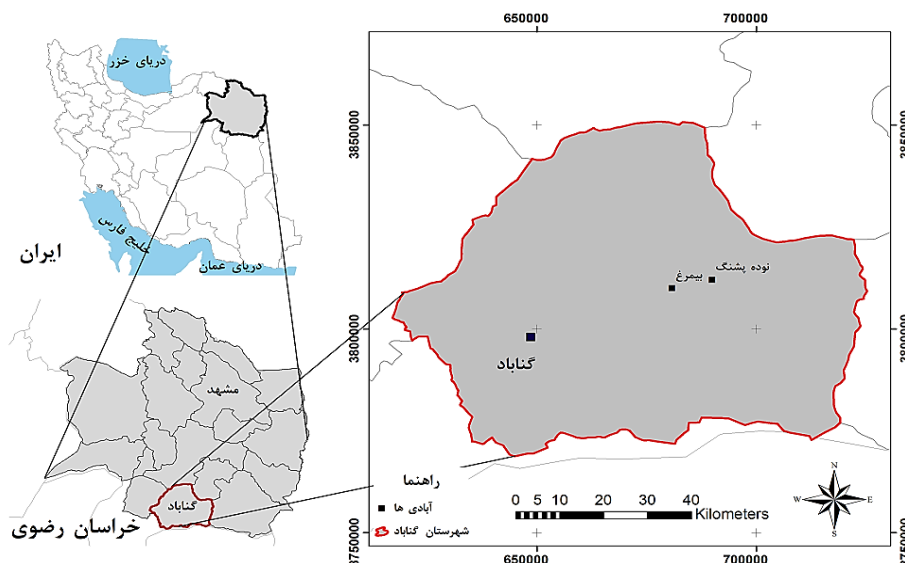
شهرستان گناباد به دلیل قرار گرفتن در حاشیه پلایا به شدت زیر تأثیر توفان‌های گرد و غبار و حرکت ماسه‌های روان است (۱۲). خشکسالی‌های مکرر و تغییرات اقلیمی در سالیان اخیر از یک طرف باعث تغییر نوع بارش‌ها از برف و باران‌های مداوم و با شدت کم در طول زمستان به باران‌های رگباری و شدید و تگرگ که اغلب در فصل بهار شده و از طرفی موجب کاهش توان بووم‌شناختی مراتع، کاهش منابع آب شرب دام‌ها و افت آب‌های زیرزمینی، چشمه‌ها، قنوات چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، ایجاد گرد و غبار، بروز سیلاب‌های مخرب و دیگر خسارت‌های ناشی از تغییر اقلیم در منطقه شده است. از طرفی چرای بی‌رویه دام، بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی، موجب تشدید فرسایش بادی شده است (۳۹). بیابان‌زدایی از گذشته‌های دور، چالش‌های مهمی برای منطقه ایجاد کرده است. در سال ۱۳۴۵، تشبیت ماسه‌های روان و بیابان‌زدایی، در منطقه قوژد شهرستان گناباد آغاز شد و پیامد آن احیای بیش از ۶۰۰۰ ha از مناطق بیابانی و کانون‌های بحرانی در شهرستان بوده است. شایان ذکر است که شهرستان گناباد، یکی از مناطق اصلی فرسایش بادی در خراسان رضوی، حدود ۱۰٪ از کانون‌های فعال استان را در خود جای داده است (۳۹). مدیریت این کانون‌ها به ارزشیابی و پایش مداوم نیاز دارد.

پژوهشی با محوریت ارزشیابی و کمی‌سازی شاخص‌های بیابان‌زدایی از جمله شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و محیطی با تأکید بر تحقق اهداف توسعه پایدار سازمان ملل و مرتبط ساختن شاخص‌ها با اهداف هفده‌گانه آن، که از نوآوری‌های پژوهش حاضر به شمار می‌رود. لذا، در پژوهش حاضر سعی می‌شود پروژه‌های بیابان‌زدایی با استفاده از شاخص‌هایی همچون شاخص‌های اجتماعی- اقتصادی و همچنین شاخص‌های محیطی که در بررسی‌های پیشین کمتر مورد توجه بوده است و با تأکید بر تحقق اهداف توسعه پایدار سازمان ملل (SDG) و شناخت عوامل مختلف بیابان‌زایی، ارزشیابی کرد.

## ■ مواد و روش

### معرفی منطقه مورد بررسی

شهرستان گناباد در جنوب استان خراسان رضوی قرار دارد. این شهرستان در  $57^{\circ}46'$  تا  $59^{\circ}27'$  شرقی و  $34^{\circ}03'$  تا  $34^{\circ}54'$  شمالی واقع شده است (شکل ۱). دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل تا سرد است. بارندگی میانگین سالانه منطقه  $156/7\text{mm}$  و متوسط درجه حرارت  $16/89^{\circ}\text{C}$  و میانگین بیشینه و کمینه حرارت سالیانه به ترتیب  $23/2^{\circ}\text{C}$  و  $9/4^{\circ}\text{C}$  برآورد شده است (۱۲). مساحت این شهرستان تا قبل از جدا شدن بجستان،  $9584\text{km}^2$  بوده است. اما در حال حاضر مساحت آن در حدود  $5768\text{km}^2$  و دارای دو بخش مرکزی و کاخک است. ارتفاع متوسط از سطح دریا،  $1100\text{m}$  می‌باشد. بر اساس آمار



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه پژوهش در استان خراسان رضوی

## پروژه‌های بیابان‌زدایی در شهرستان گناباد

از مجموع مساحت  $2270/98 \text{ km}^2$  مناطق تحت‌تأثیر فرسایش بادی در شهرستان گناباد، مساحت  $1273/13 \text{ km}^2$  کانون بحرانی فرسایش بادی در قالب دو کانون به نام‌های بیدخت-نعمت آباد به مساحت  $251/57 \text{ km}^2$  و گناباد-بجستان-رشتخوار به مساحت  $1021/56 \text{ km}^2$  قرار دارد (۳۹). باتوجه به خشکسالی‌های اخیر، کانون‌های بحران فرسایش بادی، منبع اصلی وقوع توفان‌های گردوغبار است. این خسارت شامل تهدید جاده‌ها، مناطق مسکونی شهری و روستایی، مزارع و باغات، تهدید سلامت مردم و البته مهاجرت مردم به سایر مناطق می‌باشد. مساحت کانون‌های فرسایش بادی شهرستان گناباد  $10\%$  استان و  $2\%$  کشور است (۳۹). اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان گناباد برای کنترل بیابان‌زایی پروژه‌های نهالکاری، بذرپاشی، آبیاری سنواتی، جمع‌آوری بذر، نم‌زدایی، بهره‌برداری از هرزآب، بیابان‌زدایی مشارکتی، احداث بادشکن، طرح بررسی فرسایش بادی و کانون‌های بحرانی، طرح مطالعات مدیریت جنگل‌های دست کاشت تاغ را انجام داده است. با اجرای آنها مساحتی بالغ بر  $600 \text{ km}^2$  احیاء شده است (۳۹). جزئیات پروژه‌های اجرایی و مصوب شهرستان گناباد را در بخش بیابان در سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در جدول

۱ نشان داده شده است (۳۹).

## روش پژوهش

جمع‌آوری اطلاعات یکی از اصلی‌ترین بخش‌های تشکیل دهنده هر پژوهش است. در پژوهش حاضر از عناصر چارچوب "نظریه زمینه‌ای" مانند مصاحبه عمیق و مشاهدات میدانی برای درک تجربیات فردی، مشارکت افراد در مداخلات و موانع پیش‌روی پروژه استفاده شد. این رویکردهای کیفی اغلب با داده‌های حاصل از بررسی نگرش‌ها، باورها، اقتصاد و جامعه برای درک بهتر مشکلات این پروژه‌ها ترکیب شدند (۱۸، ۱۹). از بُعد محیطی یعنی شاخص پوشش گیاهی و گرد و غبار نیز از تصاویر ثبت شده توسط ماهواره‌های لندست ۵ و ۸<sup>۱</sup> و مادیس ۲<sup>۲</sup> استفاده شد (۳۷).

شاخص‌های پوشش گیاهی برای ارزیابی کمی و کیفی پوشش گیاهی، حساسیت زیادی به سبزینگی گیاهان دارند و کاربردهایی برای بررسی تراکم پوشش گیاهی تغییرات کاربری اراضی دارند. بنابراین، به وسیله باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک محاسبه شد و دامنه تغییرات آن بین  $+1$  و  $-1$  است و مقادیر کمتر از  $0/1$  نشان دهنده زمین‌های خشک و مقدار بیشتر از  $0/3$  نشان دهنده پوشش گیاهی خوب است (۲۶).

جدول ۱. پروژه‌های اجرایی و مصوب شهرستان گناباد در بخش بیابان در سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

| سال ۱۴۰۰ | سال ۱۳۹۹ | سال ۱۳۹۸ | مساحت و مبلغ       | نوع عملیات               |
|----------|----------|----------|--------------------|--------------------------|
| ۱۰۰      | ۱۰۰      | ۲۲۵      | مساحت (ha)         | نهالکاری                 |
| ۶۷۰۰     | ۳۷۰۰     | ۸۳۲۵     | مبلغ (میلیون ریال) |                          |
| ۵۳۰      | ۳۰۰      | ۴۵۰      | مساحت (ha)         | مدیریت رواناب            |
| ۸۰۴۷     | ۳۰۹۰     | ۳۱۵۰     | مبلغ (میلیون ریال) |                          |
| ۰        | ۵۰       | ۵        | مساحت (ha)         | احداث بادشکن غیر زنده    |
| ۰        | ۱۰۰۰۰    | ۸۵۰      | مبلغ (میلیون ریال) |                          |
| ۳۵۰      | ۲۰۰      | ۳۸۰      | مساحت (ha)         | مدیریت جنگل‌های دست‌کاشت |
| ۴۳۷۵     | ۲۷۵۰     | ۲۲۸۰     | مبلغ (میلیون ریال) |                          |
| ۳۲۵      | ۲۲۵      | ۰        | مساحت (ha)         | آبیاری سنواتی            |
| ۶۵۰۰     | ۵۹۲۵     | ۰        | مبلغ (میلیون ریال) |                          |
| ۱۳۰۰     | ۴۰۰      | ۱۳۷۵     | مساحت (ha)         | قرق                      |
| ۶۵۰      | ۱۴۴      | ۲۷۵      | مبلغ (میلیون ریال) |                          |
| ۰        | ۴۴       | ۱۵       | مساحت (ha)         | تله رسوبگیر              |
| ۰        | ۵۰۰۰     | ۶۰۰      | مبلغ (میلیون ریال) |                          |
| ۰        | ۰        | ۲۳۰      | مساحت (ha)         | مدیریت چرا               |
| ۰        | ۰        | ۵۱۷۵     | مبلغ (میلیون ریال) |                          |

<sup>2</sup> (MCD19A2,006, Terra and aqua MAIAC land aerosol optical depth)

<sup>1</sup> (Level 2, collection 2, Tier 1/ 2003-2023)

سعی شد از سؤالات بی‌ربط و مبهم خودداری شود. پاسخ سؤال‌ها در این روش به ۵ قسمت گروه بندی شد (۱۴، ۳۰). در پژوهش حاضر، تجزیه و تحلیل داده‌ها، در محیط نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۷ انجام شد. در گردآوری داده‌های و شاخص‌های محیطی، میانگین شاخص پوشش گیاهی از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۴۰۲ و مجموع مساحت‌های پوشش گیاهی؛ و تناوب گردوغبار در دو بازه زمانی ۱۰ ساله ۱۳۹۲-۱۳۸۲ و ۱۴۰۲-۱۳۹۲ برآورد شدند. برای رده‌بندی کلیدی‌ترین عامل تأثیرگذار بر بیابانزایی، از روش دلفی استفاده شد (۳). پرسشنامه‌ها نیز بر همین اساس در اختیار جامعه آماری قرار گرفت. دلفی روشی چند مرحله‌ای برای استخراج بازخورد از یک گروه خبره در یک موضوع و رسیدن به اجماع گروهی از طریق دور پرسشنامه است. برای بررسی پایایی پرسشنامه از ضریب همسانی درونی کرونباخ استفاده شد. مقدار ضریب در این پژوهش ۰/۷۲۳ بود. برای آزمون روایی پرسشنامه از آزمون محتوایی استفاده شد (۵، ۷).

#### انتخاب شاخص‌های مهم و کلیدی در پژوهش

رویکرد سند اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ در پرداختن به ابعاد مختلف اقتصادی، محیط زیستی، اجتماعی و سیاسی برای تحقق توسعه پایدار و بهبود بقای بشریت با چالش‌های پیش‌رو، اهداف هفده گانه‌ای را تعریف کرده است. برخی از شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر نیز از میان این اهداف انتخاب شد. شاخص‌های منتخب با اهداف ۱۷ گانه سازمان ملل (۱۱) هماهنگ هستند (جدول ۲) (۱۸، ۱۹، ۲۳، ۲۹).

میانگین پوشش گیاهی در یک منطقه، به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در بوم‌شناسی و مدیریت منابع طبیعی است. بررسی میانگین پوشش گیاهی می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزشیابی سلامت بوم‌سازگان‌ها مورد استفاده قرار بگیرد و به برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی و حفظ تنوع زیستی کمک کند (۱۳). برآورد شاخص پوشش گیاهی<sup>۱</sup> از رابطه ۱ انجام شد (۲۸).

$$NDVI = \frac{(NIR - IR)}{(NIR + IR)} \quad (1)$$

$NIR$  = نور منعکس شده در طیف مادون قرمز نزدیک  
 $IR$  = نور منعکس شده در طیف مادون قرمز  
 آزمون کای دو برای همه گروه‌ها انجام شد. آزمون کای دو، یکی از آزمون‌های آماری مهم برای بررسی ارتباط منظم مابین متغیرها است. مربع کای بزرگ‌تر نشان‌دهنده رابطه بیشتر بین متغیرها است. معادله محاسباتی آزمون کای دو در رابطه ۲، نشان داده شده است (۵، ۱۸).

$$T1 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_k^2 - 3n(k+1) \quad (2)$$

$n$  تعداد مؤلفه‌ها،  $k$  توزیع‌های عددی که رتبه‌بندی می‌شوند،  $R$  مجموع رتبه‌بندی گروه  $k$  می‌باشد (۵، ۱۸).

#### جمعیت آماری و روش دلفی

جامعه آماری این پژوهش شامل ۱۰۷ نفر از ساکنان روستاهای نوده‌پسنگ با جمعیت ۴۰۸ نفر و بیمرغ با ۳۱۴ نفر است که زیر تأثیر پروژه‌های بیابان‌زدایی قرار دارند. همچنین از نظرات کارشناسان، مدیران اجرایی و بهره‌برداران نیز بهره‌گیری شد. برای سنجش اجتماعی-اقتصادی، از طیف لیکرت در تدوین پرسشنامه استفاده شد (۳۰). در تدوین پرسش‌ها

جدول ۲. شاخص‌های مهم در ارزشیابی پروژه بیابان‌زدایی

| معیارها | شاخص‌ها      | اهداف توسعه پایدار SDG |
|---------|--------------|------------------------|
| اجتماعی | مشارکت       | هدف ۱۷                 |
|         | آموزش        | هدف ۴                  |
|         | مهاجرت       | هدف ۱۱ و ۱۶            |
| اقتصادی | سرمایه‌گذاری | هدف ۸ و ۹              |
|         | درآمد        | هدف ۸                  |
| محیطی   | اشتغال‌زایی  | هدف ۸                  |
|         | پوشش گیاهی   | هدف ۱۵                 |
|         | گرد و غبار   | هدف ۱۳                 |

\*لازم به توضیح است که شاخص توسعه انسانی (هدف ۳) و شاخص فقر انسانی (هدف ۱ و ۳) می‌باشد.

<sup>1</sup> Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

**اشتغال‌زایی (هدف ۸)**

بررسی ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و پایدار از طریق فعالیت‌های مرتبط با مقابله با بیابان‌زدایی، مانند کشت گیاهان مقاوم به خشکی یا پروژه‌های احیای سرزمین.

**مؤلفه‌های محیطی**

این مؤلفه‌ها اثرات پروژه‌ها بر محیط‌زیست را بررسی می‌کند:

**پوشش گیاهی (هدف ۱۵)**

ارزشیابی تغییرات در میزان و کیفیت پوشش گیاهی منطقه. افزایش پوشش گیاهی نقش مؤثری در تثبیت خاک، جلوگیری از فرسایش و کاهش گرد و غبار دارد.

**گرد و غبار (هدف ۱۳)**

بررسی کاهش گرد و غبار در منطقه به دلیل اقدامات احیای زمین و تثبیت خاک. این شاخص نشان‌دهنده تأثیرات مثبت پروژه‌ها بر کیفیت هوای منطقه است.

**آنالیزهای آماری داده‌ها**

برای اولویت‌بندی شاخص‌های مورد بررسی و مقایسه میانگین نمرات آنها از آزمون ناپارامتریک فریدمن معادل تحلیل واریانس درون‌گروهی، استفاده شد (۸، ۹). برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از روش ضریب چولگی استفاده شد. ارزیابی تأثیر پروژه بر شاخص‌های منتخب توسط آزمون T تک نمونه‌ای انجام شد (۲۴، ۳۳). از ضریب همبستگی کندال نیز برای بررسی میزان توافق بین رتبه‌بندی شاخص‌های پژوهش استفاده شد (۱۶، ۱۷).

**■ نتایج و بحث**

در بخش توصیفی، برآوردها و نتایج توصیفی یافته‌های پرسشنامه در قالب جداول و نمودارها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی ارائه شده است. در بخش تحلیلی فرضیه‌ها و همبستگی با استفاده از آزمون T، تحلیل واریانس و تفاوت میانگین‌ها آزمون شد. در بخش ارائه نتایج برای شاخص‌های محیطی نیز، تحلیل تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است. شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش در جدول ۳ نشان داده شده است:

برای توضیح مؤلفه‌ها و شاخص‌های جدول ۲، می‌توان جزئیات زیر را ارائه داد. این توضیحات به‌طور مستقیم به مؤلفه‌های ذکر شده در جدول ۲ مقاله مرتبط است (۱۱، ۱۸، ۳۹):

**مؤلفه‌های اجتماعی**

این مؤلفه‌ها به بررسی تأثیر پروژه‌های مقابله با بیابان‌زدایی بر جنبه‌های اجتماعی منطقه می‌پردازد:

**مشارکت (هدف ۱۷)**

میزان دخالت و همکاری مردم محلی در مراحل مختلف پروژه شامل طراحی، اجرا و نظارت. مشارکت جوامع محلی برای موفقیت پروژه‌ها حیاتی است و نقش کلیدی در پایداری آنها دارد.

**آموزش (هدف ۴)**

ارائه آموزش‌ها و ارتقای آگاهی عمومی در خصوص بیابان‌زدایی، روش‌های مقابله و اهمیت منابع طبیعی. آموزش مستمر موجب ازدیاد دانش و توانمندسازی افراد می‌شود.

**مهاجرت (اهداف ۱۱ و ۱۶)**

بررسی تأثیر پروژه‌ها در کاهش مهاجرت از مناطق روستایی به شهرها. این شاخص نشان‌دهنده تلاش‌ها برای بهبود شرایط زندگی و معیشت در مناطق بیابانی است.

**مؤلفه‌های اقتصادی**

این مؤلفه‌ها به تأثیرات اقتصادی پروژه‌ها روی جامعه محلی می‌پردازد:

**سرمایه‌گذاری (اهداف ۸ و ۹)**

میزان سرمایه‌گذاری در پروژه‌های مقابله با بیابان‌زدایی، شامل بودجه‌های دولتی، خصوصی یا بین‌المللی. این شاخص نشان‌دهنده تعهد و حمایت مالی برای مدیریت پایدار منابع طبیعی است.

**درآمد (هدف ۸)**

ارزیابی افزایش یا کاهش درآمد محلی به دلیل اجرای پروژه‌ها، به‌ویژه در بخش‌هایی مانند کشاورزی و دامداری.

پاسخگویان تأثیرگذاری پروژه را به صورت متوسط مؤثر ارزیابی کردند. در پروژه بیابان‌زدایی شهرستان گناباد، مجموعه‌ای از اقدامات هدفمند اجرا شده‌است که تأثیر مثبتی بر شاخص‌های اشتغال‌زایی، سرمایه‌گذاری و معیشت مردم منطقه داشته‌است. این اقدامات شامل موارد زیر است:

- اجرای طرح‌های احیای اراضی: از جمله کشت گونه‌های مقاوم به خشکی و مدیریت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی که موجب تثبیت خاک و بهبود شرایط برای فعالیت‌های کشاورزی و دامداری شده‌است.

- ایجاد اشتغال مستقیم و غیرمستقیم: عملیات اجرایی نظیر نهال‌کاری، ساخت بادشکن‌ها و چاله‌های هلالی، ضمن نیاز به نیروی کار محلی، فرصت‌های اشتغال موقتی و دائمی ایجاد کرده‌است.

- بهبود زیرساخت‌های طبیعی: اقداماتی مانند بهره‌برداری از هرزآب و نمک‌زدایی، زمین‌های کشاورزی را تقویت کرده‌است. شرایط برای سرمایه‌گذاری‌های کشاورزی را بهتر کرده‌است.

- مشارکت مردم محلی: استفاده از دانش بومی و مشارکت مردم در تصمیم‌گیری و اجرای پروژه‌ها، حس مسئولیت‌پذیری و مالکیت اجتماعی را افزایش داده که تأثیر مثبتی بر پایداری نتایج پروژه داشته‌است.

- توسعه منابع طبیعی: مانند مدیریت جنگل‌های دست‌کاشت و گسترش پوشش گیاهی که شرایط معیشتی را بهبود داده و فرصت‌هایی برای کسب و کارهای جدید نظیر گردشگری زیست محیطی فراهم کرده‌است.

- کاهش تأثیر بیابان‌زدایی: کاهش گرد و غبار و تثبیت خاک، محیطی پایدارتر برای زندگی و فعالیت‌های اقتصادی فراهم کرده که به افزایش بهره‌وری و کاهش مهاجرت کمک کرده‌است.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر، عدم وجود نتایج مثبت کلی برای پروژه بیابان‌زدایی اجرا شده را نشان داد. بیشتر پاسخ دهندگان به پرسشنامه، اجرای چنین پروژه‌هایی را یک ضرورت می‌دانند، اما از طرفی بر این باورند که به دلیل اجرای ضعیف یا عدم بازدهی مزایای مورد انتظار، این پروژه‌ها تأثیر منفی یا خنثی بر شرایط زندگی اجتماعی و معیشت و ابعاد مختلف شرایط اقتصادی دارند (۳۶). حدود نیمی از پاسخ دهندگان تمایل به مشارکت و همکاری در این پروژه‌ها داشتند. با این حال اغلب پاسخگویان در مورد همکاری با اداره منابع طبیعی و آبخیزداری در اجرای پروژه‌ها و تأثیر آنها بر وضعیت اجتماعی مردم محلی مانند؛ پروژه بیابان‌زدایی، نظر مثبت داشتند، اما از نظر تأثیر آن پروژه‌ها در بهبود شرایط اقتصادی، اظهار نظر منفی کردند. این بدان معنی است که درست است که در برنامه‌ریزی‌ها و اجرا از مشارکت جوامع محلی و دانش بومی آنها بهره گرفته شده‌است؛ اما پس از اجرا، نتایج آن تأثیر معنی‌داری بر درآمد، سرمایه‌گذاری و اشتغال‌زایی نداشته‌است.

### تأثیرگذاری پروژه بیابان‌زدایی بر روی معیشت جوامع محلی

تأثیر پروژه بیابان‌زدایی در شهرستان گناباد، بر زندگی جوامع محلی در جدول ۴ ارائه شده‌است. شاخص مشارکت، با بیشترین امتیاز، نشان می‌دهد که پروژه بیابان‌زدایی سطح مشارکت عمومی در منطقه را افزایش داده‌است و همچنین میزان مهاجرتی که به طور معمول از روستا به شهر وجود دارد را کاهش داده‌است. ضریب هماهنگی کندال در جدول ۵، نشان داد که افراد از معیارهای یکسانی برای قضاوت در مورد اهمیت هر دسته استفاده کردند و با یکدیگر در این زمینه موافق هستند. علاوه بر آن، ضریب کندال نشان داد که

جدول ۳. شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش و مؤلفه‌های آن‌ها

| مؤلفه        | میانگین | انحراف معیار | کجی   | کشیدگی | کمترین | بیشترین |
|--------------|---------|--------------|-------|--------|--------|---------|
| اشتغال‌زایی  | ۲/۸۴    | ۰/۳۱         | ۰/۰۰  | -۰/۵۶  | ۲/۱۳   | ۳/۳۸    |
| سرمایه‌گذاری | ۲/۹۱    | ۰/۳۵         | -۰/۱۳ | -۱/۳۸  | ۲/۲۵   | ۳/۳۸    |
| درآمد        | ۳/۳۸    | ۰/۳۲         | ۰/۴۸  | -۱/۱۳  | ۳/۰۰   | ۴/۰۰    |
| آموزش        | ۲/۷۱    | ۰/۲۷         | ۰/۶۶  | ۰/۵۳   | ۲/۱۷   | ۳/۵۰    |
| مهاجرت       | ۳/۳۸    | ۰/۲۱         | ۰/۲۶  | -۱/۱۲  | ۳/۰۰   | ۳/۷۱    |
| مشارکت       | ۳/۶۳    | ۰/۳۰         | -۰/۴۲ | -۱/۰۰  | ۳/۰۰   | ۴/۰۰    |

نقشی نداشته، اما به‌طور غیر مستقیم با بهبود معیشت، تثبیت جمعیت و کاهش مهاجرت، به ایجاد شرایطی پایدارتر برای اجرای این خدمات کمک کرده است. به عبارت دیگر، تأثیر مثبت پروژه در حفظ جمعیت محلی و تقویت انگیزه ماندگاری در منطقه، زمینه‌ساز بهره‌وری بهتر از این خدمات بوده است. از دیدگاه مدیریتی اتخاذ استراتژی‌های مبتنی بر ملاحظات زیستی می‌تواند امرار معاش و جذب سرمایه‌گذاری در زمینه مدیریت پایدار زمین را تضمین کند. برنامه‌هایی مانند مدیریت جامع تولیدات کشاورزی در سطوح زراعی مختلف، ایجاد علاقه به کشاورزی پایدار در جوامع روستایی، انتقال دانش و فن‌آوری و افزایش امنیت شغلی برای رسیدن به راه‌حل‌های پایدار برای چالش‌های محیط‌زیستی ضروری است (۴، ۷). نتایج مقایسه میانگین مؤلفه‌های پژوهش در جدول ۶، به شرح زیر است.

یافته‌ها نشان داد که طبق جدول ۷، تفاوت معنی‌داری در اهمیت مؤلفه‌های مورد بررسی وجود دارد، سطح معنی‌داری آزمون فریدمن کمتر از ۰/۰۵ است. بنابراین مؤلفه‌ها، اهمیت یکسانی ندارند. در ادامه در جدول ۸، اولویت متغیرها مشخص شده است؛ طبق نتایج حاصل از آزمون فریدمن، می‌توان نتیجه گرفت که شاخص مشارکت، مهم‌ترین مؤلفه در پژوهش بوده و سه شاخص اشتغال‌زایی، آموزش و سرمایه‌گذاری کمترین اهمیت را داشته است. دیگر عوامل نیز با توجه به میانگین رتبه‌های خود، در جایگاه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

این اقدام‌ها با بهبود شاخص‌های محیطی و اجتماعی، زمینه‌ساز جذب سرمایه‌گذاری و بهبود وضعیت اشتغال در منطقه شده و اثرهای مثبت قابل توجهی بر شرایط زندگی مردم گذاشته است. این نتایج بیانگر آنست که پاسخگویان بر این باورند که پروژه تا حدودی مؤثر بوده است.

همچنین نتایج آزمون T تک نمونه‌ای نشان داد که پروژه بیابان‌زدایی توانسته است به طور معنی‌داری شاخص‌های مشارکت جمعی، کاهش مهاجرت از روستا به شهر، درآمد و معیشت را بهبود بخشد. در رابطه با شاخص کاهش مهاجرت، تا حد زیادی به اقدامات مشخص پروژه مانند ایجاد اشتغال محلی، بهبود زیرساخت‌ها و ارتقای معیشت وابسته بوده است. با این حال، باید توجه داشت که در منطقه مورد مطالعه، ممکن است دیگر حمایت‌های دولتی، مانند توسعه خدمات رفاهی، آموزش و بهداشت، نیز در کاهش مهاجرت نقش داشته باشند. زیرساخت‌های روستایی سرمایه اجتماعی و عمومی روستاها است. بهبود زیرساخت‌های روستایی باعث بهبود معیشت و کیفیت زندگی در این مناطق خواهد شد. برای مثال توسعه خدمات بهداشت و آموزش به‌طور مثبت به کیفیت منابع انسانی کمک می‌کند و افراد را در سطوح فردی و اجتماعی توانمند می‌کند. چنین فعالیت‌هایی تحت سرمایه فیزیکی قرار می‌گیرند. با این حال، لازم به توضیح است که این بهبودها به طور مستقیم بخشی از اقدامات پروژه بیابان‌زدایی نبوده است، بلکه نتیجه حمایت‌های گسترده‌تر دولتی در منطقه است. پروژه بیابان‌زدایی، اگرچه مستقیماً در توسعه زیرساخت‌های بهداشتی و آموزشی

جدول ۴. متغیرهای آماری منعکس‌کننده تأثیرگذاری کلی پروژه بیابان‌زدایی

| مؤلفه        | میانگین | انحراف معیار | آماره t | درجه آزادی | p- مقدار | نتیجه          |
|--------------|---------|--------------|---------|------------|----------|----------------|
| اشتغال‌زایی  | ۲/۸۴    | ۰/۳۱         | ۱۱/۰۸   | ۱۰۶        | ۰/۰۰۰    | بیشتر از متوسط |
| سرمایه‌گذاری | ۲/۹۱    | ۰/۳۵         | ۱۲/۲۹   | ۱۰۶        | ۰/۰۰۰    | بیشتر از متوسط |
| درآمد        | ۳/۳۸    | ۰/۳۲         | ۲۸/۶۳   | ۱۰۶        | ۰/۰۰۰    | بیشتر از متوسط |
| آموزش        | ۲/۷۱    | ۰/۲۷         | ۸/۰۰    | ۱۰۶        | ۰/۰۰۰    | بیشتر از متوسط |
| مهاجرت       | ۳/۳۸    | ۰/۲۱         | ۴۳/۶۹   | ۱۰۶        | ۰/۰۰۰    | بیشتر از متوسط |
| مشارکت       | ۳/۶۳    | ۰/۳۰         | ۳۹/۳۵   | ۱۰۶        | ۰/۰۰۰    | بیشتر از متوسط |

جدول ۵. ضریب هماهنگی کندال

| تعداد | ضریب کندال | آماره کی دو | درجه آزادی | سطح معنی‌داری |
|-------|------------|-------------|------------|---------------|
| ۱۰۷   | ۰/۲۷۲      | ۲۰۱/۶۶۳     | ۱۰۶        | ۰/۰۰۰         |

### اولویت‌بندی و رتبه‌بندی معیارهای اجتماعی-اقتصادی با استفاده از آزمون فریدمن

با توجه به آزمون فریدمن، مطابق جدول ۸، متغیر مستقل اولویت‌بندی شده و از طبقه‌بندی متغیرها حمایت می‌شود. مشارکت با میانگین رتبه ۶/۶۰ بیشترین تأثیر از پروژه را دارا بود. در حالی که آموزش کمترین تأثیر پذیری از پروژه بیابان‌زدایی را داشت. به عبارت دیگر، پروژه بیشترین تأثیر را بر مشارکت جوامع محلی داشت. این موضوع نشان داد که تا چه اندازه افراد محلی و دیگر ذینفعان در تصمیم‌گیری، اجرا، نظارت و ارزشیابی پروژه نقش داشته‌اند و تعامل میان آنها تا چه اندازه مؤثر بوده است. مشارکت یکی از عوامل کلیدی موفقیت پروژه‌های بیابان‌زدایی است (۲۱) زیرا تضمین می‌کند که طرح‌ها با نیازها و شرایط محلی هماهنگ باشد و پایداری آنها افزایش یابد. تأکید بر اهمیت ارزیابی وضعیت فعلی پروژه‌های بیابان‌زدایی بیانگر آنست که موفقیت این پروژه‌ها به هم‌راستایی آن‌ها با نیازهای محلی و شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و محیطی وابسته است

(۱۳). نتایج آزمون فریدمن نشان داد که شاخص مشارکت با میانگین رتبه ۶/۶۰ بیشترین تأثیر را داشته و در اولویت اول قرار گرفته است، که بیانگر نقش کلیدی مشارکت جوامع محلی در تمامی مراحل طراحی، اجرا و ارزیابی پروژه‌ها است. همچنین شاخص مهاجرت با میانگین رتبه ۵/۵۴ در جایگاه دوم قرار دارد، که بیانگر این است که این پروژه‌ها توانسته‌اند تا حدی از مهاجرت روستاییان به شهرها جلوگیری کنند. از سوی دیگر، شاخص‌های اقتصادی نیز، علیرغم قرار گرفتن در رتبه‌های میانی، از میانگین‌های بالاتر از حد مطلوب برخوردارند. به‌طور خاص، شاخص درآمد با میانگین رتبه ۵/۳۳ نسبت به دیگر شاخص‌های اقتصادی، تأثیر بیشتری داشته است و نشان می‌دهد که اجرای پروژه‌ها توانسته است به بهبود معیشت و درآمد جوامع محلی کمک کند. شاخص سرمایه‌گذاری با میانگین رتبه ۳/۶۲ و اشتغال‌زایی با میانگین رتبه ۳/۱۰ نیز بالاتر از حد متوسط ارزشیابی شده‌اند، اما همچنان نیاز به برنامه‌ریزی بهتر برای جذب سرمایه و ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار احساس می‌شود.

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین مؤلفه‌ها با عدد ۲/۵ توسط آزمون T

| مؤلفه        | میانگین | تفاضل میانگین و ۲/۵ | حد پایین فاصله اطمینان | حد بالای فاصله اطمینان | نتیجه          |
|--------------|---------|---------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| اشتغال‌زایی  | ۲/۸۴    | ۰/۳۴                | ۰/۲۸                   | ۰/۴۰                   | بیشتر از متوسط |
| سرمایه‌گذاری | ۲/۹۱    | ۰/۴۱                | ۰/۳۴                   | ۰/۴۸                   | بیشتر از متوسط |
| درآمد        | ۳/۳۸    | ۰/۸۸                | ۰/۸۲                   | ۰/۹۴                   | بیشتر از متوسط |
| آموزش        | ۲/۷۱    | ۰/۸۸                | ۰/۸۴                   | ۰/۹۱                   | بیشتر از متوسط |
| مهاجرت       | ۳/۳۸    | ۱/۱۳                | ۱/۰۷                   | ۱/۱۸                   | بیشتر از متوسط |
| مشارکت       | ۳/۶۳    | ۰/۳۴                | ۰/۲۸                   | ۰/۴۰                   | بیشتر از متوسط |

جدول ۷. نتایج آزمون فریدمن در اولویت‌بندی مؤلفه‌ها

| تعداد | آماره کی دو | درجه آزادی | سطح معنی‌داری |
|-------|-------------|------------|---------------|
| ۱۰۷   | ۵۱۳/۷۷۸     | ۶          | ۰/۰۰۰         |

جدول ۸. نتایج اولویت‌بندی شاخص‌ها در پژوهش توسط آزمون فریدمن

| مؤلفه        | تعداد | کمترین | بیشترین | میانگین | انحراف معیار | میانگین رتبه | اولویت |
|--------------|-------|--------|---------|---------|--------------|--------------|--------|
| اشتغال‌زایی  | ۱۰۷   | ۲/۱۳   | ۳/۳۸    | ۲/۸۳۵۳  | ۰/۳۱۳۱۴      | ۳/۱۰         | ۵      |
| سرمایه‌گذاری | ۱۰۷   | ۲/۲۵   | ۳/۳۸    | ۲/۹۱۰۰  | ۰/۳۴۵۰۳      | ۳/۶۲         | ۴      |
| درآمد        | ۱۰۷   | ۳/۰۰   | ۴/۰۰    | ۳/۳۸۳۲  | ۰/۳۱۹۰۵      | ۵/۳۳         | ۳      |
| آموزش        | ۱۰۷   | ۲/۱۷   | ۳/۵۰    | ۲/۷۰۵۶  | ۰/۲۶۷۵۵      | ۲/۸۲         | ۶      |
| مهاجرت       | ۱۰۷   | ۳/۰۰   | ۳/۷۱    | ۳/۳۷۱۲  | ۰/۲۰۴۷۴      | ۵/۵۴         | ۲      |
| مشارکت       | ۱۰۷   | ۳/۰۰   | ۴/۰۰    | ۳/۶۲۴۸  | ۰/۲۹۲۰۶      | ۶/۶۰         | ۱      |

برای دستیابی به پایداری بیشتر، پیشنهاد می‌شود که بر تقویت سرمایه‌گذاری هدفمند، بهبود فرصت‌های شغلی، و ارتقای آگاهی و آموزش‌های محلی تأکید شود تا تأثیرات مثبت اقتصادی و اجتماعی این پروژه‌ها افزایش یابد (۴، ۷).

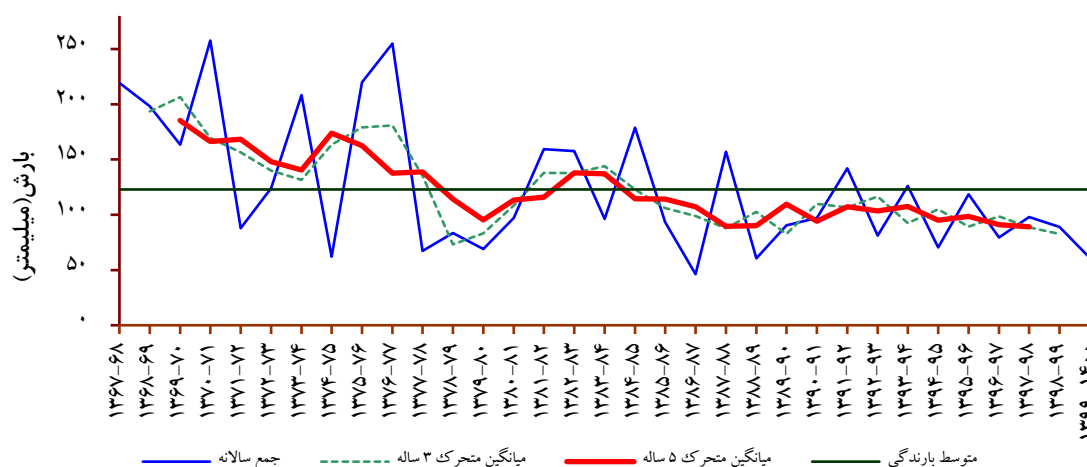
### بررسی روند پویایی پوشش گیاهی منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

به منظور اثبات روند رشد مثبت پوشش گیاهی، برای رسیدن به نتایج دقیق و مطلوب از آمار ایستگاه تبخیرسنجی گناباد در مجاورت منطقه بهره‌گیری شد. میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله و تغییرات بارندگی سالیانه ایستگاه گناباد در دوره آماری ۱۴۰۰-۱۳۶۷ در شکل ۲ نشان داده شده است (۳۹). با توجه به شکل ۲ و میانگین متحرک ۵ ساله قبل از سال ۱۳۷۸-۷۹ دوره ترسالی<sup>۱</sup> و سپس تا سال ۱۳۸۱-۸۲، دوره خشکسالی<sup>۲</sup> بر منطقه حاکم بوده است و پس از آن دوره دوم ترسالی شروع شد و تا سال ۱۳۸۴-۸۵ ادامه و در پایان دوره دوم خشکسالی تا آخر دوره ادامه دارد. می‌توان نتیجه گرفت که شرایط اقلیمی تغییرات معنی‌داری بر وضعیت منطقه نداشته است. در بررسی روند میانگین پوشش گیاهی برای هر سال، طبق جدول ۹، مقدار شاخص پوشش گیاهی از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۳۹۷، با نوساناتی همراه بوده است و تغییرات قابل‌توجهی در مقدار آن مشاهده نمی‌شود. مقدار شاخص پوشش گیاهی از ۰/۰۸۳۷ در سال ۱۳۹۲ به ۰/۰۷۴۶ سال ۱۳۹۷ کاهش یافت. این کاهش احتمالاً به دلیل کاهش بارندگی، خشکسالی یا دیگر عامل‌های محیطی بوده است.

جمعیت محلی اطلاعات محدودی در مورد مفاهیم بیابان‌زدایی و ابتکارات مدیریت بیابان دارد. در نتیجه، آگاهی عمومی باید افزایش یابد (۵، ۲۲). علاوه بر این، گسترش بیشتر برنامه‌های بیابان‌زدایی و احیای منابع موجود برای پرداختن به چالش‌های پیش روی جوامع محلی نیازمند حمایت و تخصیص بیشتر توسط مقامات است. بنابراین، هر برنامه بیابان‌زدایی و فعالیت‌های مرتبط با آن، باید با همکاری جوامع محلی توسعه و اجرا شود (۴، ۲۳). با این حال، توجه به نیازهای اجتماعی و اقتصادی جوامع محلی برای احیا و توسعه پروژه‌های منابع طبیعی منطقه‌ای ضروری است. با توجه به ماهیت به هم پیوسته مسائل اجتماعی و اقتصادی منطقه، هر گونه تغییر در یک جنبه در دیگری منعکس خواهد شد. با توجه به نتایج به دست آمده، مسائل اقتصادی از مهم‌ترین علل بروز مسائل کنونی هستند. علاوه بر این، کمبود پتانسیل‌های طبیعی از جمله آب و هوای گرم و خشک منطقه، بارش کم و خاک نامناسب زندگی را برای مردم محلی دشوار کرده است.

از بُعد محیطی نیز، بهبود پوشش گیاهی و کاهش تناوب گرد و غبار نیز به عنوان نتایج ملموس این پروژه‌ها مطرح شده است. این یافته‌ها نشان داد که اقدامات اجرایی کشت گونه‌های گیاهی و تثبیت خاک، تأثیر مستقیمی بر بهبود شرایط محیطی منطقه داشته‌اند.

بنابراین، نتایج پژوهش بیانگر آنست که شاخص‌های اجتماعی مانند مشارکت بیشترین موفقیت را داشته‌اند و شاخص‌های اقتصادی با وجود عملکرد مثبت، هنوز جای پیشرفت دارند.



شکل ۲. میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله و تغییرات بارندگی سالیانه ایستگاه گناباد در دوره آماری ۱۳۶۷-۶۸ تا ۱۳۹۹-۱۴۰۰

<sup>2</sup> Dry Period

<sup>1</sup> Wet Period

پوشش گیاهی را طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۲ و ۱۴۰۲-۱۳۹۲ در شکل ۴ نشان داده شده است.

**بررسی روند تناوب شاخص گرد و غبار در ناحیه مورد مطالعه**  
در تصاویر مستخرج از ماهواره مادیس، برای شهرستان گناباد، برای سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، میزان درصد تناوب گرد و غبار مقدار  $۴۷/۱۸۱\%$  به دست آمد. روند این میزان برای ده سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲، مقدار  $۴۳/۰۱۰\%$  محاسبه شد. اعداد به دست آمده در بررسی روند تناوب گرد و غبار در منطقه حاکی از آن است که میزان گرد و غبار طی این سال‌ها با افت  $۴\%$  همراه بوده است. این کاهش روند، در مناطق شمالی، شمال شرقی و تا حدودی شرق شهرستان گناباد را در بر دارد که درست همان مناطقی است که طی سال‌های مذکور پروژه‌های کشت گونه‌های گیاهی مختلف در آنجا رخ داده است. از طرفی افزایش مقدار مجموع مساحت پوشش گیاهی شهرستان هم که در ده سال اول یعنی از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، از  $۱۳۱۱۵\text{km}^2$  به  $۷۴۶۲۱\text{km}^2$  در ده سال دوم یعنی سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ رسید که خود بیانگر این موضوع است که رشد و توسعه پوشش گیاهی می‌تواند به تثبیت خاک کمک کرده، مانع از فرسایش خاک و ایجاد گردوغبار در منطقه شود. درصد تناوب گردوغبار طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۲ و ۱۴۰۲-۱۳۹۲ در شکل ۵ نشان داده شده است.

#### ■ نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با تأکید بر اهداف توسعه پایدار (SDG)، پروژه بیابان‌زدایی اجرا شده به‌عنوان گامی مؤثر در مدیریت پایدار منابع طبیعی و بهبود معیشت جوامع محلی ارزشیابی شد.

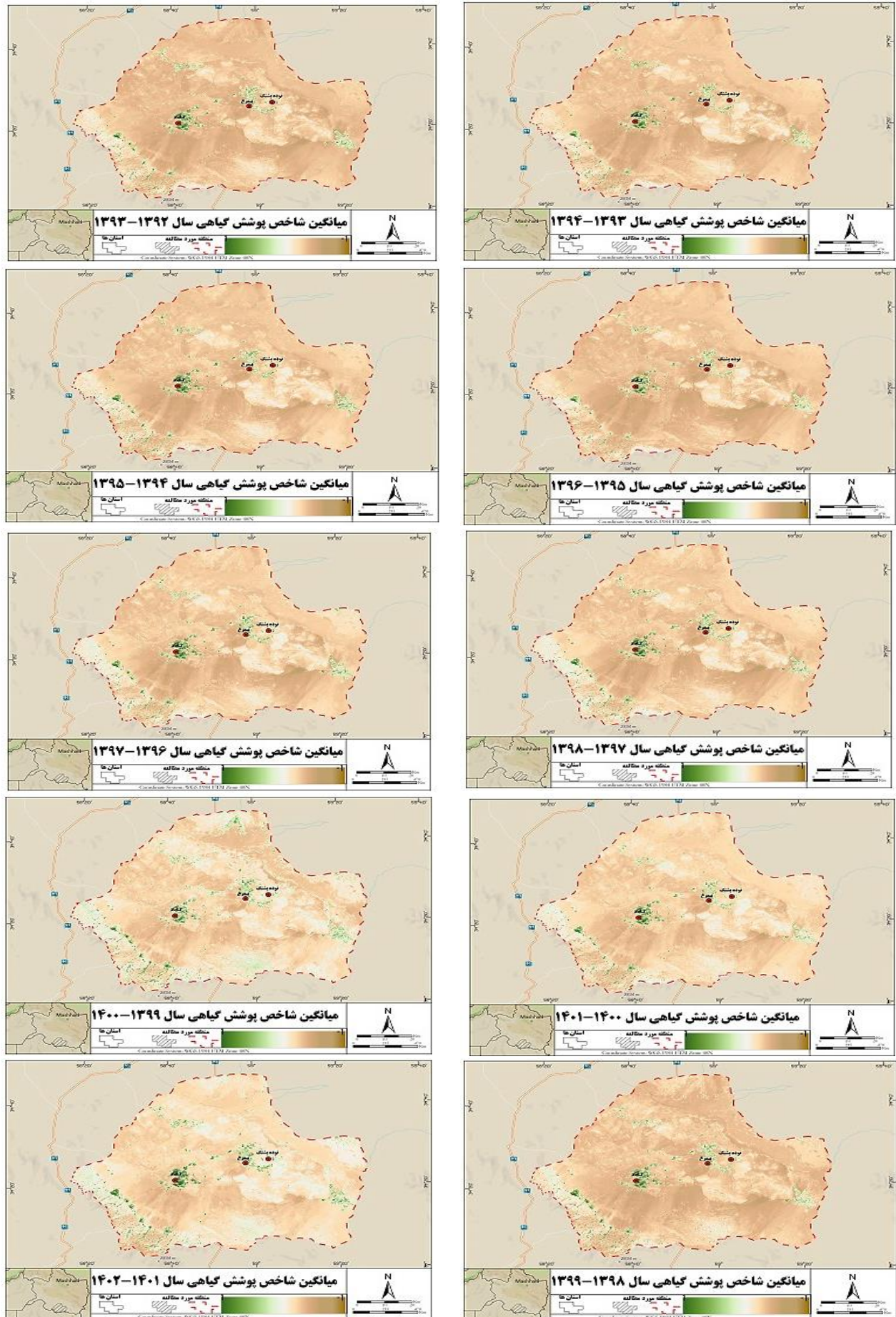
از سال ۱۳۹۸، شاخص پوشش گیاهی با افزایش مداومی همراه بوده است. به‌نحویکه این افزایش از  $۰/۰۹۰۹$  در سال ۱۳۹۸ آغاز شده و تا  $۰/۱۲۶۱$  در سال ۱۴۰۲ ادامه می‌یابد. این رشد شاخص پوشش گیاهی را می‌توان به اجرای پروژه‌های بیابان‌زدایی در منطقه، از جمله احداث بادشکن‌ها و چاله‌های هلالی با کشت گیاه نسبت داد که با حجم عملیاتی  $۴۰/۵\text{km}^2$  در دوره ۴ ساله، شاخص پوشش گیاهی مدنظر را افزایش داده است. این طرح‌ها تأثیر مثبتی بر بهبود پوشش گیاهی منطقه داشته‌اند. مقدار عددی این شاخص از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۴۰۲ در جدول ۹ به شرح زیر است.

نقشه‌های میانگین شاخص پوشش گیاهی را از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۴۰۲ در شکل ۳، نمایش داده شده است. برای دریافت تصاویر مربوط به مجموع مساحت‌های پوشش گیاهی در منطقه مورد بررسی، برای سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ از ماهواره لندست ۵ و برای ده سال دوم (۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲) از ماهواره لندست ۸، استفاده شد. در تصاویر زیر، مناطق سیاه رنگ، معرف مناطق فاقد وجود پوشش گیاهی است.

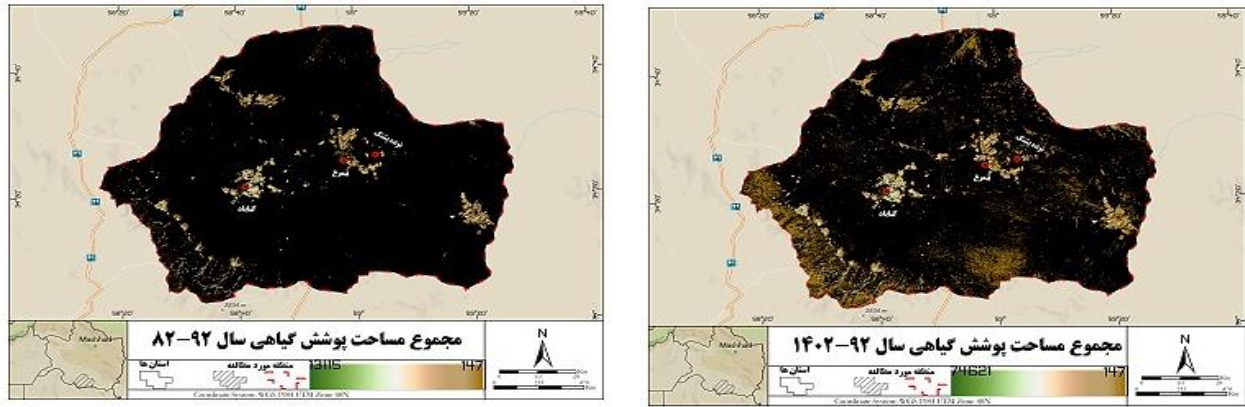
در تصاویر استخراج شده در راستای مجموع مساحت پوشش گیاهی منطقه موردنظر، از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ میزان مجموع مساحت پوشش گیاهی  $۱۳۱۱۵\text{km}^2$  در حالت پیشینه به دست آمد که در مقایسه با ۱۰ سال دوم از تصاویر منطقه از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۴۰۲، مقدار  $۷۴۶۲۱\text{km}^2$  است. مقدار محاسبه شده برای ارزش هر پیکسل در مساحت پوشش گیاهی، از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، مقدار  $۱۵۱/۹۴۷\text{km}^2$  و از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲، مقدار  $۱۶۸/۹۱۹\text{km}^2$  به دست آمد. نتایج، حاکی از افزایش میزان پوشش گیاهی در منطقه است که در تصاویر کاملاً مشهود می‌باشد. نقشه‌های مجموع مساحت

جدول ۹. مقدار عددی میانگین پوشش گیاهی از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۴۰۲

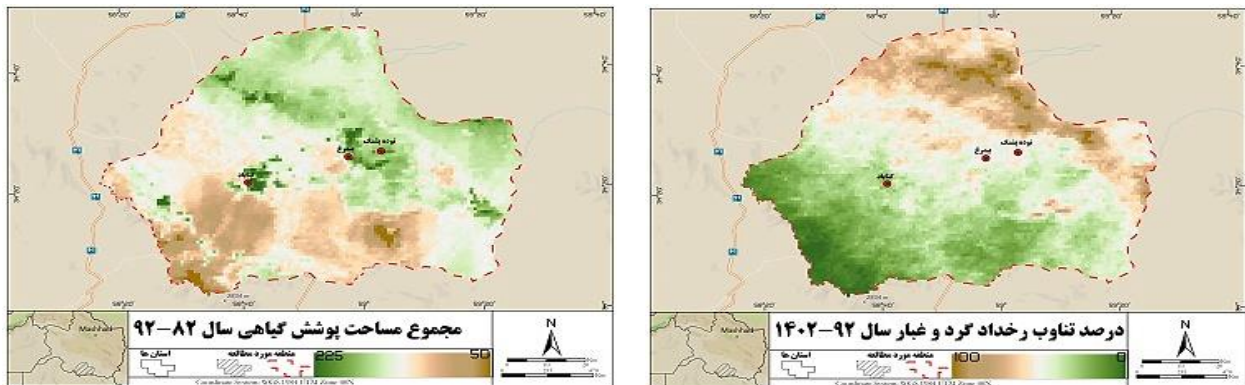
| سال  | مقدار شاخص پوشش گیاهی (NDVI) | سال  | مقدار شاخص پوشش گیاهی (NDVI) |
|------|------------------------------|------|------------------------------|
| ۱۳۹۲ | ۰/۰۸۳۷                       | ۱۳۹۸ | ۰/۰۹۰۹                       |
| ۱۳۹۳ | ۰/۰۷۵۷                       | ۱۳۹۹ | ۰/۱۰۱۶                       |
| ۱۳۹۴ | ۰/۰۷۹۹                       | ۱۴۰۰ | ۰/۱۰۸۲                       |
| ۱۳۹۵ | ۰/۰۷۰۶                       | ۱۴۰۱ | ۰/۱۱۰۹                       |
| ۱۳۹۶ | ۰/۰۷۸۴                       | ۱۴۰۲ | ۰/۱۲۶۱                       |
| ۱۳۹۷ | ۰/۰۷۴۶                       |      |                              |



شکل ۳. نقشه میانگین پوشش گیاهی از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۴۰۲



شکل ۴. نقشه‌های مجموع مساحت پوشش گیاهی طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۲ و ۱۴۰۲-۱۳۹۲



شکل ۵. نقشه درصد تناوب گرد و غبار طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۲ و ۱۴۰۲-۱۳۹۲

شناسایی این شاخص‌ها بسیار ضروری است. تحقیق جاری با هدف یافتن متغیرهای تأثیرگذار بر بیابان‌زایی، به منظور تدوین راهکارهای مدیریتی برای کنترل بیابان و همچنین بیابان‌زدایی در منطقه انجام شده است. با ارزشیابی عملکرد پروژه‌های بیابان‌زدایی اجرا شده در شهرستان گناباد که سابقه‌ای طولانی مدت دارد، می‌توان راه‌حلهایی برای بهبود معیشت جوامع محلی و استراتژی‌های به روز رسانی یافت و ارائه داد.

پژوهش حاضر با توجه به دیدگاه دقیق خود از مسأله بیابان‌زدایی و ارزشیابی شاخص‌های مؤثر در پروژه‌های بیابان‌زدایی، توانسته است نتایج آن را به پیش‌بینی پتانسیل برنامه‌های مدیریتی در مناطقی که چنین پروژه‌هایی امکان‌پذیر هستند، تعمیم دهد. علاوه بر آن، این بررسی به وضوح تأثیر مشارکت محلی بر موفقیت برنامه‌های منابع طبیعی و محیط‌زیستی را نشان داد. در نتیجه اگر پروژه‌ها به کمک جوامع محلی توسعه یابند و مستقیماً کیفیت زندگی خود را بهبود بخشند، موفقیت این پروژه به‌ویژه در پروژه‌های بیابان‌زدایی به‌طور قابل توجهی افزایش

تحلیل نتایج نشان داد که این پروژه اگرچه در برخی جنبه‌ها موفق به تحقق هدف‌های خود شده است؛ اما همچنان چالش‌هایی برای دستیابی به پایداری کامل و یکپارچه در زمینه‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی وجود دارد. با این حال، بهره‌برداری پایدار از نتایج پروژه، نیازمند برنامه‌ریزی استراتژیک‌تر، تخصیص منابع کافی و توجه به مشارکت جوامع محلی است. تقویت همکاری‌های بین‌بخشی، آموزش و ظرفیت‌سازی جوامع محلی و پایش مداوم نتایج پروژه می‌تواند به تضمین موفقیت بیشتر و تحقق اهداف توسعه پایدار کمک کند.

عامل‌های زیادی در موفقیت پروژه بیابان‌زدایی، به ویژه مسائل اجتماعی - اقتصادی و مشارکت ذینفعان نقش دارند (۶، ۱۸). از سوی دیگر، برنامه‌های مدیریت در یک منطقه بدون توجه به شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی قادر به پاسخگویی به نتایج مطلوب خود نخواهند بود و تأثیر منفی آنها بسیار بیشتر است (۴، ۶، ۷). برای تخصیص بودجه و منابع بین این مناطق،

دهد. که این مسأله می‌تواند به تثبیت خاک کمک کرده باشد و موجب کاهش ۴٪ شاخص گرد و غبار شده باشد. می‌توان به این درک مهم رسید که بهبود استفاده از خدمات بوم‌سازگان و کالاهای براساس اصول علمی می‌تواند به اصلاح بوم‌سازگان‌ها و کاهش سرعت مهاجرت کمک کند. این نتایج با نتایج پژوهش‌های برخی از محققان (۱، ۲۰، ۳۱)، که پروژه‌های بیابان‌زدایی را بر کنترل مهاجرت و بهبود سطح رفاه تأثیرگذار دانستند و راهبردها و پارامترهای اجتماعی را کلیدی‌ترین فاکتور انسانی بیابان‌زدایی معرفی کردند، هم‌خوانی دارد (۱۲).

لذا از آنجا که در نواحی شرقی ایران و همچنین منطقه مورد بررسی، فرآیند بیابان‌زدایی در حال افزایش است، اقدامات زیر پیشنهاد می‌گردد که در برخی از پژوهش‌ها نیز مورد تأکید قرار گرفته‌اند:

- آموزش افراد و جوامع تحت تأثیر و ارتقای آگاهی عمومی در مورد بیابان، بیابان‌زدایی، تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی هوای کره زمین.
- جذب مشارکت عمومی و پشتیبانی تمامی ذینفعان
- مستندسازی دانش بومی و برنامه‌های کاربردی آن
- ظرفیت‌سازی و توانمندسازی جوامع محلی
- تسهیل اجرای دستورالعمل‌های کنوانسیون بیابان‌زدایی
- ایجاد سیستم‌های تبادل اطلاعات و دانش کارآمد بین همه ذینفعان و بهره‌برداران
- پایش و ارزشیابی منظم پروژه‌های بیابان‌زدایی (۶، ۱۲)
- تشویق سرمایه‌گذاری‌های محلی، ملی و بین‌المللی به افزایش قابلیت‌های محلی (۱۸، ۱۹)

#### ■ سیاست‌گذاری

پژوهش حاضر، بخشی از نتایج رساله دکتری مدیریت و کنترل بیابان در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان می‌باشد. لذا از تمام کسانی که ما را در به سرانجام رساندن آن یاری نمودند، کمال تشکر را داریم.

خواهد یافت. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های گزارش شده توسط (۲۰، ۲۳، ۲۹، ۳۲) هم‌خوانی دارد.

نتایج نشان داد که پروژه بیابان‌زدایی در شهرستان گناباد تأثیرهای متنوعی در ابعاد اجتماعی، اقتصادی و محیطی داشته است. در بعد اجتماعی، شاخص مشارکت با میانگین رتبه ۶/۶۰ بیشترین تأثیر را داشت، که نشان‌دهنده افزایش تعامل و همکاری جوامع محلی است. همچنین، شاخص مهاجرت کاهش محسوسی را نشان داد که بیانگر بهبود شرایط زندگی و کاهش تمایل به مهاجرت بود. در بعد اقتصادی، شاخص درآمد با میانگین ۳/۳۸ رشد داشت، اما سرمایه‌گذاری و اشتغال‌زایی به سطح مطلوب نرسیدند. در بعد محیطی، پوشش گیاهی از مقدار ۰/۰۸۳۷ در سال ۱۳۹۲ به ۰/۱۲۶۱ در سال ۱۴۰۲ افزایش یافت و میزان گرد و غبار کاهش یافت. به‌طور کلی، پروژه توانسته است تأثیرهای مثبتی در ابعاد اجتماعی و محیطی ایجاد کند، اما برای اثربخشی پایدار، به سرمایه‌گذاری بیشتر و بهبود راهکارهای اقتصادی نیاز دارد. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پروژه بیابان‌زدایی انجام شده در منطقه مورد مطالعه، قادر به افزایش میزان اشتغال‌زایی و سرمایه‌گذاری در راستای تحقق اهداف ۸ و ۹ توسعه پایدار، نبوده است (۱۸). همچنین نتوانسته‌اند الزام‌های طرح‌های پیش‌نویس شده برای منطقه را برآورده کنند. با این حال، این پروژه تأثیر مثبتی بر مشارکت، کاهش مهاجرت به کلان‌شهرها و افزایش درآمد حاصل از پیشه‌های روستانشین نظیر کشاورزی و دامداری داشته است که تغییرات مثبتی در منطقه ایجاد کرده است. از لحاظ اثربخشی بر شاخص‌های محیطی شامل پوشش گیاهی و گرد و غبار، طبق تصاویر ثبت شده توسط ماهواره‌ها، رشد و توسعه پوشش گیاهی یعنی همان هدف ۱۵ توسعه پایدار، را شاهد بودیم که پروژه با عملیات اجرایی نظیر کشت گیاه و احداث چاله‌های هلالی، با حجم عملیاتی  $40/5 \text{ km}^2$  برای دوره ۴ ساله، توانست میزان شاخص پوشش گیاهی مدنظر را افزایش

#### ■ References

1. Abiat, M., abiat, Mo., & Abiat, M. (2023). Evaluation of Desertification Intensity using Spectral Indices Resulting from Satellite Images the Case Study of Bandar Mahshahr County. *Physical Geography Research Quarterly*, 55(4), 61-81. DOI: 10.22059/JPHGR.2023.355751.1007753 [In Persian]

2. Abraham, E., Montaa, E., & Torres, L. (2006). *Desertificacio ´n e indicadores: Posibilidades de medicio ´n integrada en fenome ´nos complejos. Revista Scripta Nova (Revista electro ´nica de geografi ´a y ciencias sociales)*. PhD thesis. Universidad de Barcelona. Spain.
3. Adler, M., & Ziglio, E. (1996). *Gazing into the oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health*. England: Kingsley. London
4. Akbari, M., Feyzi Koushki, F., Memarian, H., Azamirad, M., & Alizadeh Noughani, M. (2020). Prioritizing effective indicators of desertification hazard using factor-cluster analysis, in arid regions of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(8), 1-17. DOI:10.1007/s12517-020-05296-9
5. Akbari, M. (2016). *Proposing an early warning system for desertification hazard (case study: Semi desert region of the Gorgan Plain, Golestan Province, Iran)*. PhD thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran. [In Persian]
6. Davari, S., Rashki, A., Akbari, M., & Talebanfard, A. (2017). Assessing intensity and risk of desertification and management programs (case study: Ghasemabad plain of Bajestan, Khorasan Razavi Province). *Desert Management*, 5(9), 91–106 .DOI: 10.22034/jdmal.2017.27855 [In Persian]
7. Feyzi Koushki, F., Akbari, M., Memarian, H., & Azamirad, M. (2019a). Identifying and ranking important factors of desertification in Khorasan Razavi Province using Delphi method. *Geography and Environmental Hazards*, 8(31), 205–225. DOI:10.22067/geo.v0i0.84127 [In Persian]
8. Friedman, M. (1937). The use of ranks to avoid the assumption of normality in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32(200), 675–701. DOI: 10.2307/2279372
9. Gao, X., & Alvo, M. (2005). A unified nonparametric approach for unbalanced factorial designs. *Journal of the American Statistical Association*, 100(471), 926–941. DOI:10.1198/016214505000000042
10. Hicks, C. C., Levine, A., Agrawal, A., Basurto, X., Breslow, S. J., Carothers, C., et al. (2016). Engage key social concepts for sustainability. *Science*, 352(6281), 38–40. DOI:10.1126/science.aad4977.
11. United Nations Development Programme (UNDP). (2018). Goal 12: Responsible consumption, production. UNDP. Archived from original on 13 August 2018. Retrieved 12 March 2018.
12. Jafari, H., Akbari, M., Kashki, M. T., & Badiie Nameghi, S. H. (2019). An efficiency comparison of the IMDPA and ESAs models on desertification risk management in arid regions of Southern Khorasan, Razavi Iran. *Arid Biome*, 9(1), 39–54. DOI:10.29252/aridbiom.2019.1542[In Persian]
13. Johanna, S., Vermaat, J., Groot, R., & Quatrini, S. (2018). A global meta-analysis on the monetary valuation of dryland ecosystem services: The role of socioeconomic environmental, and methodological indicators. *Ecosystem Services*, 32(1), 78–89. DOI:10.1016/j.ecoser.2018.06.004.
14. Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science and Technology*, 7(4), 396–403. DOI:10.9734/BJAST/2015/14975
15. Karami, H., & Eftati, M. (2013). Evaluation of the socio-economic impacts of the Tooba project in Lorestan province. *Journal of Rural Development*, 16(2), 111–132. [In Persian]
16. Kendall, M. G. (1983). A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30, 81–93.
17. Kendall, M. G., & Gibbons, J. D. (1990). Rank correlation methods. *New York: Oxford University Press*.

18. Khashtabeh, R., Akbari, M., Kolahi, M., Talebanfard, A., & Khashtabeh, R. (2020). Assessing the effects of desertification control projects using socio-economic indicators in the arid regions of eastern Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 23(7), 10455-10469. DOI: 10.1007/s10668-020-01065-6
19. Khashtabeh, R., Akbari, M., Kolahi, M., Talebanfard, A., & Khashtabeh, R. (2019). Investigation of participatory needs assessment to prioritize sustainable development indicators of rural communities using hierarchical analysis process. *4th International Conference on Researches in Science and Engineering and International Congress on Civil, Architecture and Urbanism in Asia*. [In Persian]
20. Kianian, M., Qobakhloo, P., Salehpoor, A., & Nikoo, Sh. (2024). Study of effective factors on rural communities' s participation in combat desertification projects (Case study: Garmsar county). *Journal of Watershed Management*, 4(3), 1-13. DOI:10.22034/iwm.2024.2018909.1121 [In Persian].
21. Kolahi, M., Davari, K., & Mianabadi, A. (2018). Challenges of land sustainability: Interacting with environmental change and migration. *Studies in Public Policy*, 1(1), 1–6.
22. Kolahi, M., Sakai, T., Moriya, K., & Makhdoum, M. F. (2012). Challenges to the future development of Iran's protected areas system. *Environmental management*, 50(4), 750–765. DOI:10.1007/s00267-012-9895-5
23. Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N., & Karavitis, C. H. (2003). Identification of indicators for desertification. *Annals of Arid Zone*, 42(3), 393–416.
24. Lee, S., & Korean, D. (2018). What is the proper way to apply the multiple comparison test? *Korean Journal of Anesthesiology*, 71(5), 353–360.
25. Nezhadi, F., & Abbasi, E., Choobchian, Sh. (2016). The role of desertification projects in increasing the social capital of local people, study of the Shahdad carbon sequestration project. *Journal of Rural Research*, 7(4), 604-617. DOI:10.21859/jjr-07042 [In Persian].
26. Nunez, M. P., Pablo, A., Rieradevall, J., & Anton, A. (2009). Assessing potential desertification and environmental impact in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(5), 67–78. DOI:10.1007/s11367-009-0126-0
27. Reed, M. S., Buenemann, M., Athlough, J., Akhtar-Schuster, M., Bachmann, F., Bastin, G., et al. (2011). Cross-scale monitoring and assessment of land degradation and sustainable land management: a methodological framework for knowledge management. *Land Degradation and Development*, 22(2), 261–271. DOI:10.1002/ldr.1087
28. Roy, D. P. (1997). Investigation of the maximum Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the maximum surface temperature (Ts) AVHRR compositing procedures for the extraction of NDVI and Ts over forest. *International Journal of Remote Sensing*, 18(11), 2383–2401. DOI:10.1080/014311697217675
29. Rubio, J. L., & Bochet, E. (1998). Desertification indicators as diagnostic criteria for desertification risk assessment in Europe. *Journal of Arid Environments*, 39(2), 113–120. DOI: 10.1006/jare.1998.0402
30. Ruscone, M. (2015). A procedure simulating Likert scale item responses. *Electronic Journal of Applied Statistical Analysis*, 08(3), 344–353. DOI: 10.1285/i20705948v8n3p344
31. Sadeghiravesh, MH. (2024). Monitoring of the Actual State of Desertification using VPM and WASPAS Scoring Models. *Geography and Environmental Sustainability*. 14(2), 101-120. DOI: 10.22126/GES.-2024.10526.2748 [In Persian]

32. Salvati, L., Zitti, M., & Ceccarelli, T. (2007). Integrating economic and environmental indicators in the assessment of desertification risk: a case study. *Applied Ecology and Environmental Research*, 6(1), 129–138.
33. Satterthwaite, F. E. (1946). An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics* 2(6), 110–114. DOI: 10.2307/3002019
34. Schwilch, G., Bestelmeyer, B., Bunning, S., Critchley, W., Herrick, J., & Kellner, K. (2011). Experiences in the monitoring and assessment of sustainable land management. *Land Degradation and Development*, 22(2), 214–225. DOI:10.1002/ldr.1040
35. Sharama, R. A., & Skerratt, S. (1995). An expert systems approach to the socio-economic evaluation of rural land—use policy. *India Forester*, 121(9), 775–785.
36. Shaker, R. R. (2018). A mega index for the Americas and its underlying sustainable development correlations. *Ecological indicators*, 89(1), 466–479. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.01.050
37. Sobhani, B., Mollanouri, E. (2024). Investigation of changes in vegetation cover using the NDVI index and its relationship with the Land surface temperature (case study: Kausar city). *Journal of Environmental Science Studies*. 9(3), 8851-8841. DOI: 10.22034/jess.2023.407679.2086 [In Persian]
38. Sommer, S., Zucca, C., Grainger, A., Cherlet, M., Zougmore, R., & Sokona, Y. (2010). Application of indicator system for monitoring and assessment of desertification from national and global scale. *Land Degradation and Development*, 22(2), 184–197. DOI:10.1002/Ldr.1084
39. The feasibility studies of the desert design of Gonabad, (2024). [In Persian]
40. Tchamyou, V. S. (2018). Education, lifelong learning, inequality, and financial access: Evidence from African countries. *Contemporary Social Science*, 15(2), 7-25. DOI: 10.1080/21582041.2018.1433314
41. UNEP's Strategy on Land Use Management and Soil Conservation. (2004). *UNEP's strategy was prepared by the UNEP division of policy development and law*. UNEP.
42. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (2018). *United Nations convention to combat desertification*. UNCCD.



## **Analysis of Climate Change and Future Trends of Precipitation and Temperature in the Karde Dam Basin**

M. Akbari<sup>1</sup>, H. Malekinezhad<sup>2\*</sup>, M. Hajibigloo<sup>3</sup>

1. Ph. D Student in Watershed Sciences and Engineering, Rangeland and Watershed Group, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
  2. Associate Professor, Rangeland and Watershed Group, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
  3. Ph. D in Watershed Sciences and Engineering, Faculty of Rangeland and Watershed, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
- \* Corresponding Author: hmalekinezhad@yazd.ac.ir

Received date: 18/12/2024

Accepted date: 02/02/2025

 [10.22034/JDMAL.2025.2048201.1493](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2025.2048201.1493)

### **Abstract**

Precipitation and temperature are critical indicators for assessing the effects of climate change. Climate change, through alterations in precipitation and temperature patterns, significantly impacts the water cycle and hydrological characteristics of watersheds. In this study, the effects of climate change on temperature and precipitation in the Kardeh Dam Basin were investigated using the CMIP6 series model under three scenarios: optimistic SSP126, intermediate SSP245, and pessimistic SSP585. The study covers the future period from 2021 to 2035, compared to the base period from 1992 to 2014, with downscaling performed using the SDSM model. The results from the SDSM model indicate that, in the future, the greatest increase in precipitation will occur in March during the winter season across all scenarios, while the lowest precipitation will be observed in June, July, August, and September during the spring and summer seasons. Regarding temperature, the highest increase in minimum temperature at the Kardeh Dam and Marshak stations will occur in January during the winter season, while the highest increase in maximum temperature will be observed in July during the summer season. Additionally, the results of the Mann-Kendall test showed that, in the studied scenarios, the values for precipitation, as well as minimum and maximum temperatures, either showed no trend or exhibited fluctuations. The only exceptions were the precipitation values at the Ghosh Bala station in the SSP126 scenario, which exhibited a significant negative trend, and the maximum temperature values at the Kardeh Dam station in the SSP585 scenario, which showed a significant positive trend. Overall, in all scenarios, temperatures are expected to rise in the future period compared to the base period, while precipitation will either increase or decrease depending on the specific month, season, and the mountainous nature of the Kardeh Dam Basin.

**Keywords:** Climate variability; CMIP6; Emission scenario; Mann-Kendall test

### **How to cite this article**

Akbari, M., malekinezhad, H. and hajibigloo, M. (2025). Investigating Climate Change and Future Precipitation and Temperature Trend in the Kardeh Dam Basin. *Desert Management*, 12(4), 87-106. DOI: [10.22034/JDMAL.2025.2048201.1493](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2025.2048201.1493)



## Extended Abstract

### Introduction

Precipitation and temperature are the most important physical variables in climate (20, 24) that determine the climatic conditions of a region. Climate change, by altering precipitation and temperature patterns, has significant effects on the water cycle and hydrological characteristics of watersheds, potentially posing a major threat to global water resources. It can also impact water supply, increasing the risks of droughts and floods (18, 19, 20). General Circulation Models (GCMs) are mathematical models that simulate the Earth's climate system. They show that increasing greenhouse gas concentrations will have substantial consequences for climate at both global and regional scales (21). The Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6), a major initiative within global climate change studies conducted by the IPCC, aims to provide valuable information to policymakers and researchers. Initiated in 2014, CMIP6 was designed to address gaps left by CMIP5 and tackle emerging challenges in climate modeling (4). Unlike previous models, CMIP6 integrates Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) to account for social, economic, and technological factors that can influence emissions, thereby offering a more accurate understanding of future climate scenarios. A climate scenario is a simplified representation of future climate based on known climate relationships, designed to explore the potential consequences of human-induced climate change (25). Since the outputs from general circulation models are on a global scale, they cannot directly be applied to local or regional studies. To address this, statistical downscaling techniques are used to translate the large-scale data from CMIP6 models into region-specific temperature and precipitation projections, employing models like SDSM. Given that studies on future changes in precipitation and temperature patterns in the Kardeh Dam Basin using the latest climate models from the IPCC have not been conducted, this research can offer valuable insights. By predicting future trends in temperature and precipitation, it will assist in water resources management and support farmers in optimizing cultivation patterns. Informed decisions based on these predictions can help mitigate the risks of climate-related losses, allowing for sustainable agricultural practices that align with regional climate conditions.

### Material and Methods

The Kardeh Dam basin, with an area of approximately 550 square kilometers, is located in northeastern Iran, spanning the longitude range of 59°10' to 59°40' East and the latitude range of 36°35' to 36°59' North (Fig. 1). The basin hosts four rain gauge stations: Al, Balqur, Gosh Bala, and Jong, as well as two evaporation measurement stations: Kardeh Dam and Marshak. For this study, precipitation and temperature data from these stations over a common statistical period from 1992 to 2020 were utilized to analyze climate change and future trends (Table 1). The study used the CMIP6 Global Climate Model to statistically downscale precipitation and temperature data using the Statistical Downscaling Model (SDSM). Initially, the observed data from the base period were entered as dependent variables, while NCEP data were used as independent variables in the SDSM model. After data quality control during the screening stage, the 26 NCEP predictor variables (Table 2) were assessed for their correlation with meteorological parameters. The variables with the highest correlations were selected and included in the regression equation for the SDSM model. Following predictor selection, calibration and validation of the observed data and NCEP predictor data were carried out. After evaluating model accuracy for the base period (1992–2014), climate parameters of temperature and precipitation were projected for the future period of 2021–2035 under three scenarios: optimistic SSP126, intermediate SSP245, and pessimistic SSP585, based on the CMIP6 model outputs. The Mann-Kendall test was employed to detect fluctuations and trends in the time series data of precipitation, rainy days, and maximum and minimum temperatures.

### Results

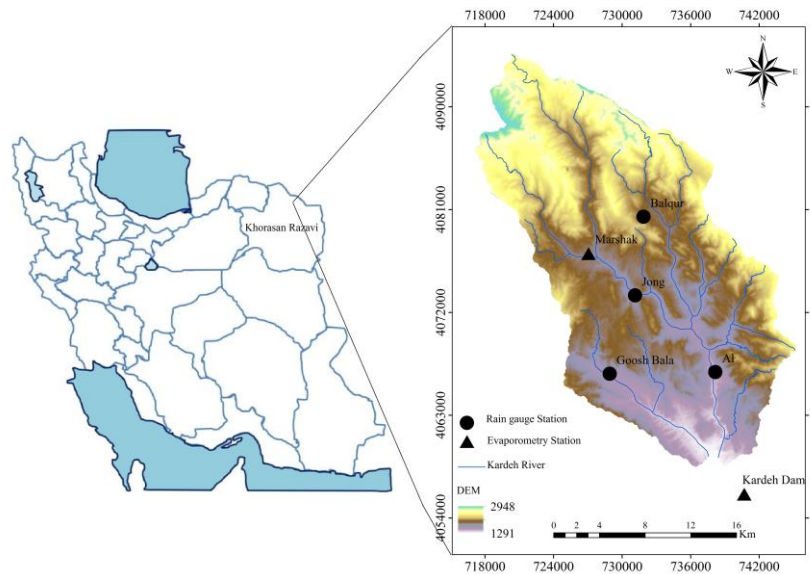
After preparing the data, among the 26 predictor variables, the "prcp" (precipitation) and "temp" (temperature) variables showed a higher correlation with the climatic variables of temperature and precipitation (Table 3). After selecting the best predictors, the observed and simulated data for the base period were compared, and the results are presented in Fig. 2 and 3. The model performance evaluation results are summarized in Table 4. The results from implementing the SDSM model indicate that, in the future years, the highest increase in precipitation across the studied scenarios is expected in March, during the winter season, while the lowest precipitation will occur in the months of June, July, August, and September, during the spring and summer seasons. Additionally, the highest increase in minimum temperature at Kardeh Dam and Marshak stations will occur in January during the winter season, while the greatest increase in maximum temperature is expected in July during the summer season (Fig. 4 and 5, and Table 5). The Mann-Kendall test results also revealed that, in the studied scenarios, the values of precipitation, minimum and maximum temperatures are either trendless or exhibit fluctuations. However, with

the exception of the precipitation data from the Ghosh Bala station in the SSP126 scenario, which shows a significant negative trend, and the maximum temperature data from the Kardeh Dam station in the SSP585 scenario, which demonstrates a significant positive trend (Table 6).

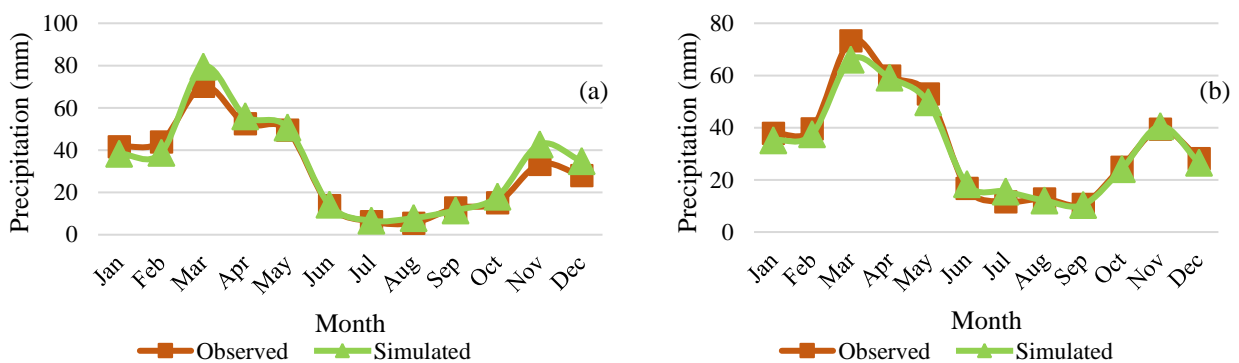
**Discussion and Conclusion**

In the current study, the trends and magnitude of changes in temperature and precipitation data for the Kardeh Dam basin during the future period (2021–2035) were compared to the base period (1992–2014). According to the results of the SDSM model, future projections indicate that the highest precipitation will occur during the winter season, while the lowest precipitation will be observed in the spring and summer seasons. The highest temperatures are also expected in the summer season. Given that the Kardeh Basin is located in a cold, mountainous region with surrounding foothills, winter precipitation often occurs as snow and cold weather in the highlands. As a result, the basin is expected to experience cold winters and hot summers. The temperature increase is particularly notable in rocky areas. Based on the Mann-Kendall test results, the precipitation data from the Gosh Bala station under the optimistic SSP126 scenario exhibited a significant negative trend at the 5% significance level. Additionally, the maximum temperature data from the Kardeh Dam station under the pessimistic SSP585 scenario demonstrated a significant positive trend at the 1% level. One of the primary factors contributing to the temperature increase is the rise in greenhouse gas emissions driven by population growth and industrial development. This increase in temperature, caused by the elevated concentration of greenhouse gases, supports the notion of global warming resulting from human activities. Furthermore, since the Kardeh Dam evaporation station is situated near the dam site, the water level in the reservoir behind the dam may also influence the local temperature. This could potentially lead to higher temperatures in the summer and lower temperatures in the winter.

**Keywords:** Climate variability; CMIP6; Emission scenario; Mann-Kendall test



**Fig 1.** Location of the Kardeh Dam basin and meteorological stations in Razavi Khorasan Province, Iran



**Fig 2.** Comparison of total observed and simulated precipitation data for the base period at rain gauge stations. (a) Al station, (b) Balqur station, (c) Goosh Bala station, (d) Jong station

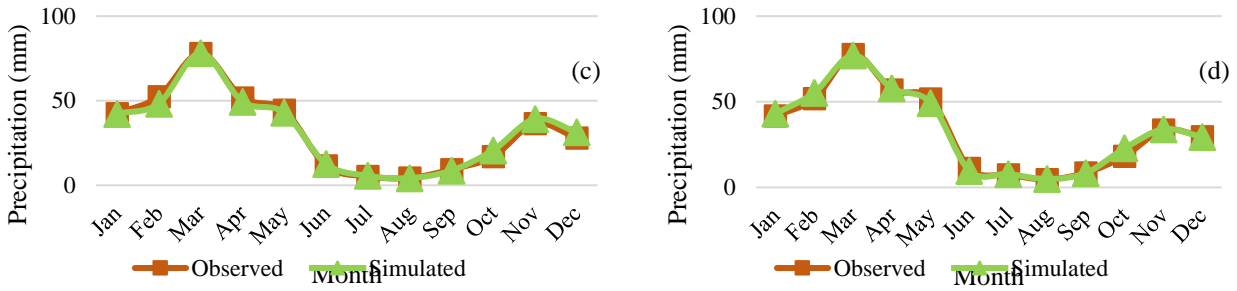


Fig 2. Continued.

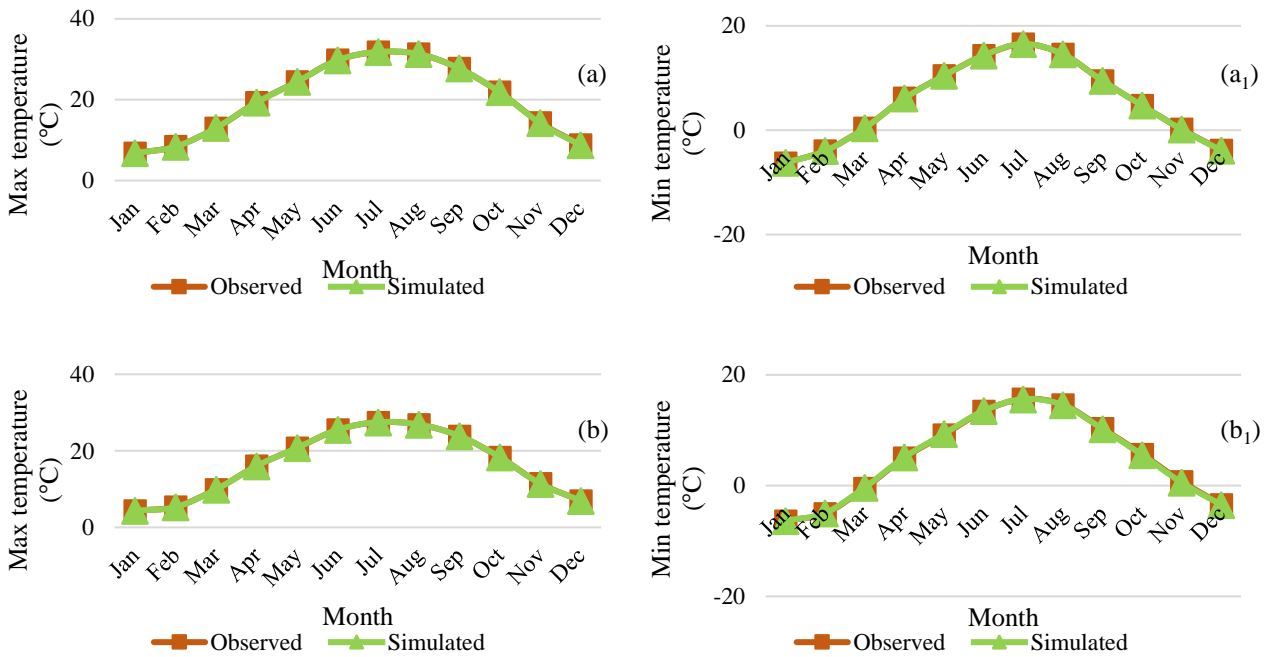


Fig 3. Comparison of average minimum and maximum observed and simulated temperatures for the base period at evaporimetry stations. (a, a<sub>1</sub>) Kardeh Dam station, (b, b<sub>1</sub>) Marshak station

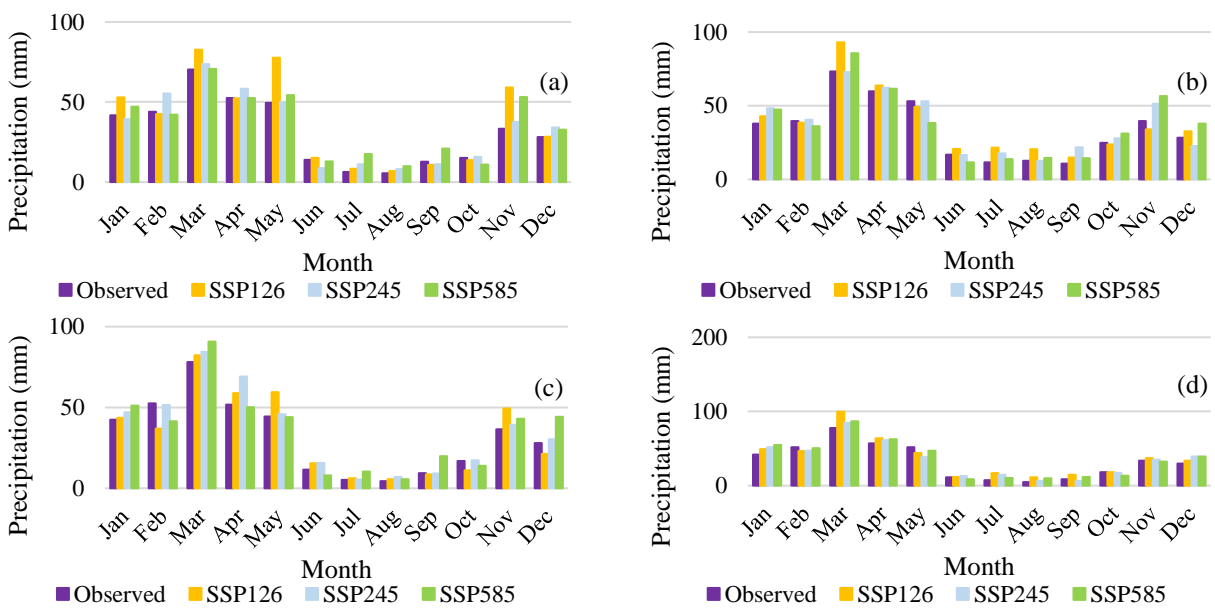


Fig 4. Precipitation changes at rain gauge stations during the future period compared to the base period under different scenarios. (a) Al station, (b) Balqur station, (c) Goosh Bala station, (d) Jong station.

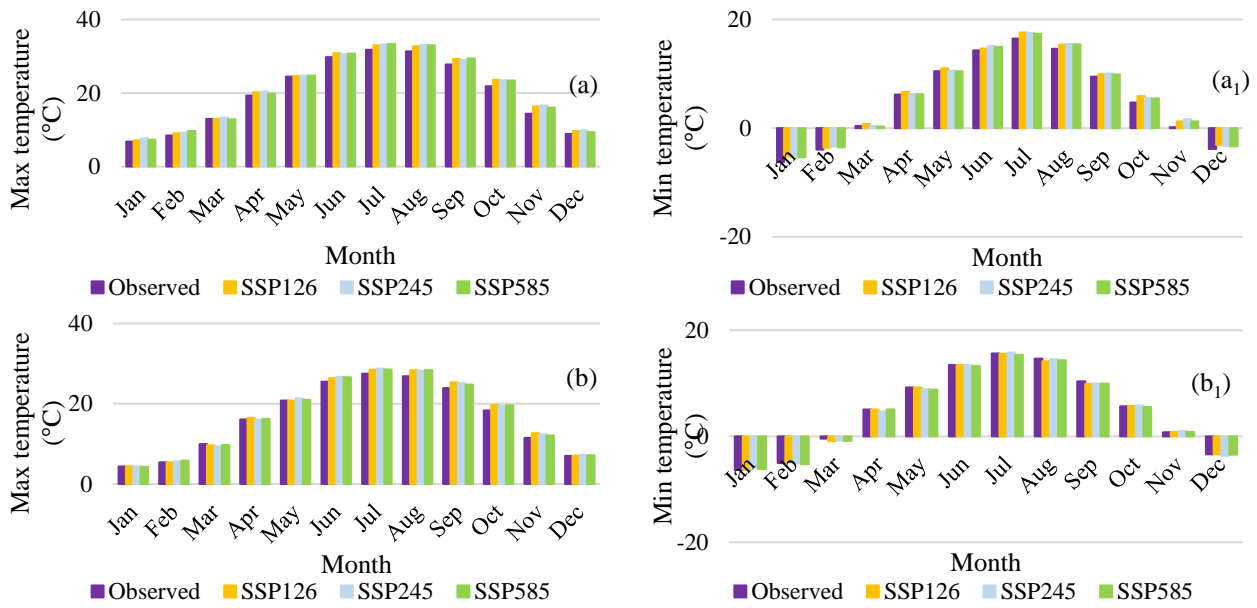


Fig 5. Changes in minimum and maximum temperatures at evaporimeter stations during the future period compared to the base period under different scenarios. (a, a<sub>1</sub>) Kardeh Dam station, (b, b<sub>1</sub>) Marshak station

Table 1. Characteristics of the studied stations in the Kardeh dam basin

| Station name | Longitude (m) | Latitude (m) | Altitude (m) | Station type |
|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Al           | 738162        | 4066787      | 1452         | Rain gauge   |
| Balqur       | 731876        | 4080380      | 1920         |              |
| Gosh Bala    | 728919        | 4066633      | 1561         |              |
| Jong         | 731133        | 4073498      | 1673         |              |
| Kardeh Dam   | 740695        | 4056093      | 1265         |              |
| Marshak      | 727059        | 4077157      | 1818         | Evaporometry |

Table 2. List of NCEP variables

| Row | Variable  | Row | Variable                                       |
|-----|---|-----|--|
| 1   | Mean sea level pressure (mslp)                  | 14  | 500 hPa Divergence of true wind (p5zh)         |
| 2   | 1000 hPa Wind speed (p1-f)                      | 15  | 850 hPa Wind Speed (p8-f)                      |
| 3   | 1000 hPa Zonal wind component (p1-u)            | 16  | 850 hPa Zonal wind component (p8-u)            |
| 4   | 1000 hPa Meridional wind component (p1-v)       | 17  | 850 hPa Meridional wind component (p8-v)       |
| 5   | 1000 hPa Relative vorticity of true wind (p1-z) | 18  | 850 hPa Relative vorticity of true wind (p8-z) |
| 6   | 1000 hPa Wind direction (p1th)                  | 19  | 850 hPa Geopotential (p850)                    |
| 7   | 1000 hPa Divergence of true wind (p1zh)         | 20  | 850 hPa Wind direction (p8th)                  |
| 8   | 500 hPa Wind speed (p5-f)                       | 21  | 850 hPa Divergence of true wind (p8zh)         |
| 9   | 500 hPa Zonal wind component (p5-u)             | 22  | Total precipitation (prcp)                     |
| 10  | 500 hPa Meridional wind component (p5-v)        | 23  | 500 hPa Specific humidity (s500)               |
| 11  | 500 hPa Relative vorticity of true wind (p5-z)  | 24  | 850 hPa Specific humidity (s8500)              |
| 12  | 500 hPa Geopotential (p500)                     | 25  | 1000 hPa Specific humidity (shum)              |
| 13  | 500 hPa Wind direction (p5th)                   | 26  | Air temperature at 2m (temp)                   |

Table 3. Predictor variables in the SDSM model

| Correlation Coefficient | Predictor Variable  | Predicted Variable | Station |
|-------------------------|---------------------|--------------------|---------|
| Al                      | Precipitation       | prcp               | 0.22    |
| Balqur                  |                     | prcp               | 0.16    |
| Gosh Bala               |                     | prcp               | 0.22    |
| Jong                    |                     | prcp               | 0.19    |
| Kardeh Dam              | Minimum Temperature | temp               | 0.95    |
|                         | Maximum Temperature | temp               | 0.94    |
| Marshak                 | Minimum Temperature | temp               | 0.95    |
|                         | Maximum Temperature | temp               | 0.95    |

Table 4. SDSM model evaluation criteria

| Station    | Parameter           | R     | RMSE  | MSE  |
|------------|---------------------|-------|-------|------|
| Al         |                     | 23.87 | 4.89  | 0.98 |
| Balqur     | Precipitation       | 8.16  | 2.86  | 0.99 |
| Gosh Bala  |                     | 4.90  | 2.21  | 1.00 |
| Jong       |                     | 3.72  | 1.93  | 1.00 |
| Kardeh Dam | Minimum Temperature | 0.001 | 0.036 | 1.00 |
|            | Maximum Temperature | 0.004 | 0.064 | 1.00 |
|            | Minimum Temperature | 0.010 | 0.102 | 1.00 |
| Marshak    | Maximum Temperature | 0.001 | 0.025 | 1.00 |

Table 5. Comparison of changes in average precipitation, maximum, and minimum temperatures between the base period and the future period

| Station    | Parameter                | 1992-2014 | 2021-2035 |        |        |
|------------|--------------------------|-----------|-----------|--------|--------|
|            |                          |           | SSP126    | SSP245 | SSP585 |
| Al         |                          | 31.07     | 37.55     | 33.56  | 35.36  |
| Balqur     | Precipitation (mm)       | 31.76     | 33.21     | 35.16  | 35.17  |
| Gosh Bala  |                          | 34.01     | 37.93     | 37.28  | 37.40  |
| Jong       |                          | 32.79     | 37.25     | 34.61  | 35.61  |
| Kardeh Dam | Minimum Temperature (°C) | 5.23      | 5.93      | 5.91   | 5.77   |
|            | Maximum Temperature (°C) | 19.81     | 20.79     | 20.81  | 20.91  |
| Marshak    | Minimum Temperature (°C) | 4.95      | 4.86      | 4.87   | 4.77   |
|            | Maximum Temperature (°C) | 16.42     | 17.06     | 17.05  | 17.01  |

Table 6. Z-statistic values from the Mann-Kendall test for trend analysis of annual climate data in the base and future periods.

| Station    | Parameter           | 1992-2014 | 2021-2035 |        |        |
|------------|---------------------|-----------|-----------|--------|--------|
|            |                     |           | SSP126    | SSP245 | SSP585 |
| Al         |                     | -2.11*    | 0         | 0.2    | -0.59  |
| Balqur     | Precipitation       | -2.96**   | -0.79     | 0.59   | -1.39  |
| Gosh Bala  |                     | -1.95     | -1.98*    | 0.59-  | 0.1    |
| Jong       |                     | -0.58     | 0.4       | -0.99  | -0.69  |
| Kardeh Dam | Minimum Temperature | -2.48*    | -0.1      | -0.4   | 0.89   |
|            | Maximum Temperature | 1.74      | 0.69      | 1.37   | 2.87** |
| Marshak    | Minimum Temperature | 2.48*     | -0.59     | 0.4    | 0.4    |
|            | Maximum Temperature | 3.06**    | 0.2       | 0      | 0      |

\*and\*\* significance level of 5% and 1% respectively.



## بررسی تغییر اقلیم و روند بارش و دمای آینده در حوزه آبخیز سد کارده

مریم اکبری<sup>۱</sup>، حسین ملکی نژاد<sup>۲\*</sup>، محبوبه حاجی بیگلو<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
  ۲. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
  ۳. دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- \* نویسنده مسئول: [hmalekinezhad@yazd.ac.ir](mailto:hmalekinezhad@yazd.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

 [10.22034/JDMAL.2025.2048201.1493](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2025.2048201.1493)

### چکیده

بارش و دما متغیرهای مهم برای ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم هستند. تغییر اقلیم با تغییر در الگوهای بارندگی و دما، تأثیر بارزی بر چرخه آب و ویژگی‌های هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز دارد. در پژوهش حاضر تغییرات اقلیمی دما و بارش حوضه سد کارده با استفاده از مدل سری CMIP6 تحت سه سناریوی خوش‌بینانه SSP126، حد واسطه SSP245 و بدبینانه SSP585، برای دوره آینده (۱۴۰۰-۱۴۱۴) نسبت به دوره پایه (۱۳۹۳-۱۳۷۰) با مدل ریزمقیاس نمائی SDSM مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای بررسی روند داده‌ها از آزمون من‌کندال استفاده شد. بررسی نتایج اجرای مدل SDSM حاکی از آن است که در سال‌های آینده بیشترین میزان افزایش بارش در سناریوهای مورد بررسی، مربوط به ماه اسفند در فصل زمستان و کمترین میزان بارش مربوط به ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور در فصل‌های بهار و تابستان خواهد بود. همچنین بیشترین افزایش دمای حداقل ایستگاه سد کارده و مارشک برای دی‌ماه در فصل زمستان و بیشترین افزایش دمای بیشینه برای تیرماه در فصل تابستان رقم خواهد خورد. نتایج آزمون من‌کندال نیز نشان داد که در سناریوهای مورد بررسی مقدار بارندگی، دمای حداقل و دمای بیشینه بدون روند یا دارای نوساناتی هستند. به جز بارش ایستگاه گوش‌بالا در سناریوی SSP126 که دارای روند منفی معنی‌دار و متغیر بیشینه دمای ایستگاه سد کارده در سناریوی SSP585 که دارای روند مثبت معنی‌دار می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان گفت در تمامی سناریوها افزایش دما در دوره آینده در مقایسه با دوره پایه رخ خواهد داد، در حالی که میزان بارش بسته به ماه‌ها و فصول مختلف و باتوجه به کوهستانی بودن حوضه سد کارده افزایش یا کاهش نشان می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** آزمون من‌کندال؛ پروژه مقایسه مدل‌های جفت‌شده فاز ششم؛ تغییرپذیری اقلیم؛ سناریوی انتشار

### استناد به این مقاله

اکبری، مریم، ملکی نژاد، حسین و حاجی بیگلو، محبوبه. (۱۴۰۳). بررسی تغییر اقلیم و روند بارش و دمای آینده حوضه سد کارده. مدیریت بیابان، ۱۲(۴)، ۸۷-۱۰۶. DOI: [10.22034/JDMAL.2025.2048201.1493](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2025.2048201.1493)



## ■ مقدمه

بارش و دما مهمترین متغیرهای فیزیکی در اقلیم هستند (۲۰، ۲۴) که شرایط اقلیمی یک منطقه را تعیین می‌کنند. تغییر اقلیم با تغییر در الگوهای بارندگی و دما، اثرات بارزی بر چرخه آب و ویژگی هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز دارد و به‌عنوان تهدیدی بزرگ بر منابع آبی است. همچنین می‌تواند بر عرضه آب، همراه با خطر افزایش وقوع خشکسالی و سیل تأثیرگذار باشد (۱۸، ۱۹، ۲۰). داده‌های مدل گردش عمومی جو<sup>۱</sup> (GCM) مدل‌های ریاضی هستند که سعی در شبیه‌سازی سامانه اقلیمی زمین دارند و نشان می‌دهد که افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای پیامدهای قابل توجهی برای اقلیم در مقیاس جهانی و منطقه‌ای خواهد داشت (۲۱). پروژه مقایسه مدل‌های جفت‌شده فاز ششم<sup>۲</sup> (CMIP6) نیز بخشی از بررسی‌های جهانی تغییر اقلیم است که توسط IPCC برای ارائه اطلاعات به سیاست‌گذاران و پژوهشگران انجام شده است. این پروژه در سال ۲۰۱۴ برای پر کردن شکاف‌های علمی باقیمانده در CMIP5 و رسیدگی به چالش‌های جدید در حال ظهور در مدل‌سازی اقلیم آغاز شد (۴). CMIP6 از مسیرهای اجتماعی-اقتصادی مشترک<sup>۳</sup> (SSP) استفاده می‌کند تا جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و فناوری را که می‌توانند بر انتشار تأثیر بگذارند، در نظر بگیرد و منجر به درک دقیق‌تری از سناریوهای احتمالی اقلیمی آینده شود. سناریوی اقلیمی تصویر ساده‌شده‌ای از آب و هوای آینده بر اساس روابط اقلیمی است که برای بررسی پیامدهای بالقوه تغییرات ایجادشده ناشی از عوامل انسانی بر آب و هوا ساخته شده است (۲۵). از آنجا که خروجی مدل‌های گردش عمومی جو بزرگ مقیاس می‌باشند، لذا این خروجی‌ها قابل استفاده در مقیاس محلی یا منطقه‌ای نیستند. بنابراین برای ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های بارندگی و دما از داده‌های مدل جهانی اقلیمی CMIP6 با استفاده از مدل‌های مختلف از جمله SDSM<sup>۴</sup> استفاده می‌شود. مدل SDSM ابزار پشتیبانی تصمیم است که ارزیابی تأثیرهای منطقه‌ای گرمایش جهانی را از طریق فراهم ساختن فرایند کاهش مقیاس مکانی داده‌های ارائه شده توسط مدل‌های اقلیمی جهانی بزرگ مقیاس،

تسهیل می‌کند (۵). این مدل توسط ویلبی<sup>۵</sup> سال ۲۰۰۲ به‌عنوان ابزاری برای ریزمقیاس کردن به‌روش آماری توسعه یافته است (۲۶). پس از تحلیل سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی، تجزیه و تحلیل روند بلندمدت پارامترهای اقلیمی یک چالش اساسی در پژوهش‌های پایش تغییرات اقلیمی است و دیدگاه بهتری برای برنامه‌ریزی‌های آینده فراهم می‌کند. همچنین به حرکت کلی یک سری عددی در دوره زمانی طولانی یا تغییر طولانی‌مدت متغیر وابسته، روند گفته می‌شود (۹). یافتن نوسان‌ها و وجود روند در داده‌های سری زمانی بارندگی، روز بارانی و دمای بیشینه و کمینه با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک از جمله آزمون من‌کندال<sup>۶</sup> انجام می‌گیرد (۳). این آزمون ابتدا در سال ۱۹۴۵ توسط مان مطرح و سپس در سال ۱۹۷۵ توسط کندال توسعه یافت (۲۳). مطالعاتی درخصوص اهمیت پدیده تغییر اقلیم و بررسی روند سری زمانی توسط پژوهشگران مختلف انجام شده است که می‌توان به بررسی‌های گوناگونی اشاره کرد: نتایج پیش‌بینی تغییر متغیرهای اقلیمی ناشی از تغییر اقلیم با سناریوهای B1، A2 و A1B در حوزه آبخیز بلغور سد کرده نشان داد، در هر سه سناریو در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ بارش کاهش و دمای کمینه و بیشینه افزایش خواهد یافت (۱۵). در بررسی تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر دما و بارش دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱ براساس مدل CMIP6 در ایستگاه ساری بررسی شد. نتایج سناریوهای SSP245 و SSP585 حاکی از افزایش میانگین تغییرات دما از ۱/۱۶°C تا ۴/۰۹°C و افزایش ۳۴٪ تا ۳۶٪ بارش سالانه می‌باشد (۲۱). پیش‌بینی دما و بارش در ۳۰ ایستگاه اصلی ایران تحت سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مدل CMIP6 نشان می‌دهد که افزایش دما در دوره ۲۰۹۹-۲۰۷۱ بین ۱°C تا ۴/۷°C در تمامی سناریوها در مقایسه با دوره تاریخی ۱۹۹۲-۲۰۲۰ رخ خواهد داد، در حالی که میزان بارش بسته به فصل افزایش یا کاهش نشان می‌دهد (۶). بررسی نتایج پیش‌بینی تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر دما، بارش و جریان در حوزه آبریز Vea (غنا)، افزایش دما را به‌طور متوسط بین ۲/۱۰°C تا ۳/۵°C تحت سناریوی SSP245 و

<sup>4</sup> Statistical DownScaling Model

<sup>5</sup> Wilby

<sup>6</sup> Mann-Kendall test

<sup>1</sup> General Circulation Models (GCM)

<sup>2</sup> The Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)

<sup>3</sup> Shared Socioeconomic Pathways (SSP)

سفره‌های آبی منجر به کاهش نگران‌کننده در سطح سفره‌ها شده است. بنابراین، بررسی سری‌های زمانی و تغییرات در الگوی دما و بارش حاصل از سوابق گذشته و تلاش برای پیش‌بینی سری‌های زمانی آینده، در استفاده بهینه از منابع آبی کمک می‌کند. همچنین تحلیل روند زمانی بارش، برای مدیریت پایدار و توسعه آینده منابع آبی یک منطقه خاص بسیار مناسب است. از این‌رو، با توجه به اینکه بررسی تغییرات الگوهای بارش و دما در دوره‌های آتی با جدیدترین مدل‌های اقلیمی ارائه‌شده توسط IPCC، در حوضه سد کارده انجام نگرفته است، این بررسی می‌تواند با پیش‌بینی روند متغیر اقلیمی دما و بارش در دوره آینده نتایج مفیدی ارائه دهد؛ تا کارشناسان بتوانند آگاهانه برای بهینه‌سازی مدیریت منابع آبی و تعیین الگوی کشت منطبق بر شرایط اقلیمی در منطقه تصمیم بگیرند.

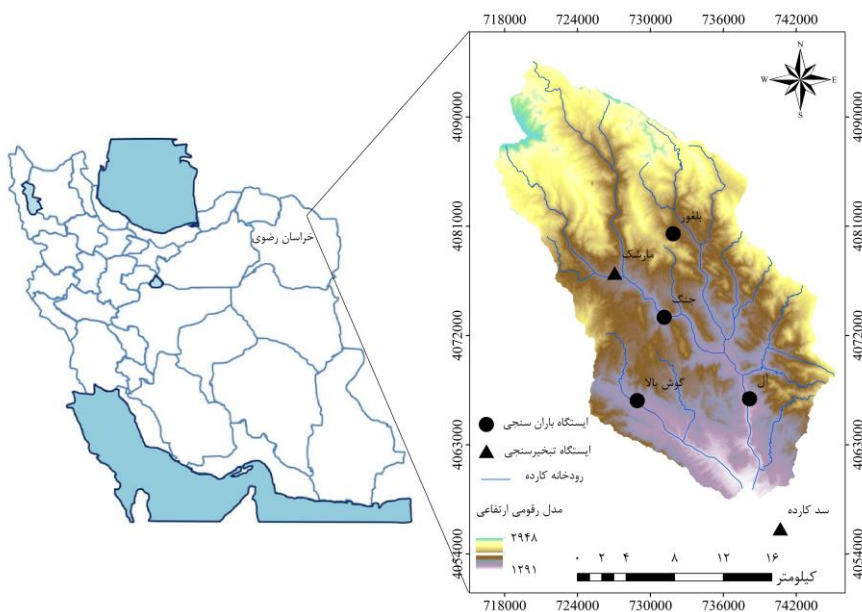
### ■ مواد و روش

#### منطقه مورد بررسی

حوضه سد کارده با مساحتی حدود  $550 \text{ km}^2$  کیلومتر مربع در شمال شرق ایران و در  $42 \text{ km}$  شمال شهر مشهد واقع است. این حوضه در دامنه‌های جنوبی رشته کوه‌های هزار مسجد در محدوده مختصات  $59^{\circ}10'$  تا  $59^{\circ}40'$  طول شرقی و  $36^{\circ}35'$  تا  $36^{\circ}59'$  عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱).

بین  $2/7^{\circ}\text{C}$  تا  $4/15^{\circ}\text{C}$  تحت سناریوی SSP585 نشان می‌دهد. همچنین کاهش میانگین بارندگی سالانه در SSP245، بین  $12/34\%$  تا  $13/1\%$  و در SSP585 بین  $12/6\%$  تا  $13/6\%$  پیش‌بینی می‌شود (۱). در بررسی اقلیم تانزانیا تحت مدل CMIP6 پیش‌بینی می‌شود که دماهای کمینه و بیشینه از سال ۲۰۴۰ تا ۲۰۷۱ تحت سناریوهای SSP245 و SSP585 در مناطق مختلف بین  $0/14^{\circ}\text{C}$  تا  $0/21^{\circ}\text{C}$  در هر دهه افزایش یابد. همچنین میانگین بارش در برخی از مناطق افزایش و در مناطق دیگر کاهش بارندگی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، در هر دو سناریو افزایش دما و بارندگی برای اکثر مناطق تانزانیا پیش‌بینی می‌شود (۱۲). یافته‌های مطالعه دیگری در میانه و غرب عراق، روند افزایشی دما و بارندگی را تحت دو سناریوی SSP245 و SSP585 در دوره ۲۰۲۳-۲۰۵۰ در مقایسه با دوره ۲۰۱۴-۱۹۸۳ پیش‌بینی می‌کند (۱۱).

رودخانه کارده از مهم‌ترین رودخانه‌های دائمی استان خراسان رضوی است. سد بتنی کارده که بر روی رودخانه کارده ساخته شده است، بخش عمده‌ای از آب شرب و کشاورزی شهر مشهد را تأمین می‌کند. مقدار ناچیز بارندگی در مناطق نیمه‌خشک همراه با پراکنش نامناسب آن باعث ایجاد خشکسالی‌ها و کمبود آب می‌گردد. لذا با خشکسالی‌های اخیر متأسفانه سطح آب پشت سد بسیار پایین آمده و آب بسیاری کمی در پشت سد باقی مانده است. از طرفی افزایش برداشت غیرمجاز آب زیرزمینی از



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های حوضه سد کارده در استان خراسان رضوی، ایران

مقیاس می‌باشند، لذا این خروجی‌ها قابل استفاده در مقیاس محلی یا منطقه‌ای نیستند. بنابراین ارائه رابطه‌ای کمی بین متغیرهای مشاهداتی کوچک مقیاس (محلی/منطقه‌ای) و متغیرهای بزرگ مقیاس (مدل گردش عمومی جو) لازم است (۲۷). برای ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های بارندگی و دما از داده‌های مدل جهانی اقلیم CMIP6 با بهره‌گیری از نرم‌افزار SDSM انجام شد. این رابطه به شکل معادله ۱ می‌باشد:

$$Y = f(X) \quad (1)$$

در این معادله  $Y$  متغیر پیش‌بینی‌کننده،  $X$  متغیر پیش‌بینی‌شونده، و  $f$  تابع انتقال است که به صورت تجربی از داده‌های مشاهداتی به دست می‌آید.

مدل SDSM با استفاده از روش آماری-تجربی بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده NCEP<sup>۱</sup> (شامل ۲۶ متغیر بزرگ مقیاس) و متغیرهای پیش‌بینی‌شونده شامل داده‌های مشاهداتی ارتباط برقرار می‌کند. براساس مدل‌سازی دوره پایه ۱۹۷۹-۲۰۱۴ و ارزیابی نتایج در پایان تغییر متغیرهای مشاهداتی در آینده (۲۰۱۵-۲۱۰۰) شبیه‌سازی می‌شوند. در پژوهش حاضر برای ریزمقیاس‌نمایی خروجی‌های مدل CMIP6 براساس داده‌های هواشناسی روزانه، در ابتدا داده‌های مذکور در دوره آماری پایه به‌عنوان متغیر وابسته و داده‌های NCEP به‌عنوان متغیر مستقل وارد مدل SDSM شدند. پس از کنترل کیفی داده‌ها در مرحله غربالگری از بین ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده NCEP که در جدول ۲ ارائه شده است، متغیرها با بیشترین مقدار همبستگی با متغیرهای هواشناسی انتخاب و وارد معادله رگرسیونی مدل SDSM شدند. بعد از انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌ها، داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های موردنظر و داده‌های پیش‌بینی‌کننده NCEP کالیبره و واسنجی شدند.

حوضه کارده حوضه‌ای کوهستانی و دارای دامنه‌هایی با شیب نسبتاً تند بوده است و رودخانه کارده یکی از سرشاخه‌های کشف‌رود در حوضه قره‌قوم است. بلندترین نقطه آن در ارتفاعات هزار مسجد با ارتفاع ۲۹۴۸m و پست‌ترین نقطه حوضه در محل سد کارده با ارتفاع ۱۲۹۱m و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۲۱۲۰m است. این منطقه از نظر اقلیمی دارای آب و هوای نیمه‌خشک و سرد و دارای متوسط بارندگی سالانه ۳۶۷mm و متوسط دمای سالانه ۶/۵°C می‌باشد. حوضه کارده دارای ۱۳ روستا با جمعیت حدود ۹۰۱۰ نفر بوده که مهمترین فعالیت اقتصادی آنان دامداری، باغداری و زراعت است که وضعیت دامداری آنان غالباً به صورت کوچ‌نشین‌اند.

### روش پژوهش

در پژوهش حاضر برای بررسی تغییر اقلیمی دما و بارش حوضه سد کارده از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی استفاده شد. حوضه سد کارده دارای چهار ایستگاه باران‌سنجی شامل آل، بلغور، گوش بالا و جنگ و دو ایستگاه تبخیرسنجی شامل سد کارده و مارشک می‌باشد (جدول ۱). داده‌های هواشناسی موردنیاز از جمله میانگین، کمینه و بیشینه دما و بارش ایستگاه‌های مورد بررسی (۱۳۵۰-۹۹) از اداره کل هواشناسی خراسان رضوی دریافت شد. پس از بررسی داده‌ها، آمارهای ناقص بازسازی شد و در پایان پس از همپوشانی داده‌ها، دوره آماری مشترک ۲۹ ساله از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹ برای تعیین روند و اجرای مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM انتخاب شد.

### مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM

به‌علت اینکه خروجی مدل‌های گردش عمومی جو بزرگ

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه سد کارده

| نام ایستگاه | طول جغرافیایی (m) | عرض جغرافیایی (m) | ارتفاع (m) | نوع ایستگاه |
|-------------|-------------------|-------------------|------------|-------------|
| آل          | ۷۳۸۱۶۲            | ۴۰۶۶۷۸۷           | ۱۴۵۲       | باران‌سنجی  |
| بلغور       | ۷۳۱۸۷۶            | ۴۰۸۰۳۸۰           | ۱۹۲۰       |             |
| گوش بالا    | ۷۲۸۹۱۹            | ۴۰۶۶۶۳۳           | ۱۵۶۱       |             |
| جنگ         | ۷۳۱۱۳۳            | ۴۰۷۳۴۹۸           | ۱۶۷۳       | تبخیرسنجی   |
| سد کارده    | ۷۴۰۶۹۵            | ۴۰۵۶۰۹۳           | ۱۲۶۵       |             |
| مارشک       | ۷۲۷۰۵۹            | ۴۰۷۷۱۵۷           | ۱۸۱۸       |             |

<sup>1</sup> National Centers for Environmental Prediction

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}}{n} \quad (۳)$$

ضریب همبستگی (R): بیان کننده میزان همبستگی بین مقادیر مشاهداتی و نتایج برآورد شده مدل می باشد که براساس رابطه ۴ محاسبه می شود (۱۵). ضریب همبستگی نشان دهنده ارتباط خطی بین دو متغیر می باشد و ابزاری ریاضی است که در پایه ریزی تحلیل های اقلیمی بسیار کاربردی است (۲۲).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Oi - \bar{O})(Pi - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Oi - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (Pi - \bar{P})^2}} \quad (۴)$$

که در روابط فوق، O و P به ترتیب مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده،  $\bar{O}$  و  $\bar{P}$  میانگین مقادیر مشاهده شده و میانگین مقادیر شبیه سازی شده و n تعداد داده هاست.

### تحلیل شیب روند دما و بارش با استفاده از آزمون ناپارامتریک من کندال

در پژوهش حاضر برای بررسی روند داده های بارش و دما از آزمون ناپارامتریک من کندال استفاده شد. در این آزمون عدم وجود روند در داده های سری زمانی با فرض  $H_0$  و وجود روند در داده های سری زمانی با فرض  $H_1$  نشان داده می شود.

پس از اینکه دقت مدل برای دوره پایه ۱۳۹۳-۱۳۷۰ ارزیابی شد، متغیرهای اقلیمی دما و بارش برای دوره آینده ۱۴۰۰-۱۴۱۴ با سناریوهای خوش بینانه SSP126، حدواسط SSP245 و بدبینانه SSP585 براساس خروجی مدل MPI-ESM1-2 تولید شدند.

### معیارهای ارزیابی عملکرد مدل

در پژوهش حاضر، برای ارزیابی عملکرد دقت مدل و انتخاب بهترین روش پیش بینی دما و بارش، از معیارهای میانگین مربعات خطا (MSE)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (R) استفاده شد. میانگین مربعات خطا (MSE): هرچه مقدار MSE کمتر باشد، مدل با دقت بیشتری می تواند مقادیر را پیش بینی کند که برای محاسبه آن از رابطه ۲ استفاده می شود:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2 \quad (۲)$$

مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE): نشان دهنده میزان خطای مدل می باشد که هرچه میزان RMSE کمتر و نزدیک به صفر باشد، بیانگر کارایی بیشتر مدل در برآورد پارامترهای بارش و دما می باشد و از طریق رابطه ۳ محاسبه می گردد:

جدول ۲. لیست متغیرهای NCEP

| ردیف | متغیر   | ردیف | متغیر   |
|------|---|------|---|
| ۱    | میانگین فشار سطح دریا (mslp)                      | ۱۴   | واگرایی در ارتفاع ۵۰۰hPa (p5zh)                   |
| ۲    | سرعت جریان هوا ژئوستروفیک در نزدیکی سطح (p1-f)    | ۱۵   | سرعت جریان هوا ژئوستروفیک در ارتفاع ۸۵۰hPa (p8-f) |
| ۳    | مؤلفه سرعت مداری نزدیک سطح (p1-u)                 | ۱۶   | مؤلفه سرعت مداری در ارتفاع ۸۵۰hPa (p8-u)          |
| ۴    | مؤلفه سرعت نصف النهاری نزدیک سطح (p1-v)           | ۱۷   | مؤلفه سرعت نصف النهاری در ارتفاع ۸۵۰hPa (p8-v)    |
| ۵    | تاوایی نزدیک سطح (p1-z)                           | ۱۸   | تاوایی در ارتفاع ۸۵۰hPa (p8-z)                    |
| ۶    | جهت باد نزدیک به سطح (p1th)                       | ۱۹   | ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰hPa (p850)               |
| ۷    | واگرایی نزدیک سطح (p1zh)                          | ۲۰   | جهت باد در ارتفاع ۸۵۰hPa (p8th)                   |
| ۸    | سرعت جریان هوا ژئوستروفیک در ارتفاع ۵۰۰hPa (p5-f) | ۲۱   | واگرایی در ارتفاع ۸۵۰hPa (p8zh)                   |
| ۹    | مؤلفه سرعت مداری در ارتفاع ۵۰۰hPa (p5-u)          | ۲۲   | بارش کل (prcp)                                    |
| ۱۰   | مؤلفه سرعت نصف النهاری در ارتفاع ۵۰۰hPa (p5-v)    | ۲۳   | رطوبت نسبی در ارتفاع ۵۰۰hPa (s500)                |
| ۱۱   | تاوایی در ارتفاع ۵۰۰hPa (p5-z)                    | ۲۴   | رطوبت نسبی در ارتفاع ۸۵۰hPa (s850)                |
| ۱۲   | ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰hPa (p500)               | ۲۵   | رطوبت نسبی نزدیک سطح (shum)                       |
| ۱۳   | جهت باد در ارتفاع ۵۰۰hPa (p5th)                   | ۲۶   | میانگین دما در ارتفاع ۲m (temp)                   |

۳ ارائه شده است. همانطور که مشخص است داده‌های دما نسبت به داده‌های بارندگی همبستگی بیشتری با داده‌های مشاهداتی دارند.

پس از انتخاب بهترین پیش‌بینی‌کننده، اقدام به تولید داده‌هایی از داده‌های مشاهداتی شد که نتایج مقایسه داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل SDSM برای دوره پایه ۱۳۹۳-۱۳۷۰ با بارش و دما مشاهداتی، در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است. سپس برای اطمینان از صحت و دقت مدل SDSM، مقادیر دما و بارش شبیه‌سازی شده با استفاده از متغیرهای NCEP و داده‌های مشاهداتی، با شاخص‌های آماری مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. با نگاه کلی به نمودارهای ۲ و ۳ می‌توان برآورد کرد دقت شبیه‌سازی دما بسیار بیشتر از بارش است. نتایج حاصل از جدول ۴ نیز حاکی از آن است که دقت مدل SDSM در ایستگاه‌ها و متغیرهای مختلف متفاوت است. مدل مذکور در شبیه‌سازی دما نسبت به بارش از دقت مناسب‌تری برخوردار است. همچنین در بین ایستگاه‌های باران‌سنجی، ایستگاه جُنگ در مقایسه با دیگر ایستگاه‌ها نتایج بهتری ارائه داده است که ناشی از مناسب‌تر بودن و بهتر بودن کیفیت داده‌ها است. پس از تحلیل آماری داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده به تولید داده‌های هواشناسی آینده با استفاده از سناریوهای اقلیمی پرداخته شد. به منظور بررسی تغییرات مقادیر دمای کمینه، دمای بیشینه و میزان بارش در دوره آینده، نتایج مدل ریزمقیاس‌نمایی تحت سناریوهای خوش‌بینانه SSP126، حد واسطه SSP245 و بدبینانه SSP585 در ایستگاه‌های مورد بررسی، ارزیابی شد (شکل‌های ۴ و ۵).

آزمون من‌کنندال با تعریف آماره S به صورت رابطه ۵ بیان می‌شود:

$$S = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j-i+1}^n \text{sign}(X_i + X_j) \quad (5)$$

که در آن  $X_i$  و  $X_j$  مقادیر مرتب‌شده نمونه و  $n$  تعداد نمونه را نشان می‌دهد. S آماره آزمون و  $\text{sign}$  تابع علامت است. مقدار  $\text{sign}$  برای  $X > 0$  برابر یک، برای  $X = 0$  برابر صفر و برای  $X < 0$  برابر منفی یک خواهد بود و مقدار نمره استاندارد شده Z و واریانس آماره S از روابط زیر حاصل می‌شود:

$$Z_c = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q \text{tp}(\text{tp}-1)(2\text{tp}+5)] \quad (7)$$

که در آن  $\text{tp}$  شماره گر برای مقدار  $p$  و  $q$  تعداد گره‌هاست. مقادیر مثبت Z نشان‌دهنده روند صعودی و مقادیر منفی Z نشان‌دهنده روند نزولی پارامترهای اقلیمی خواهد بود (۲، ۱۳).

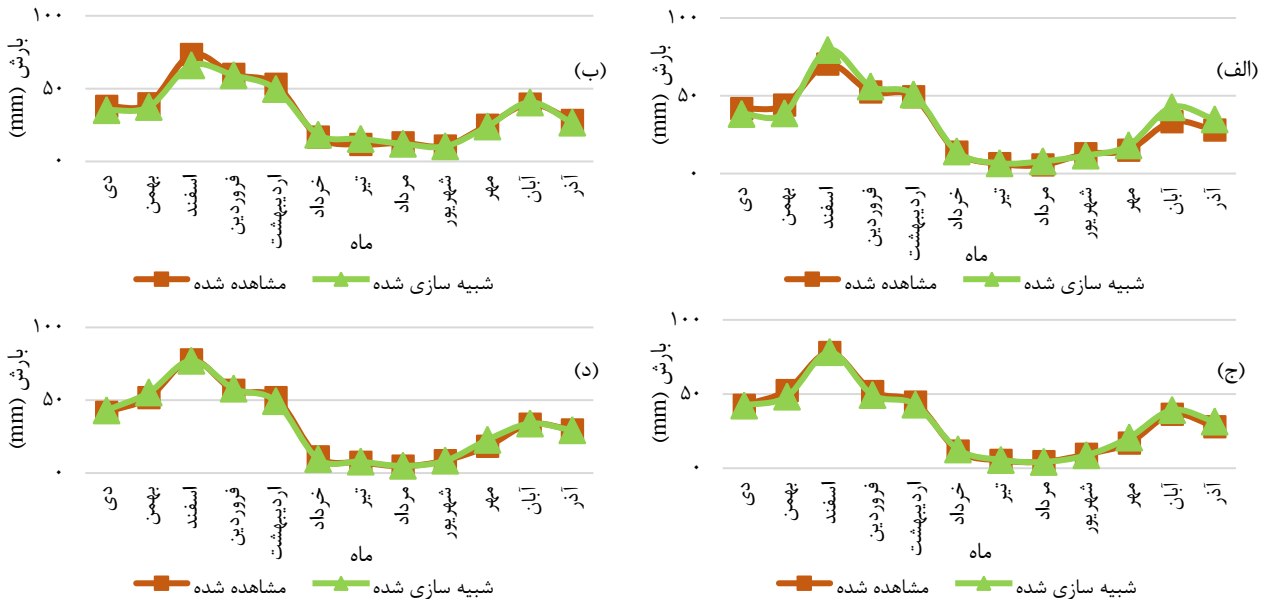
## نتایج

### تحلیل سناریوهای اقلیمی مدل SDSM

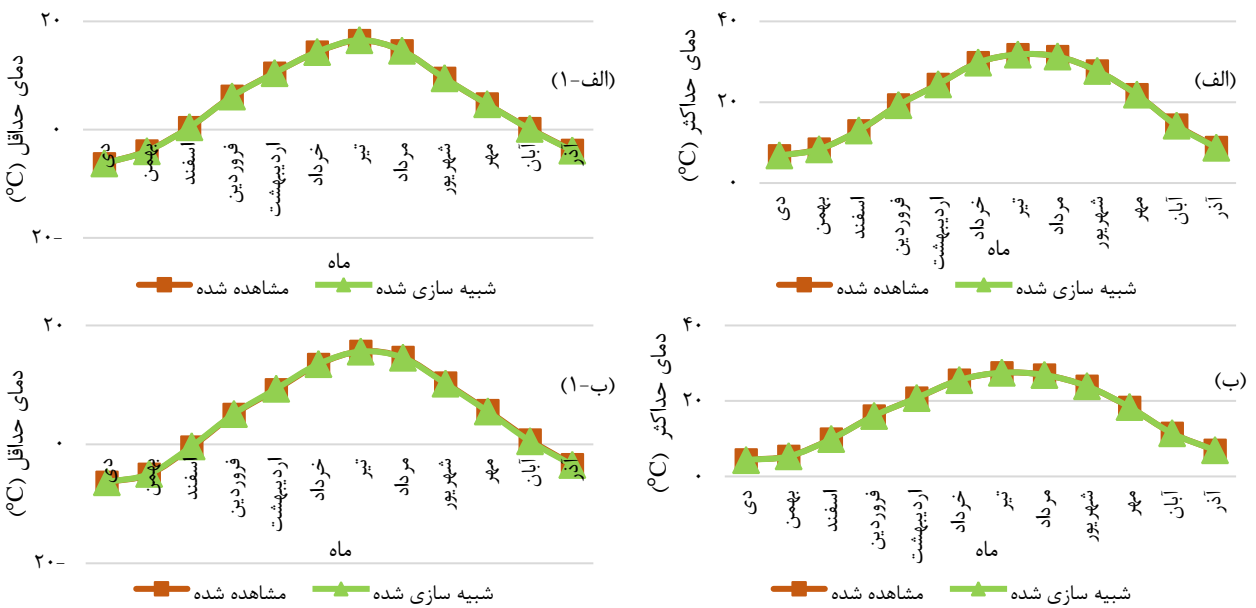
پس از رفع نواقص آماری، کنترل کیفیت و آماده‌سازی داده‌های مشاهداتی، از بین ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده، متغیر  $\text{prcp}$  (بارش کل) و متغیر  $\text{temp}$  (میانگین دما در ارتفاع ۲m) همبستگی بیشتری با متغیرهای اقلیمی مشاهداتی همچون بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه داشتند. نتایج محاسبه شده در ایستگاه‌های منتخب در جدول

جدول ۳. متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در مدل SDSM

| P-Value | همبستگی جزئی | متغیر پیش‌بینی‌کننده | متغیر پیش‌بینی شونده | ایستگاه  |
|---------|--------------|----------------------|----------------------|----------|
| ۰/۰۰    | ۰/۲۲         | prcp                 |                      | آل       |
| ۰/۰۰    | ۰/۱۶         | prcp                 |                      | بلغور    |
| ۰/۰۰    | ۰/۲۲         | prcp                 | بارش                 | گوش بالا |
| ۰/۰۰    | ۰/۱۹         | prcp                 |                      | جنگ      |
| ۰/۰۰    | ۰/۹۵         | temp                 |                      | سد کارده |
| ۰/۰۰    | ۰/۹۵         | temp                 | دمای کمینه           | مارشک    |
| ۰/۰۰    | ۰/۹۴         | temp                 |                      | سد کارده |
| ۰/۰۰    | ۰/۹۵         | temp                 | دمای بیشینه          | مارشک    |



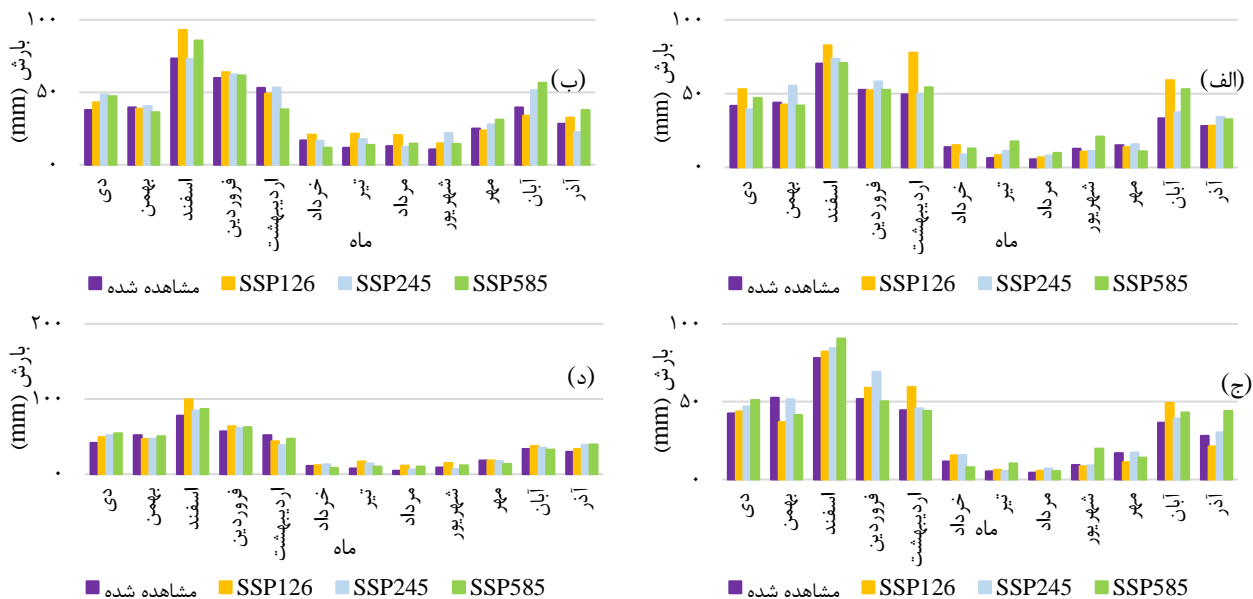
شکل ۲. مقایسه مجموع داده‌های بارش مشاهده شده و شبیه‌سازی شده دوره پایه در ایستگاه‌های باران‌سنجی (الف) ایستگاه آل (ب) ایستگاه بلغور، (ج) ایستگاه گوش بالا، (د) ایستگاه جنگ



شکل ۳. مقایسه میانگین دمای کمینه و بیشینه مشاهده شده و شبیه‌سازی شده دوره پایه در ایستگاه‌های تبخیرسنجی (الف، الف-ب-ج-د) ایستگاه سد کارده (ب، ب-۱) ایستگاه مارشک

جدول ۴. معیارهای ارزیابی مدل SDSM

| ایستگاه  | متغیر       | R     | RMSE  | MSE  |
|----------|-------------|-------|-------|------|
| آل       |             | ۲۳/۸۷ | ۴/۸۹  | ۰/۹۸ |
| بلغور    |             | ۸/۱۶  | ۲/۸۶  | ۰/۹۹ |
| گوش بالا | بارش        | ۴/۹۰  | ۲/۲۱  | ۱/۰۰ |
| جنگ      |             | ۳/۷۲  | ۱/۹۳  | ۱/۰۰ |
| سد کارده | دمای کمینه  | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۳۶ | ۱/۰۰ |
|          | دمای بیشینه | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۶۴ | ۱/۰۰ |
|          | دمای کمینه  | ۰/۰۱۰ | ۰/۱۰۲ | ۱/۰۰ |
| مارشک    | دمای بیشینه | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۲۵ | ۱/۰۰ |



شکل ۴. تغییر بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی در دوره آینده نسبت به دوره پایه با سناریوهای مختلف (الف) ایستگاه آل (ب) ایستگاه بلغور، (ج) ایستگاه گوش بالا، (د) ایستگاه جُنگ

در ایستگاه گوش بالا بیشترین و کمترین میزان بارش ماهانه در دوره پایه به ترتیب مربوط به اسفندماه ۷۸mm و مردادماه ۴/۳۷mm می‌باشد. بیشترین میزان بارش برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به اسفندماه به ترتیب برابر ۸۲/۱۷mm، ۸۴/۳۳mm و ۹۰/۶۵mm و کمترین میزان بارش برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 به ترتیب برای ماه‌های مرداد، تیر و مرداد برابر ۵/۵۷mm، ۵/۴۵mm و ۵/۵۳mm می‌باشد. با این توضیحات نسبت به دوره پایه بیشترین و کمترین میزان بارش به سناریوی SSP585 و SSP245 اختصاص داده شده است (شکل ۴-ج).

در ایستگاه جُنگ نیز بیشترین و کمترین میزان بارش ماهانه در دوره پایه به ترتیب مربوط به اسفندماه ۷۷/۷۲mm و مردادماه ۴/۷۲mm است. بیشترین میزان بارش برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به اسفندماه به ترتیب برابر ۹۹/۶۰mm، ۸۴/۶۳mm و ۸۶/۹۰mm و کمترین میزان بارش برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 به ترتیب برای ماه‌های مرداد، مرداد و خرداد برابر ۱۱/۳۴mm، ۶/۴۵mm و ۸/۵۲mm می‌باشد. با این توضیحات نسبت به دوره پایه بیشترین و کمترین میزان بارش به سناریوی SSP126 و SSP245 اختصاص داده شده است (شکل ۴-د).

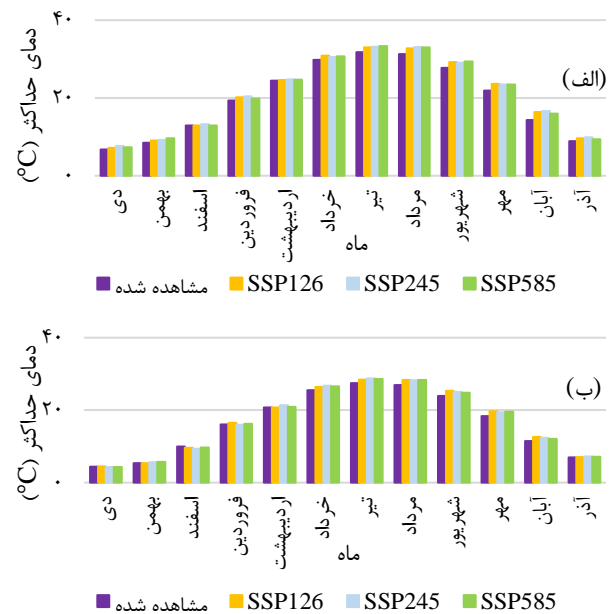
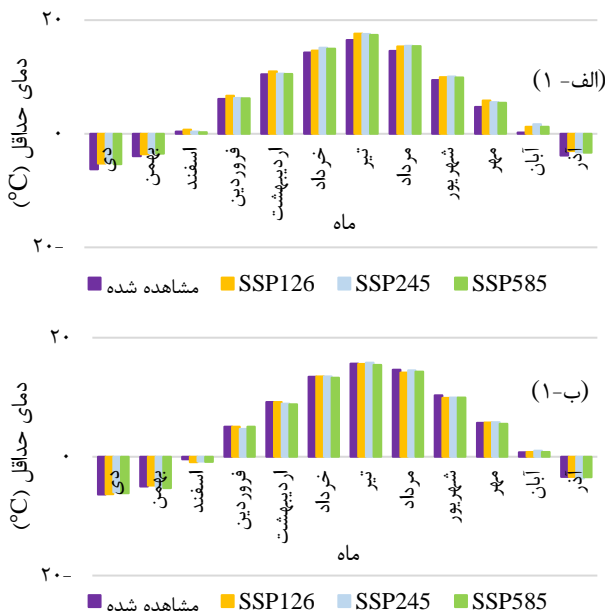
باتوجه به نتایج این بخش، در ایستگاه آل بیشترین و کمترین میزان بارش ماهانه در دوره پایه (۱۳۷۰-۱۳۹۳) به ترتیب مربوط به اسفندماه ۷۰/۳۰mm و مردادماه ۵/۵۴mm می‌باشد. همچنین بیشترین میزان بارش برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به اسفندماه به ترتیب برابر ۸۲/۷۳mm، ۷۳/۶۰mm و ۷۰/۷۱mm و کمترین میزان بارش برای سناریوهای SSP245، SSP126 و SSP585 مربوط به ترتیب برابر ۶/۹۱mm، ۸/۰۲mm و ۹/۸۵mm می‌باشد. بنابراین نسبت به دوره پایه، بیشترین و کمترین میزان بارش به سناریوی SSP126 اختصاص داده شده است (شکل ۴-الف).

در ایستگاه بلغور بیشترین و کمترین میزان بارش ماهانه در دوره پایه به ترتیب مربوط به اسفندماه ۷۳/۳۸mm و شهریورماه ۱۰/۶۸mm است. بیشترین مقدار بارش برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به اسفندماه به ترتیب برابر ۹۳/۰۷mm، ۷۲/۹۰mm و ۸۵/۷۰mm و کمترین میزان بارش برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 به ترتیب مربوط به ماه‌های شهریور، مرداد و خرداد برابر ۱۴/۸۶mm، ۱۲/۴۶mm و ۱۱/۶۶mm می‌باشد. بنابراین نسبت به دوره پایه بیشترین و کمترین مقدار بارش به سناریوهای SSP126 و SSP585 اختصاص داده شده است (شکل ۴-ب).

SSP126 و SSP585 اختصاص داده شده است (شکل ۵- الف).

در ایستگاه مارشک نیز بیشترین و کمترین میزان دمای کمینه ماهانه در دوره پایه به ترتیب مربوط به دی ماه  $6/36^{\circ}\text{C}$  و تیرماه  $15/64^{\circ}\text{C}$  می باشد. بیشترین میزان دمای کمینه ماهانه برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به دی ماه به ترتیب برابر  $6/31^{\circ}\text{C}$ ،  $5/98^{\circ}\text{C}$  و  $6/16^{\circ}\text{C}$  و کمترین میزان دمای کمینه ماهانه برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به تیرماه به ترتیب برابر  $15/57^{\circ}\text{C}$ ،  $15/79^{\circ}\text{C}$  و  $15/40^{\circ}\text{C}$  می باشد. بنابراین نسبت به دوره پایه بیشترین و کمترین دمای کمینه ماهانه به ترتیب به سناریوی SSP126 و SSP245 اختصاص داده شده است. همچنین بیشترین و کمترین میزان دمای بیشینه ماهانه ایستگاه مارشک نیز در دوره پایه به ترتیب مربوط به تیرماه برابر  $27/46^{\circ}\text{C}$  و کمترین دمای بیشینه مربوط به دی ماه برابر  $4/40^{\circ}\text{C}$  می باشد. بیشترین میزان دمای بیشینه ماهانه برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به تیرماه به ترتیب برابر  $28/45^{\circ}\text{C}$ ،  $28/81^{\circ}\text{C}$  و  $28/57^{\circ}\text{C}$  و کمترین میزان دمای بیشینه ماهانه برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به دی ماه به ترتیب برابر  $4/46^{\circ}\text{C}$ ،  $4/32^{\circ}\text{C}$  و  $4/28^{\circ}\text{C}$  می باشد.

باتوجه به نتایج این بخش، در ایستگاه سد کارده بیشترین و کمترین مقدار دمای کمینه ماهانه در دوره پایه به ترتیب مربوط به دی ماه  $6/27^{\circ}\text{C}$  و تیرماه  $16/50^{\circ}\text{C}$  می باشد. همچنین بیشترین مقدار دمای کمینه ماهانه برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به دی ماه به ترتیب برابر  $5/26^{\circ}\text{C}$ ،  $5/15^{\circ}\text{C}$  و  $5/37^{\circ}\text{C}$  و کمترین میزان دمای کمینه ماهانه برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به تیرماه به ترتیب برابر  $17/61^{\circ}\text{C}$ ،  $17/57^{\circ}\text{C}$  و  $17/38^{\circ}\text{C}$  است. بنابراین نسبت به دوره پایه بیشترین و کمترین میزان دمای کمینه ماهانه به سناریوهای SSP126 و SSP585 اختصاص داده شده است. همچنین بیشترین و کمترین میزان دمای بیشینه ماهانه ایستگاه سد کارده در دوره پایه به ترتیب مربوط به تیرماه برابر  $31/79^{\circ}\text{C}$  و دی ماه برابر  $6/75^{\circ}\text{C}$  می باشد بیشترین میزان دمای بیشینه ماهانه برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به تیرماه به ترتیب برابر  $33/03^{\circ}\text{C}$ ،  $33/15^{\circ}\text{C}$  و  $33/30^{\circ}\text{C}$  و کمترین میزان دمای بیشینه ماهانه برای سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 مربوط به دی ماه به ترتیب برابر  $7/13^{\circ}\text{C}$ ،  $7/63^{\circ}\text{C}$  و  $7/32^{\circ}\text{C}$  می باشد. با این توضیحات نسبت به دوره پایه بیشترین و کمترین میزان دمای بیشینه ماهانه به سناریوی



شکل ۵. تغییرات دمای کمینه و بیشینه ایستگاه‌های تبخیرسنجی در دوره آ آینده نسبت به دوره پایه با سناریوهای مختلف (الف) ایستگاه سد کارده (ب، ب-۱) ایستگاه مارشک

### نتایج آزمون من کندال

برای شناسایی روند در داده‌های بارندگی و دمای حوزه سد کارده از آزمون من کندال استفاده شد. جدول ۶ نتایج مربوط به روند داده‌های اقلیمی سالانه در دوره پایه و آینده را با استفاده از این آزمون تحت سناریوهای مختلف اقلیمی نشان می‌دهد. بررسی نتایج آزمون من کندال در دوره پایه حاکی از آن است که در ایستگاه‌های باران‌سنجی مقدار بارندگی دارای روند کاهشی است که ایستگاه آل و بلغور به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار است. همچنین دمای کمینه ایستگاه سد کارده روند کاهشی معنی‌داری داشت و دمای بیشینه آن دارای روند افزایشی است. دمای کمینه و بیشینه ایستگاه مارشک نیز روند افزایشی معنی‌داری نشان می‌دهد. نتایج دوره آینده نیز نشان‌دهنده این موضوع است که در تمام ایستگاه‌ها در سناریوهای SSP126، SSP245 و SSP585 متغیرهای بارندگی، دمای کمینه و دمای بیشینه بدون روند و یا دارای نوسانات کاهشی و افزایشی هستند.

درواقع نسبت به دوره پایه بیشترین و کمترین میزان دمای بیشینه ماهانه به سناریوی SSP245 و SSP585 اختصاص داده شده است. در جدول ۵ نیز مقادیر مربوط به تغییرات متغیرهای دما و بارش در دوره پایه و آینده تحت سناریوهای مورد بررسی ارائه شده است (شکل ۵- ب). با دقت در شکل‌های ۴ و ۵ و مقایسه تغییر میانگین متغیرهای بارش و دما، این نتیجه حاصل شد که در سناریوهای مورد مطالعه نسبت به دوره پایه ۱۳۷۰-۱۳۹۳ به‌طور میانگین مقدار بارندگی در تمام ایستگاه‌های باران‌سنجی افزایش یافته است. دمای بیشینه و کمینه ایستگاه سد کارده و دمای بیشینه ایستگاه مارشک نیز افزایش، اما دمای کمینه ایستگاه مارشک نسبت به دوره پایه کاهش نشان داده است. بیشترین افزایش بارش نسبت به دوره پایه مربوط به سناریوی SSP126 در ایستگاه آل و سپس در ایستگاه جنگ به دست آمد و بیشترین افزایش دما مربوط به سناریوی SSP585 ایستگاه سد کارده است.

جدول ۵. مقایسه تغییر میانگین بارش، دمای بیشینه و کمینه در دوره پایه و آینده

| ایستگاه  | متغیر            | ۱۴۰۰-۱۴۱۴ |        |        |
|----------|------------------|-----------|--------|--------|
|          |                  | SSP585    | SSP245 | SSP126 |
| آل       |                  | ۳۵/۳۶     | ۳۳/۵۶  | ۳۷/۵۵  |
| بلغور    | بارش (mm)        | ۳۵/۱۷     | ۳۵/۱۶  | ۳۳/۲۱  |
| گوش بالا |                  | ۳۷/۴۰     | ۳۷/۲۸  | ۳۷/۹۳  |
| جنگ      |                  | ۳۵/۶۱     | ۳۴/۶۱  | ۳۷/۲۵  |
| سد کارده | دمای کمینه (°C)  | ۵/۷۷      | ۵/۹۱   | ۵/۹۳   |
|          | دمای بیشینه (°C) | ۲۰/۹۱     | ۲۰/۸۱  | ۲۰/۷۹  |
| مارشک    | دمای کمینه (°C)  | ۴/۷۷      | ۴/۸۷   | ۴/۸۶   |
|          | دمای بیشینه (°C) | ۱۷/۰۱     | ۱۷/۰۵  | ۱۷/۰۶  |

جدول ۶. مقادیر آماره Z آزمون من کندال در تحلیل داده‌های اقلیمی سالانه در دوره پایه و آینده

| ایستگاه  | متغیر       | ۱۴۰۰-۱۴۱۴ |        |        |
|----------|-------------|-----------|--------|--------|
|          |             | SSP585    | SSP245 | SSP126 |
| آل       |             | -۰/۵۹     | ۰/۲    | ۰      |
| بلغور    | بارش        | -۱/۳۹     | ۰/۵۹   | -۰/۷۹  |
| گوش بالا |             | ۰/۱       | -۰/۵۹  | -۱/۹۸* |
| جنگ      |             | -۰/۶۹     | -۰/۹۹  | ۰/۴    |
| سد کارده | دمای کمینه  | ۰/۸۹      | -۰/۴   | -۰/۱   |
|          | دمای بیشینه | ۲/۸۷**    | ۱/۳۷   | ۰/۶۹   |
| مارشک    | دمای کمینه  | ۰/۴       | ۰/۴    | -۰/۵۹  |
|          | دمای بیشینه | ۰         | ۰      | ۰/۲    |

\*, \*\*, به ترتیب سطح معنی‌داری ۱٪ و ۵٪

براساس خروجی مدل SDSM مشخص شد که در سال‌های آینده در چهار ایستگاه باران‌سنجی مورد مطالعه، بیشترین مقدار افزایش بارش در سناریوهای مورد بررسی، مربوط به اسفندماه در فصل زمستان و کمترین میزان بارش مربوط به ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور در فصل‌های بهار و تابستان خواهد بود. بیشترین افزایش دمای کمینه ایستگاه سد کارده و مارشک برای دی‌ماه در فصل زمستان و بیشترین افزایش دمای بیشینه برای تیرماه در فصل تابستان رقم خواهد خورد. روند طولانی‌مدت دما و بارش در گذشته، افزایش بارش در زمستان و کاهش بارش در تابستان، با پیش‌بینی‌های آینده همخوانی دارد. به‌علت اینکه حوضه کارده جزو مناطق سردسیر و کوهستانی است، همچنین به‌دلیل کوهپایه‌های اطراف آن، بارش‌های زمستانه غالباً به‌صورت بارش‌های برف و همراه با هوای سرد در ارتفاعات است. به‌همین دلیل حوضه مورد بررسی دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم خواهد بود. در سناریوی خوش‌بینانه SSP126 و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، برای ایستگاه جنگ بیشترین مقدار بارش ۹۹/۶۰ mm با سناریوی حدواسط SSP245 ایستگاه گوش بالا کمترین میزان بارش ۵/۴۵ mm پیش‌بینی شد. در سناریوی خوش‌بینانه SSP126 ایستگاه مارشک بیشترین دمای کمینه  $6/31^{\circ}\text{C}$  و در سناریوی بدبینانه SSP585 ایستگاه سد کارده بیشترین دمای بیشینه  $33/30^{\circ}\text{C}$  مشاهده شد. از آنجایی که ایستگاه باران‌سنجی جنگ و ایستگاه تبخیرسنجی مارشک در ارتفاعات و نقاط مرتفع‌تر نسبت به ایستگاه‌های گوش بالا و سد کارده احداث شده‌اند پیش‌بینی هوای سرد و بارانی دور از انتظار نیست. براساس نتایج آزمون من‌کندال، در سناریوهای مورد بررسی متغیرهای بارندگی، دمای کمینه و دمای بیشینه نسبت به دوره پایه بدون روند یا دارای نوساناتی در آینده پیش‌بینی شدند. لیکن متغیر بارش ایستگاه گوش بالا با سناریوی SSP126 دارای روند منفی معنی‌دار در سطح ۵٪ و متغیر دمای بیشینه سد کارده در سناریوی SSP585 که دارای روند مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ است. پژوهش‌هایی که در راستای پژوهش حاضر در دشت کرمان، ۳۰ ایستگاه اصلی ایران، ایستگاه ساری، در میانه و غرب

به استثنای متغیر بارش ایستگاه گوش بالا در SSP126 که دارای روند منفی معنی‌دار در سطح ۵٪ و متغیر بیشینه دمای سد کارده در SSP585 که دارای روند مثبت معنی‌دار در سطح ۱٪ می‌باشد. بیشترین روند افزایشی بارش مربوط به ایستگاه بلغور در SSP245 و سپس ایستگاه جنگ در SSP126 و بیشترین روند کاهشی بارش مربوط به ایستگاه گوش بالا در SSP126 می‌باشد که دارای روند کاهشی معنی‌داری است. همچنین بیشترین روند کاهش دمای کمینه برای ایستگاه مارشک در SSP126 و بیشترین روند افزایشی دمای بیشینه برای ایستگاه سد کارده در SSP585 لحاظ شده است که دارای روند مثبت است.

### ■ بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، پیش‌بینی داده‌های اقلیمی دما و بارش حوضه سد کارده با استفاده از نرم‌افزار SDSM براساس سه سناریوی خوش‌بینانه SSP126، حد واسط SSP245 و بدبینانه SSP585، برای دوره آینده (۱۴۱۴-۱۴۰۰) انجام شد. سپس به بررسی روند هریک از سناریوهای مورد مطالعه و مقایسه با روند دوره پایه (۱۳۹۳-۱۳۷۰) پرداخته شد. در بخش تحلیل متغیرهای شبیه‌سازی شده با استفاده از متغیرهای NCEP و داده‌های مشاهداتی، مدل SDSM در شبیه‌سازی دما نسبت به شبیه‌سازی بارش از دقت مناسب‌تری برخوردار است. عواملی نظیر تغییرپذیری زیاد و پیچیده بودن فرایند بارش، اختلاف شرایط اقلیمی ایستگاه، کیفیت داده‌ها، جابجایی ایستگاه‌ها، اثرات شهری شدن و سایر عامل‌های محلی که توسط مدل‌های بزرگ‌مقیاس در نظر گرفته نمی‌شوند، در خطای مدل‌سازی دخیل هستند (۸). در بین ایستگاه‌های باران‌سنجی، ایستگاه جنگ در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها نتایج بهتری ارائه داده است که علت آن بهتر بودن کیفیت داده‌ها و عدم وجود نقص در داده‌های آماری می‌باشد. در مطالعاتی که در رابطه با تغییر اقلیم صورت گرفته، همبستگی بیشتر دما نسبت به بارش با داده‌های مشاهداتی نتیجه این مقاله را به‌علت شرایط اقلیمی ایستگاه‌ها و کیفیت داده‌ها تأیید می‌کند (۷، ۱۰، ۱۴، ۱۶، ۱۷).

را تحت تأثیر قرار دهد و موجب افزایش دما در تابستان و کاهش دما در زمستان شود. همچنین گسترش اراضی کشاورزی با نیاز آبی زیاد و استفاده از روش‌های آبیاری غیر اصولی و ذخیره آب پشت سد در بالادست بدون در نظر گرفتن نیازهای پایین دست از جمله فعالیت‌های انسانی است که منجر به افزایش دما می‌شود. از آنجا که تقریباً ۹۰۰۰ ha از اراضی حوضه کارده را اراضی دیم تشکیل می‌دهد، تغییر اقلیم باعث می‌شود تولید اراضی دیم کاهش یابد و حتی با کاهش بارندگی، افزایش دما و تغییر الگوی زمانی و مکانی بارش، امکان انجام کشت دیم میسر نباشد. لذا با عنایت به اینکه بخش صنعت، کشاورزی و اقتصاد برای انجام فعالیت‌های خود به پیش‌بینی‌های آب‌وهوایی متکی هستند، برای ارتقای توسعه پایدار در این منطقه پیش‌نگری دما و بارش می‌تواند نقش بسیار مهمی در برنامه‌های توسعه آینده به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته باشد. بنابراین ضروری است که تغییراتی در الگوی فعلی کشاورزی و توسعه روش‌های کم‌آبیاری مورد توجه قرار بگیرد.

#### ■ سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های دانشگاه یزد و کلیه کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، کمال تقدیر و تشکر را بجا آورند.

عراق و در حوزه آبریز Vea در غنا انجام شد، مشابه پژوهش حاضر بیشترین افزایش دما را با سناریوی SSP585 و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای پیش‌بینی کرده‌اند (۱، ۶، ۷، ۱۱ و ۲۱). لازم به ذکر است که روند افزایشی بارش در ایستگاه بلغور در سناریوی SSP245 و ایستگاه جنگ در سناریوی SSP126 را می‌توان به ارتفاع بالاتر این ایستگاه‌ها نسبت به ایستگاه‌های آل و گوش بالا نسبت داد. به طور کلی می‌توان گفت افزایش دما در دوره آینده نسبت به دوره پایه در تمامی سناریوها رخ خواهد داد. در حالی که مقدار بارش بسته به فصل افزایش یا کاهش نشان می‌دهد. با توجه به اینکه حوضه سد کارده حوضه‌ای کوهستانی می‌باشد، افزایش دما در مناطق سنگی و صخره‌ای با شدت بیشتری مشاهده می‌شود. چندین مطالعه در تانزانیا، ایستگاه‌های سینوپتیک ژئوفیزیک، شمیرانات و مهرآباد تهران و ۳۰ ایستگاه اصلی ایران انجام شده است که مطابق با پژوهش حاضر روند افزایشی و کاهش بارش در ماه‌ها و فصول مختلف و روند افزایشی دما را تأیید می‌کنند (۶، ۱۲، ۲۸). در پژوهش حاضر بیشترین کاهش بارندگی در ایستگاه گوش بالا و بیشترین افزایش درجه حرارت در ایستگاه سد کارده رقم خواهد خورد. این افزایش دما ناشی از افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، گرم شدن زمین ناشی از فعالیت‌های انسانی را تأیید می‌کند. با توجه به اینکه ایستگاه تبخیرسنجی سد کارده در نزدیکی محل سد واقع شده است، سطح آب دریاچه پشت سد نیز می‌تواند دمای محلی

#### ■ References

1. Arfasa, G. F., Owusu-Sekyere, E., & Doke, D. A. (2024). Climate Change Projections and Impacts on Future Temperature, Precipitation, and Stream flow in the Veia Catchment, Ghana. *Environmental Challenges*, 14, 100813. DOI: 10.1016/j.envc.2023.100813
2. 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 and Engineering*, 11(36), 11-21. DOI: 20.1001.1.20089554.1396.11.36.2.4 [In Persian]
3. Duttarganvi, S., Sunkad, G., Rao, S., Channabasavanna, A. S., Desai, B. K., Umesh, M. R., & Ajayakumar, M. Y. (2021). Weather analysis through Mann-Kendall test and other applications. *Journal of Farm Sciences*, 34(Spl 5), 487-491. DOI: 10.61475/jfm.v34iSpl%205.282
4. Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937-1958. DOI: 10.5194/gmd-9-1937-2016

5. Gagnon, S., Singh, B., Rousselle, J., & Roy, L. (2005). An application of the statistical downscaling model (SDSM) to simulate climatic data for streamflow modelling in Québec. *Canadian Water Resources Journal*, 30(4), 297-314. DOI: 10.4296/cwrj3004297
6. Ghazi, B., Salehi, H., Cheshami, M., Zeydalinejad, N., & Linh, N. T. T. (2024). Projection of climate change impact on main climate variables and assessment of the future of Köppen–Geiger climate classification in Iran. *Acta Geophysica*, 73, 2017-2027. DOI: 10.1007/s11600-024-01457-6
7. Goodarzi, M. R., Heydaripour, M., Jamali, V., Sabaghzadeh, M., & Niazkar, M. (2023). Investigating Uncertainty of Future Predictions of Temperature and Precipitation in The Kerman Plain under Climate Change Impacts. *Hydrology*, 11(1), 2. DOI: 10.3390/hydrology11010002 [In Persian]
8. Haji Mohammadi, M., GhermezCheshmeh, B. & Azizian, A. (2019). Evaluate the performance of SDSM model in different station and predict climate variables for future. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 13(44), 28-37. DOI: 20.1001.1.20089554.1398.13.44.4.6 [In Persian]
9. Hawkins, C. A., & Weber, J. E. (1980). *Statistical analysis: Applications to business and economics*. Publisher: Harper & Row.
10. Lotfi gharanchai, Sh., Shakiba A., dashtbozorghi A., Rabbani, F., & Akbari Azirani, T. (2021). Modeling and Predicting Climatic Elements of Temperature and Precipitation (Case Study: Ahar Synoptic Station). *Physical Geography Quarterly*, 53(14), 57-74. [In Persian]
11. Mukheef, R. A., Hassan, W. H., & Alquzweeni, S. (2024). Projections of temperature and precipitation trends using CMhyd under CMIP6 scenarios: A case study of Iraq's Middle and West. *Atmospheric Research*, 306, 107470. DOI: 10.1016/j.atmosres.2024.107470
12. Magang, D. S., Ojara, M. A., Yunsheng, L., & King'uzza, P. H. (2024). Future climate projection across Tanzania under CMIP6 with high-resolution regional climate model. *Scientific Reports*, 14(1), 12741. DOI: 10.1038/s41598-024-63495-w
13. Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica. Journal of The Econometric Societ*, 13(3), 245-259. DOI: 10.2307/1907187
14. Mohammadi, P., Malekian, A., Nouri, M., & Rafiei, H. (2025). Simulation of climate change scenarios using the CMIP6 models (Case study: Taleqan Watershed). *Integrated Watershed Management*, 4(3), 30-51. DOI: 10.22034/iwm.2024.2022313.1132 [In Persian]
15. Mohammadian, A., Talebi, A., Goodrzi, M. & Abdolahi, A. (2019). Technical Note: Prediction of climatic parameters caused by climate change, case study: Balqur Watershed in Kardeh Dam, Khorasan-Razavi Province. *Watershed Engineering and Management*. 11(2), 551-561. DOI: 10.22092/ijwms.-2019.107546.1187 [In Persian]
16. Niroumandfard, F., Khashei, A., Hashemi, R., & Ghorbani, Kh. (2022). Investigation of Climate Change Projection on Temperature and Precipitation Parameters Using CMIP6 Models (Case Study: Birjand Station). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(9), 2009-2026. DOI: 10.22059/ijswr.-2022.343936.669284 [In Persian]
17. Nury, A. H., & Alam, M. J. B. (2013). Performance Study of Global Circulation Model HADCM3 Using SDSM for Temperature and Rainfall in North-Eastern Bangladesh. *Journal of Scientific Research*, 6(1), 87-96. DOI: 10.3329/jsr.v6i1.16511

18. Pal, A. B., Khare, D., Mishra, P. K., & Singh, L. (2017). Trend analysis of rainfall, temperature and runoff data: a case study of Rangoon watershed in Nepal. *International Journal of Students' Research in Technology & Management*, 5, 21-38. DOI: 10.18510/ijstrtm.2017.535
19. Panda, A., & Sahu, N. (2019). Trend analysis of seasonal rainfall and temperature pattern in Kalahandi, Bolangir and Koraput districts of Odisha, India. *Atmospheric Science Letters*, 20(10), e932. DOI: 10.1002/asl.932
20. Praveen, B., Talukdar, S., Shahfahad, Mahato, S., Mondal, J., Sharma, P., ... & Rahman, A. (2020). Analyzing trend and forecasting of rainfall changes in India using non-parametrical and machine learning approaches. *Scientific Reports*, 10(1), 10342. DOI: 10.1038/s41598-020-67228-7
21. Roshani, A., & Hamidi, M. (2022). Forecasting the effects of climate change scenarios on temperature & precipitation based on CMIP6 models (Case study: Sari station). *Water and Irrigation Management*, 11(4), 781-795. DOI: 10.22059/jwim.2022.330603.920 [In Persian]
22. Sedaghatkerdar, A. and Fattahi, E. 2008. Warning of drought indices in Iran, *Journal of Geography and Development, University of Sistan and Baluchestan*; 6(11), 76-59. DOI: 10.22111/gdij.2008.1616 [In Persian]
23. Serrano, A., Mateos, V. L., & Garcia, J. A. (1999). Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921–1995. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 24(1-2), 85-90. DOI: 10.1016/S1464-1909(98)00016-1
24. Singh, O., Arya, P., & Chaudhary, B. S. (2013). On rising temperature trends at Dehradun in Doon valley of Uttarakhand, India. *Journal of Earth System Science*, 122, 613-622. DOI: 10.1007/s12040-013-0304-0
25. Stocker, B. D., Roth, R., Joos, F., Spahni, R., Steinacher, M., Zaehle, S., ... & Prentice, I. C. (2013). Multiple greenhouse-gas feedbacks from the land biosphere under future climate change scenarios. *Nature Climate Change*, 3(7), 666-672. DOI: 10.1038/nclimate1864
26. Wilby, R. L., Dawson, C. W., & Barrow, E. M. (2002). SDSM—a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environmental Modelling & Software*, 17(2), 145-157. DOI: 10.1016/S1364-8152(01)00060-3
27. Wilby, R.L., & C.W. Dawson. 2008. *Using SDSM version 4.2- A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts*. user manual, 94 pp.
28. Yousefi, M. Reza., Asadian, F., & Khalidi, Sh. (2024). Forecasting and examining the future of climate change in Tehran. *Journal of Future Cities Vision*, 5(1), 179-197. [In Persian]

## **Investigation of The Impact of Flood Spreading on The Biological Indices of Plants in The Kowsar Aquifer Station**

S.M.R. Habibian<sup>1\*</sup>, E. Fakhimi<sup>2</sup>

1. Assistant Prof., Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Fars, Iran.
2. Assistant Prof., Natural Resources Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrkord, Iran.

\* Corresponding Author: m.habibian@areeo.ac.ir

Received date: 30/10/2024

Accepted date: 20/01/2025

 [10.22034/jdmal.2025.2044605.1489](https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2044605.1489)

### **Abstract**

In recent years, flood-spreading systems have emerged as one of the most effective methods for land utilization in arid and semi-arid regions. These systems operate by directing excess water from rivers or reservoirs onto agricultural land, facilitating soil infiltration. This practice not only enhances soil moisture and improves crop yields but also mitigates flood-related hazards, raises groundwater levels, and rehabilitates degraded lands. The present study aimed to assess the impact of flood spreading on biological indicators specifically, species diversity, composition, richness, and uniformity to support vegetation restoration and land improvement in the arid and desert region of Garbaygan, Fasa. This research was conducted in the Bisheh-Zard 1 flood-spreading network and a control plot (without flood spreading). Biological indicators (diversity, richness, uniformity, density, and species composition) were evaluated using a random-systematic sampling method along seven 150m transects. Six transects were placed within the Bisheh-Zard 1 flood-spreading network across six strips, while one transects was positioned in the control area. In each transect, 15 sample units of 2m<sup>2</sup> were established at 10m intervals, yielding a total of 105 sample units collected in the spring of 2023. The biological types of species were classified according to Raunkiaer's system in both flooded and control areas. Species richness and diversity were assessed using the Margalef and Menhinick indices, while the Shannon-Wiener and Simpson indices were applied to measure diversity. Uniformity was determined using Hill's index. PAST software was utilized for the analysis of biological indices. The results revealed a statistically significant difference ( $p < 0.01$ ) in biodiversity indices including species diversity, richness, uniformity, density, and species composition between the strips within the Bisheh-Zard 1 flood-spreading network and the control area. These findings highlight the positive impact of flood-spreading systems on biodiversity and provide valuable insights for ecosystem management and land restoration strategies in arid environments.

**Keywords:** Biodiversity; Species richness; Species Uniformity; Garbaygan; Fasa

### **How to cite this article**

Habibian, S.M.R. and Fakhimi, E. (2025). Investigating the effect of flood spreading on the biological indicators of plants in the Kowsar Aquifer Management station. *Desert Management*, 12(4), 107 -132. DOI: [10.22034/jdmal.2025.2044605.1489](https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2044605.1489)



## Extended Abstract

### Introduction

In recent years, flood-spreading systems have become one of the most effective methods for utilizing land in arid and semi-arid regions. The operation of flood spreading not only mitigates its associated risks but also raises the underground water table and contributes to the restoration and improvement of degraded lands. Studying plant diversity from an ecological perspective is crucial, as preserving and enhancing species diversity plays a fundamental role in achieving relative ecological stability when implementing biological interventions. This research aimed to assess biological indicators including diversity, composition, species richness, and uniformity resulting from flood spreading, with the goal of managing vegetation restoration and improvement in the dry and desert region of Garbaygan, Fasa.

### Material and Methods

The Kowsar Aquifer Management Research, Education, and Promotion Station is located in Gerbaygan, Fasa, covering an area of 2,200 ha, with an altitude ranging from 1,120 to 1,160m above sea level (Fig. 1). The study area has a dry climate, with an average annual rainfall of 211mm. The absolute maximum temperature reaches 46°C in July–August, while the absolute minimum drops to -6°C in February–March. The average annual evaporation has been reported at 2,555mm (32). Garbaygan Plain is situated at the intersection of the Irano-Turanian (plain region) and Gulf-Omani vegetation zones (21). This research was conducted in the Bisheh-Zard 1 flood-spreading network and a control plot (without flood spreading). The difference in vegetation status in the flood spreading area and the control area is visible (Fig. 2). Biological indicators including diversity, richness, uniformity, density, and species composition were sampled using a random-systematic method across seven 150m transects. Six transects were positioned within the Bisheh-Zard 1 flood-spreading network, distributed across six strips, while one transects was placed in the control area. Within each transect, 15 sample units of 2m<sup>2</sup> were taken at 10m intervals, totaling 105 sample units collected in the spring of 2023. The method of collecting field data within the sample unit (plot) in the study area is shown (Fig. 3). Satellite image shows flood spreading networks at the Kowsar aquifer management station (Fig. 4). The biological types of species were classified based on Raunkiaer's system in both the flooded and control areas. Species richness and diversity were assessed using Margalef and Menhinick indices, while Shannon-Wiener and Simpson indices were used to evaluate diversity. Uniformity was determined using Hill's index. PAST software was used to calculate the biological indices.

### Results

The descriptive analysis of the research data indicated that, in terms of plant longevity within the flood-spreading area, out of 154 identified species, 117 species (76%) were annuals, while 37 species (24%) were perennials. In contrast, within the control area, 45 species were identified, of which 19 species (42%) were annuals and 26 species (58%) were perennials (Fig. 5). From a floristic perspective, a total of 38 plant families and 154 species were collected and identified in the flood-spreading area (Appendix 1 Floristic Inventory of Plant Species in the Study Area). Most of species there are belong to Asteraceae family with 36 species, Poaceae family with 29 species, Papilionaceae family with 22 species, Brassicaceae family with 6 species and Apiaceae family with 6 species, that together 67.53% of the species belong to 5 plant families and (the rest 56 species) belong to 33 plant families respectively. While in the control area, a total of 16 families and 45 plant species were collected and identified. Most of the species there are belong to Asteraceae family with 11 species, Poaceae family with 10 species, Papilionaceae family with 7 species, Brassicaceae family with 7 species, Apiaceae family with 3 species, Chenopodiaceae family with 3 species, Lamiaceae family with 2 species (Fig. 6). Status of Raunkiaer's life forms and species present in vegetation in the flood spreading area and control area (Fig. 7). In total, 36 species (80%) were distributed among six plant families, while the remaining 9 species belonged to 9 different families. The statistical analysis of the research data revealed a significant difference (at the 1% level) between the Bisheh-Zard flood-spreading network and the control area in terms of biodiversity indices, including species diversity, richness, evenness, density, and species composition (Table 1). Furthermore, the results showed that in the flood-spreading area, biological indicators were measured as follows: species diversity, based on Simpson's index, was 1.95 compared to 0.56 in the control area; species richness, using Margalef's index, was 3.46 compared to 1.2 in the control area; species evenness, according to Hill's method, was 2.01 compared to 0.53 in the control area. Additionally, species density was 22.5 per square

meter in the flood-spreading area compared to 5 in the control area, while the number of plant species per square meter was 15 in the flood-spreading area and only 2 in the control area (Table 2).

### Discussion and Conclusion

The findings validate a statistically significant difference (at the 1% level) in biodiversity indices specifically diversity, richness, species uniformity, density, and species count—between the Bisheh Zard flood spreading network and the control area (Table 1). These findings align with previous research on flooding and biodiversity. Studies in the northern Pantanal, Brazil, reported increased abundance, richness, and plant composition following floods. Similarly, research in southeast Queensland found that flooding enhanced species diversity and richness in coastal habitats. In Zigoi, China, seasonal floods were shown to alter plant biodiversity, supporting this study's conclusions. Additionally, research in the Pantanal wetland of South America confirmed that flooding promotes diversity, richness, and species composition. The results also correspond with findings from Kiasar, Sari, where biodiversity indices including diversity, richness, and uniformity were significantly higher in flood-affected areas compared to non-flooded controls.

In the flood spreading area, 154 plant species were identified, of which 117 (76%) were annual and 37 (24%) were perennial. In contrast, the control area contained 45 species, with only 19 (42%) annuals and 26 (58%) perennials. The higher frequency of annual species and therophytes in the flood spreading area may be due to seed transport by sediments or livestock movement during floods. Flood spreading fosters unique habitat conditions by enhancing soil moisture, organic matter, and nutrient availability, leading to improved biodiversity indices. Even after 42 years, its positive effects on plant diversity in this region remain evident. These findings offer valuable insights for conservation efforts, genetic resource preservation, and ecosystem restoration strategies in similar environments.

**Keywords:** Biodiversity; Species richness; Species Uniformity; Garbaygan; Fasa

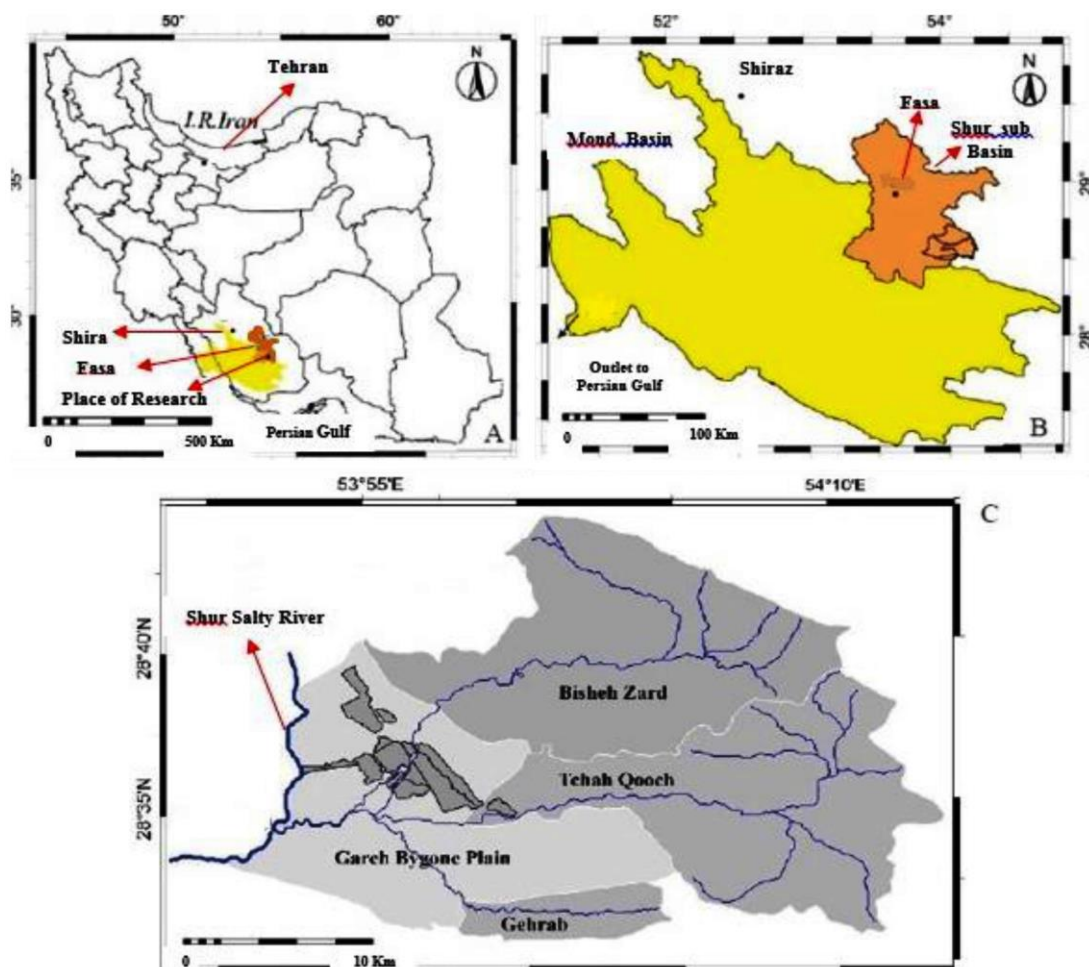


Fig 1. Location of grebayigan plain and kowsar watershed research station in Iran, Fars province, and Fasa county (34)



Fig 2. Right image of the flood spreading area of Bisheh Zard 1 network and left image of the control area (without flood spreading), year: 2023.



Fig 3. Vegetation data collection in the sample unit (plot) along the transect route in the flood spreading network strips, year: 2023

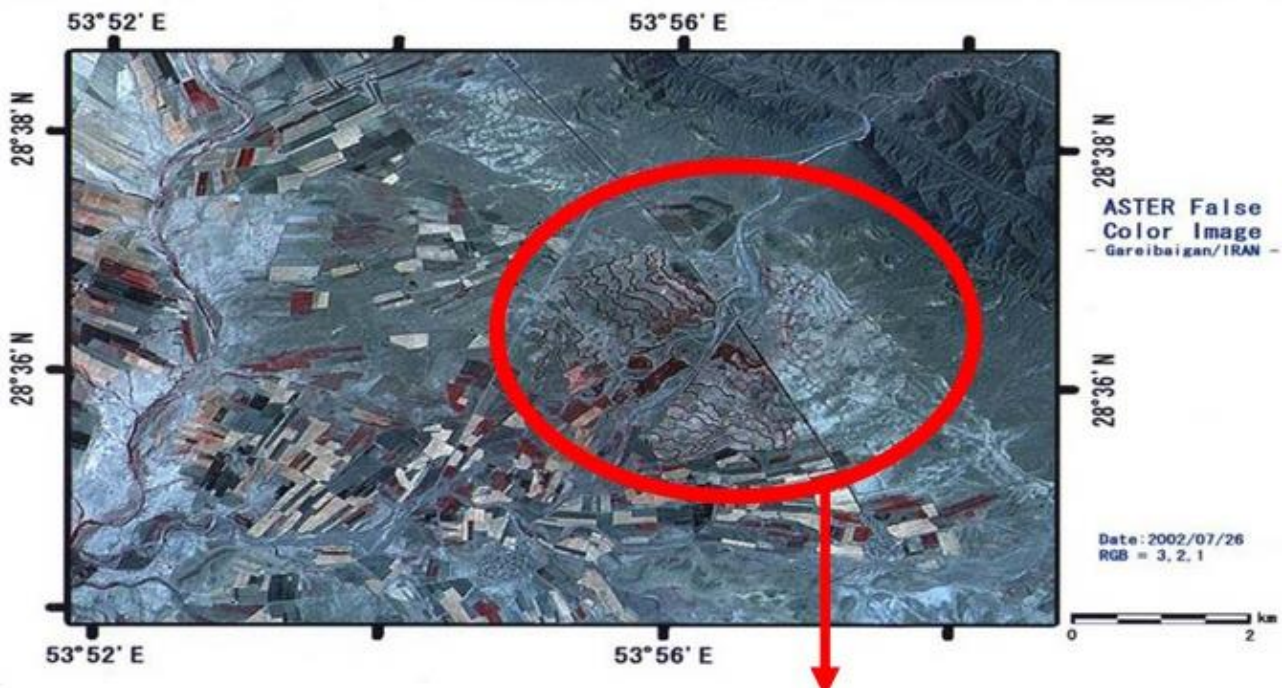


Fig 4. Satellite image Location of flood spreading networks and survey sites at the Kowsar aquifer management Station (27)

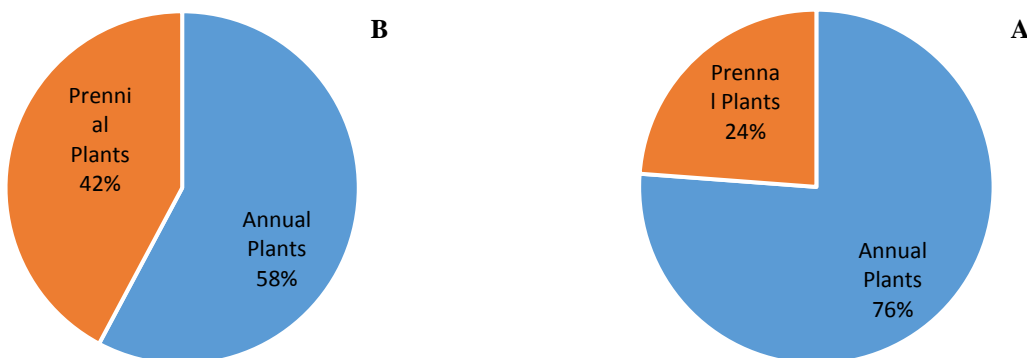


Fig 5. Percentage of plant longevity in the flood spread area (A) and control area (B)

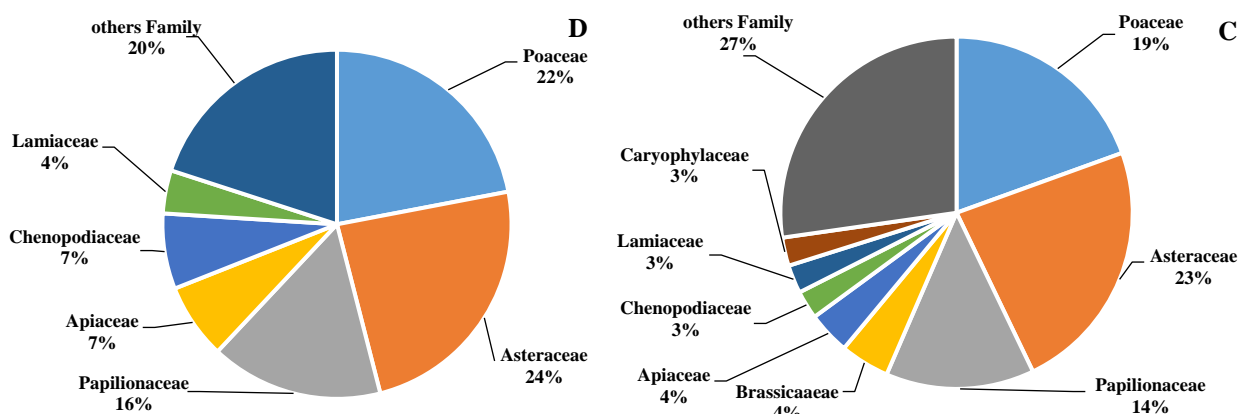


Fig 6. Status of the percentage of plant families present in the vegetation of the flood spreading area (C) and the control area (D)

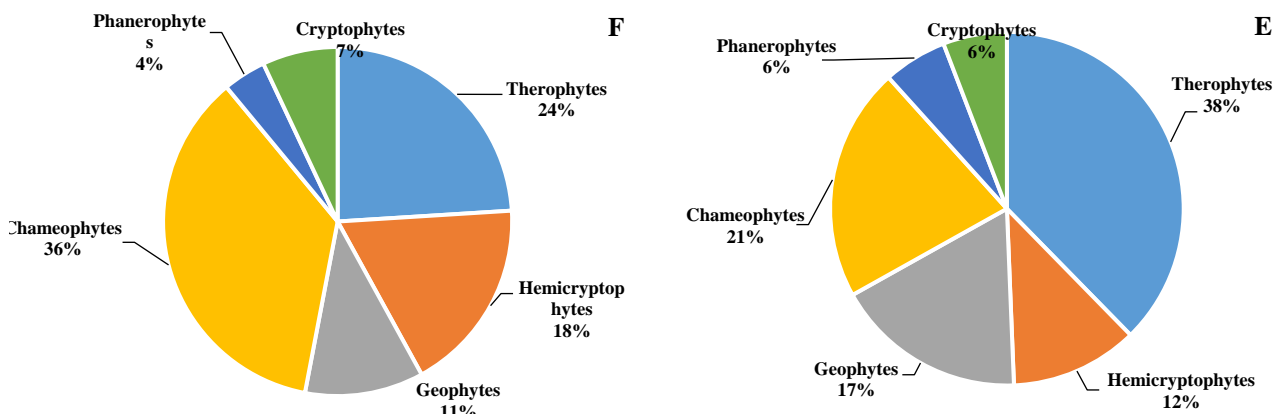


Fig 7. Status of Raunkiaer's life forms and species present in vegetation in the flood spreading area (E) and control area (F)

Table 1. Analysis of variance (ANOVA) of biodiversity indicators between flooded and control strips in the study area

| Sources of Variation             | Sources of error  | Degree of Freedom | Sum of Squares | Mean of Squares | F        |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------|
| Simpson species diversity        | Strips and Cotrol | 6                 | 44.5663        | 7.4277          | 9.85 **  |
|                                  | Error             | 98                | 73.9360        | 0.7544          |          |
|                                  | Total             | 104               | 118.5023       |                 |          |
| Shannon-Weiner species diversity | Strips and Cotrol | 6                 | 56.0893        | 9.3482          | 9.181 ** |
|                                  | Error             | 98                | 93.3912        | 0.9530          |          |
|                                  | Total             | 104               | 149.4805       |                 |          |
| Menchinic species richness       | Strips and Cotrol | 6                 | 93.586         | 15.598          | 14.12 ** |
|                                  | Error             | 98                | 108.224        | 1.104           |          |
|                                  | Total             | 104               | 201.810        |                 |          |
| Species richness of Margalef     | Strips and Cotrol | 6                 | 114.920        | 19.153          | 10.33 ** |
|                                  | Error             | 98                | 181.727        | 1.854           |          |
|                                  | Total             | 104               | 296.647        |                 |          |

Table 1. Continued.

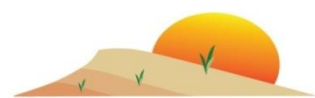
| Sources of Variation    | Sources of error  | Degree of Freedom | Sum of Squares | Mean of Squares | F        |
|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------|
| Hill species uniformity | Strips and Cotrol | 6                 | 55.5416        | 9.2569          | 13.11 ** |
|                         | Error             | 98                | 69.1984        | 0.7061          |          |
|                         | Total             | 104               | 124.7400       |                 |          |
| Species density         | Strips and Cotrol | 6                 | 9510.000       | 1585.000        | 14.91 ** |
|                         | Error             | 98                | 10418.000      | 106.300         |          |
|                         | Total             | 104               | 19928.000      |                 |          |
| Number of plant species | Strips and Cotrol | 6                 | 5455.710       | 909.290         | 19.45 ** |
|                         | Error             | 98                | 4581.350       | 46.750          |          |
|                         | Total             | 104               | 10037.070      |                 |          |

\*\* : Statistical difference at 1% level

Table 2. Comparison of mean biodiversity indices between flood spreading and control strips

| Number of plant species | Species density      | Hill species uniformity | Species richness of Margalef | Menchinic species richness | Shannon-Weiner species diversity | Simpson species diversity | Bisheh zard 1 flood spreading network and cotrol |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|--|
| 24.00 <sup>a</sup>      | 35.00 <sup>a</sup>   | 2.80 <sup>a</sup>       | 4.50 <sup>a</sup>            | 3.70 <sup>a</sup>          | 3.20 <sup>a</sup>                | 2.60 <sup>a</sup>         | Strip 1  |
| 20.00 <sup>a</sup>      | 29.00 <sup>ab</sup>  | 2.50 <sup>ab</sup>      | 4.20 <sup>a</sup>            | 3.40 <sup>ab</sup>         | 2.80 <sup>ab</sup>               | 2.40 <sup>ab</sup>        | Strip 2  |
| 18.00 <sup>ab</sup>     | 25.00 <sup>abc</sup> | 2.30 <sup>bc</sup>      | 3.80 <sup>ab</sup>           | 3.00 <sup>abc</sup>        | 2.50 <sup>abc</sup>              | 2.20 <sup>abc</sup>       | Strip 3  |
| 12.00 <sup>bc</sup>     | 18.00 <sup>bcd</sup> | 1.70 <sup>bcd</sup>     | 3.10 <sup>ab</sup>           | 2.40 <sup>bcd</sup>        | 1.90 <sup>bcd</sup>              | 1.60 <sup>bc</sup>        | Strip 4  |
| 9.00 <sup>c</sup>       | 15.00 <sup>cde</sup> | 1.50 <sup>cd</sup>      | 2.70 <sup>bc</sup>           | 2.10 <sup>cd</sup>         | 1.70 <sup>cd</sup>               | 1.50 <sup>bcd</sup>       | Strip 5  |
| 7.00 <sup>cd</sup>      | 13.00 <sup>de</sup>  | 1.30 <sup>de</sup>      | 2.50 <sup>bc</sup>           | 1.80 <sup>de</sup>         | 1.50 <sup>cd</sup>               | 1.40 <sup>cd</sup>        | Strip 6  |
| 2.00 <sup>d</sup>       | 5.00 <sup>e</sup>    | 0.53 <sup>e</sup>       | 1.20 <sup>c</sup>            | 0.74 <sup>e</sup>          | 0.95 <sup>d</sup>                | 0.56 <sup>d</sup>         | Control  |

Significant differences between means at the 1% level are indicated by different letters in each column



## بررسی تاثیر پخش سیلاب بر شاخص‌های زیستی گیاهان در ایستگاه آبخوانداری کوثر

سید محمدرضا حبیبیان<sup>۱\*</sup>، الهام فخمی<sup>۲</sup>

۱- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران.

۲- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.

\* نویسنده مسئول: [m.habibian@areeo.ac.ir](mailto:m.habibian@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱

doi [10.22034/jdmal.2025.2044605.1489](https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2044605.1489)

### چکیده

سامانه‌های پخش سیلاب، یکی از مؤثرترین روش‌ها برای بهره‌برداری از اراضی مناطق خشک و نیمه خشک است که علاوه بر کاهش خطر سیلاب موجب تغذیه سفره آب زیرزمینی و اصلاح و احیا اراضی تخریب یافته می‌شود. هدف از انجام پژوهش حاضر، اندازه‌گیری و مقایسه شاخص‌های زیستی از جمله تنوع، ترکیب، غنا و یکنواختی گونه‌ای در اثر پخش سیلاب در شبکه بیشه زرد یک گربایگان فسا و قطعه شاهد است. نمونه‌برداری به روش تصادفی- نظام‌مند از هفت نوار یا ترانسکت ۱۵۰m انجام شد و از شاخص‌های زیستی مانند تنوع، غنا، یکنواختی، تراکم و ترکیب گونه‌ای بهره‌گیری شد. تعداد شش نوار در شبکه پخش سیلاب بیشه زرد یک و یک ترانسکت در منطقه شاهد مستقر شد. در هر ترانسکت ۱۵ واحد نمونه ۲m<sup>2</sup> به فاصله ۱۰m از همدیگر و جمعاً ۱۰۵ واحد نمونه در بهار سال ۱۴۰۲ انجام شد. تیپ‌های گیاهی گونه‌ها بر اساس رده‌بندی رانکیئر در منطقه پخش سیلاب و شاهد تعیین شدند. غنا و تنوع گونه‌ای به ترتیب با استفاده از شاخص‌های مارگالف و منهنیک و شاخص‌های شانون-وینر و سیمپسون و یکنواختی با استفاده از شاخص هیل تعیین شد. برای تعیین شاخص‌های زیستی از نرم افزار PAST استفاده شد. نتایج نشان داد که از نظر مقدار شاخص‌های تنوع زیستی بین نوارهای پخش سیلاب بیشه زرد یک و شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده نشان داد که بعد از گذشت حدود ۴۲ سال از اجرای پخش سیلاب در منطقه، تاثیرهای مثبت آن بر شاخص‌های تنوع زیستی کاملاً مشهود است. با اجرای پخش سیلاب، شرایط رویشگاهی خاصی ایجاد می‌شود که با فراهم آوردن رطوبت خاک و افزایش مواد محموله، لاشبرگ و هوموس موجب افزایش مقادیر شاخص‌های زیستی نسبت به شاهد می‌شود. از نتایج پژوهش حاضر می‌توان در حفظ تنوع گیاهی و حفظ ذخایر ژنتیکی بهره برد.

**واژگان کلیدی:** تنوع زیستی؛ غنای گونه‌ای؛ یکنواختی گونه‌ای؛ گربایگان؛ فسا

### استناد به این مقاله

حبیبیان، سید محمدرضا، فخمی، الهام. (۱۴۰۳). بررسی تاثیر پخش سیلاب بر شاخص‌های زیستی گیاهان در ایستگاه آبخوانداری کوثر. مدیریت بیابان، ۱۲(۴)، ۱۰۷-۱۳۲. DOI: [10.22034/jdmal.2025.2044605.1489](https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2044605.1489)



## ■ مقدمه

کمی بارش، بی‌نظمی در زمان و مکان وقوع، رطوبت اندک و بروز خشکسالی‌های کوتاه و بلندمدت از ویژگی‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران است. پیامد این شرایط، کاهش رطوبت به‌عنوان عامل اصلی محدود کننده ایجاد و توسعه پوشش گیاهی در این مناطق است. بنابراین، یافتن راهکاری چند منظوره، ساده، کم هزینه و سازگار با ویژگی‌های طبیعی این پهنه‌ها برای تولید گیاهان زراعی، باغی، جنگلی و مرتعی با بهره‌گیری از روان آبها به‌ویژه در سال‌های خشک ضروری است. در حالی‌که، بحران کمبود آب و رطوبت، نزدیک به ۹۰٪ پهنه سرزمین خشک و نیمه‌خشک ایران را تهدید می‌کند، در این مناطق هر سال با وقوع سیل، آب فراوانی از دسترس خارج می‌گردد. تلاش‌های کنونی و مشاهده آثار به جای مانده از روش‌های مهار و بهره‌برداری سیل در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نشان از پیشینه دیرین چاره اندیشی ایرانیان برای مدیریت سیل دارد. اندیشه بهره‌وری از سیل به شیوه گستراندن آن در عرصه‌های هموار آبیاری سیلابی، با هدف رویش گیاهی، در میان این روش‌ها، جایگاه ویژه‌ای دارد. پیشینه آبیاری سیلابی در مناطق مختلف جهان نیز به چند هزار سال می‌رسد (۱۹). بررسی‌ها نشان داده است که پخش سیلاب بر عرصه آبخوان‌ها، گزینه‌ای مطلوب برای کاهش مشکلات ناشی از کم‌آبی، سیل و تولید علوفه و چوب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این روش برای دستیابی به اهدافی مشخص در مناطق مختلف ایران اجرا شده است. امروز، پس از چند دهه تلاش علمی و اجرایی در کشور، تعدادی از سازمان‌های جهانی از جمله UNDP<sup>1</sup>، UNESCO<sup>2</sup> و ICARDA<sup>3</sup> این برنامه را به‌عنوان یکی از سیاست‌های مناسب برای مدیریت پایدار اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا، می‌شناسند (۱۹). قسمت زیادی از سرزمین ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است و کمبود آب و یا گاهی افزایش بیش از اندازه آن از ویژگی‌های این مناطق محسوب می‌شود. با این حال باید توجه داشت که موقعیت و شرایط حاکم بر این مناطق به‌نحوی است که می‌توان با انجام روش‌های ساده

مهندسی اراضی موجود را احیاء کرد. یکی از روش‌های مبتنی بر استفاده از سیلاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک که امروزه در نقاط فراوانی از کشور به صورت طرح‌های عملیاتی به مرحله اجرا درآمده است، پخش یا گسترش سیلاب است. سیستم پخش سیلاب علاوه بر اینکه تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و احیای چشمه‌ها و قنات‌های پایین دست را به همراه دارد بر ویژگی‌های خاک منطقه و پوشش گیاهی نیز تأثیر به‌سزایی دارد. در واقع، با پخش و گسترش سیلاب در پهنه مراتع فقیر می‌توان ضمن تغذیه آبخوان‌ها، کشاورزی منطقه را نیز رونق داد و شرایط لازم برای احیاء طبیعی پوشش گیاهی و افزایش تولید علوفه مراتع را فراهم کرد (۵). همچنین از روش‌های ساده و عملی جهت مهار هرزآب‌ها و استفاده از آنها در امر کشاورزی و جلوگیری از خطرات ناشی از سیل، احداث و گسترش سیستم پخش سیلاب می‌باشد (۴۳).

مطالعه بوم‌شناختی تنوع گیاهی اهمیت زیادی دارد و یکی از شیوه‌های اصولی دستیابی به پایداری نسبی بوم‌شناختی، توجه به حفظ و افزایش تنوع گونه‌ای در اجرای عملیات زیستی است (۳۸). یکی از هدف‌های اصلی حفاظت زیستی کمی کردن تنوع گونه‌ای است. از این‌رو، پژوهش‌های زیادی برای کمی کردن و بررسی روش‌های اندازه‌گیری تغییرات تنوع گیاهی انجام شده است. یکی از رویکردهای مهم برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای، شاخص‌های تنوع است (۳۱). تجزیه و تحلیل تنوع جامعه‌های گیاهی درک و آگاهی از پایداری و ثبات بوم‌نظام را بهبود می‌بخشد و راهنمای خوبی برای راهبردهای مدیریت پایدار به‌شمار می‌آید (۴).

تنوع زیستی یکی از مؤلفه‌های اصلی در بحث مسائل زیست محیطی است و کاهش شدید تنوع زیستی پاسخ پیچیده‌ای از تغییرات زیست محیطی است (۳۵). به‌طوری که بررسی و واکاوی تنوع زیستی به موازات جنبه علمی و پژوهشی، از تأثیرگذارترین مسائل مرتبط با سیاست‌های محیط‌زیستی است (۳۰). لازمه درک تنوع زیستی، بررسی کلیه جنبه‌های مربوط به آن است که یکی از جنبه‌های تنوع زیستی، تنوع

<sup>3</sup> International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

<sup>1</sup> United Nations Development Programme

<sup>2</sup> United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

گونه‌ای است. تنوع گونه‌ای یا تنوع تاکسونی سطح میانه نظام سلسله مراتبی تنوع زیستی است که از یک طرف تفاوت‌های تاکسونومیکی گیاهان و جانوران را نشان می‌دهد و از طرف دیگر معیار مهمی برای سلامت سیستم‌های بوم‌شناختی و محیط محسوب می‌شود (۱۵). تنوع گونه‌ای از ترکیب دو معیار غنا به معنی تعدد گونه‌ها و یکنواختی به معنی توزیع تعداد افراد هر گونه به دست می‌آید که از نظر اکولوژیکی اهمیت زیادی دارد (۲۹). با اندازه‌گیری تنوع و بررسی توزیع گونه‌ها و با تأکید بر پویایی اکوسیستم‌ها می‌توان توصیه‌های مدیریتی لازم را ارائه کرد.

نتایج بررسی واکنش تنوع گونه‌های گیاهی در مقایسه با پخش سیلاب در شمال چین نشان داد که پس از سه سال سیل، شاخص‌های زیستی در پایین‌دست رود یارکانت و رود تاریم به شکل قابل توجهی افزایش یافت و ۱۱ گونه‌ی گیاهی جدید ظاهر شد. همچنین، این پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش فاصله از کانال رود، تراکم گیاه و تنوع گونه‌ای کاهش یافت. آنها گونه‌های گیاهی و آب را از عامل‌های محدودکننده‌ی اصلی رشد گیاهان در مناطق خشک دانستند و گزارش کردند که جنگل‌های ساحلی بیابانی پس از سیل به شکل قابل توجهی بهتر شده و سیلاب موجب افزایش بازسازی شده است (۴۴).

بررسی انجام شده در ایستگاه آبخوانداری کوثر نشان داد که دامنه سالانه علوفه خشک تولید شده سیلابی (گربایگان فسا) از ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۳ از ۱۳۶/۳kg/ha تا ۷۲۱/۵kg/ha، و به طور میانگین ۳۸۷/۱kg/ha بود؛ این عامل برای منطقه شاهد ۴۴/۳kg/ha تا ۳۵۰/۲kg/ha، و به طور میانگین ۱۴۰/۹kg/ha بود؛ به این ترتیب پخش سیلاب مقدار تولید را ۲/۷ برابر افزایش داده است. به همین ترتیب، دامنه‌ی سالانه تاج پوشش گیاهی ۱۹ تا ۶۸٪ با میانگین ۳۰/۱٪ و در منطقه پخش سیلاب، ۹/۷ تا ۳۰/۲٪ با میانگین ۱۹/۸٪ در شاهد بود (۲۷). همچنین در بررسی دیگری در همین ایستگاه طی شش سال تولید از ۱۷۵/۳۲kg/ha در سال ۱۴۰۰ تا ۸۱۳/۵۵kg/ha در سال ۱۳۹۹ و مقدار تراکم از دو پایه گیاهی در متر مربع در سال ۱۴۰۰ تا ۷/۰۵ پایه در متر مربع در سال ۱۳۹۹ نوسان و با شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند (۱۹). یافته‌های بررسی

تأثیر پخش سیلاب بر غنای گونه‌ای در پشتکوه کیاسر استان مازندران نشان داد که تعداد ۵۳ گونه در منطقه پخش سیلاب و ۴۳ گونه در قرق هست، در حالی که در منطقه‌ی بدون پخش سیلاب ۲۴ گونه بود (۱۲). در پژوهش‌های انجام گرفته دیگری در مناطق مختلف اعلام نمودند که پخش سیلاب بر افزایش مقادیر شاخص‌های زیستی و بهبود و اصلاح رویشگاه موثر می‌باشد (۵، ۴، ۲۴، ۲، ۶). در یک بررسی روی اثر پخش سیلاب بر پوشش گیاهی در ایستگاه جاجرم خراسان شمالی در دو قطعه پخش سیلاب شده و شاهد به این نتیجه رسیدند که افزایش تاج پوشش گیاهی و تولید قطعه پخش سیلاب شده نسبت به شاهد در سطح ۱٪ معنی‌دار است (۱۴). همچنین در یک پژوهش در بورآباد سبزوار اعلام کردند که پخش سیلاب بر شاخص‌های زیستی مانند تولید، تراکم و تولید بسیار موثر می‌باشد (۴۲). همچنین در پژوهشی در زیگویی چین که اعلام نمودند سیلاب‌های فصلی موجب تغییرات در تنوع زیستی گیاهان شده است (۴۵)، در یک راستا می‌باشد. در مطالعات انجام شده در تالاب پانتانال در آمریکای جنوبی به این نتیجه رسیدند که سیلاب باعث افزایش تنوع، غنا و ترکیب گونه‌ای می‌شود (۴۱)، در تایید نتایج این تحقیق می‌باشد. بعلاوه نتایج به دست آمده از این پژوهش در مورد تفاوت مقادیر شاخص‌های زیستی در منطقه پخش سیلاب و منطقه بدون پخش سیلاب (شاهد) با نتایج تحقیقی که در کیاسر شهرستان ساری انجام شده مبنی بر این که شاخص‌های زیستی از جمله تنوع غنا و یکنواختی گونه‌ای بین منطقه پخش سیلاب با شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (۲۲)، همسو می‌باشد.

پخش سیلاب علاوه بر کاهش اثر زیان بار سیلاب‌ها موجب کاهش فرسایش خاک، تقویت سفره‌های آب زیر زمینی، بهبود زمین‌های کشاورزی و احیای پوشش گیاهی مراتع می‌شود (۳۶، ۱۲). با این که، برخی مطالعات محدود انجام شده بیانگر اثر منفی پخش سیلاب بر پوشش گیاهی است (۶، ۲۲) ولی پخش سیلاب نقش مثبتی بر اصلاح و احیای مراتع دارد و این شیوه آبیاری سیلابی می‌تواند موجب بهبود برخی شاخص‌های مرتع از جمله افزایش تولید علوفه، تقویت درصد تاج پوشش گیاهی، بهبود وضعیت

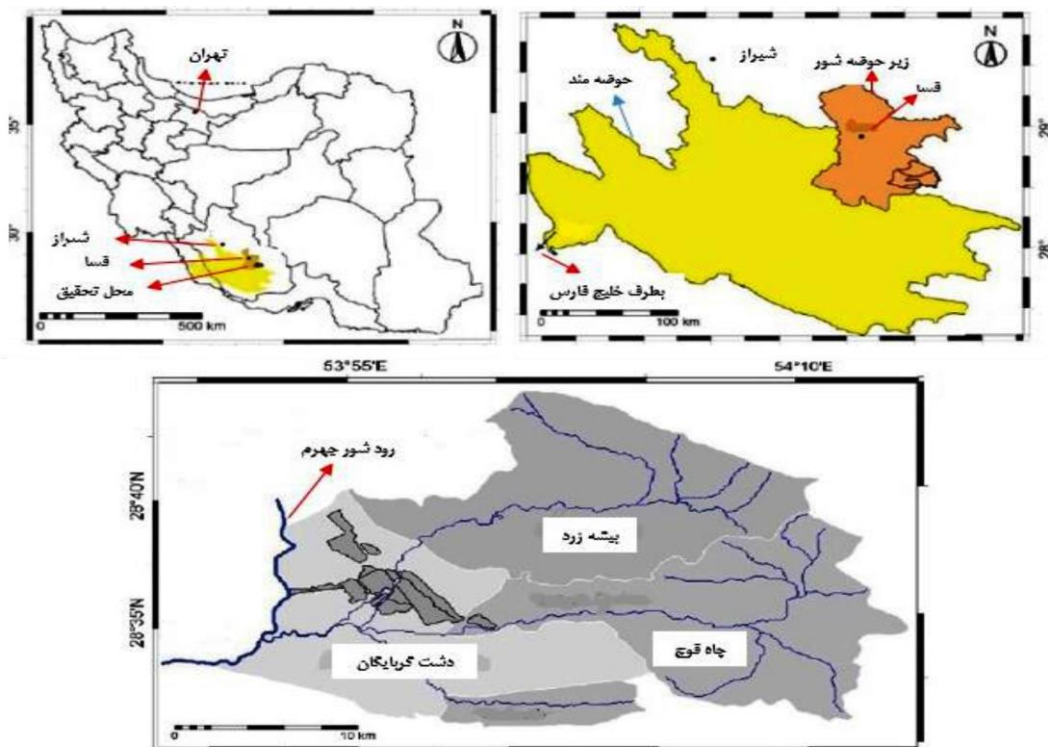
## منطقه مورد بررسی

ایستگاه تحقیقاتی، آموزشی و ترویجی آبخوانداری کوثر در مکانی به نام گربایگان فسا با مساحت ۲۲۰۰ ha، بین عرض‌های شمالی ۳۵° ۲۸' تا ۴۱° ۲۸' و طول‌های شرقی ۵۳° ۵۳' تا ۵۷° ۵۳'، در دشت گربایگان در ۱۹۵ km جنوب شرق شیراز، و در ۴۰ km جنوب شرقی شهرستان فسا قرار دارد. ارتفاع ایستگاه ۱۱۲۰ m تا ۱۱۶۰ m از سطح دریا است (شکل ۱). منطقه مورد بررسی دارای اقلیمی خشک، با میانگین بارندگی سالانه ۲۱۱ mm است. ماکزیمم دمای مطلق ۴۶°C در تیر-مرداد و مینیمم مطلق آن ۶°C- در بهمن-اسفند است. میانگین تبخیر سالانه ۲۵۵۵ mm است (۳۴). دشت گربایگان بین منطقه‌های رویشی ایران-تورانی ناحیه دشتی و خلیج-عمانی واقع شده است (۲۶). گونه‌های شاخص تیپ مرتعی دشت پخش سیلاب شبکه بیشه زرد یک گربایگان فسا *Dendrostellera lessertii* (Wikstr) Van Tiegh., *Heliantemum lippii* (L) Pers *Astragalus* ssp. بوده و گونه‌های همراه در محدوده پخش سیلاب شامل: *Noaea mucronata*، *Artemisia sieberi*، *Carex stenophylla* و Annual Forbs، Annual Geasses می‌باشند (۱۹).

مرتع، افزایش شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای و بهبود ترکیب و تراکم گونه‌های گیاهی شود (۱۰، ۷، ۲۸، ۳، ۱۱). در مورد نقش منفی پخش سیلاب می‌توان به اثرات رسوب گذاری در عرصه‌های مرتعی و در پایان کاهش قدرت زادآوری گیاهان مرتعی و خفگی پوشش گیاهی در اثر انباشته شدن لایه‌های متناوب ذرات سیلت و رس، افزایش گونه‌های مهاجم، فراوانی گونه‌های یک ساله، مدفون شدن پوشش گیاهی به خصوص گیاهان جوان، نفوذ نکردن آب به درون خاک و ایجاد تنش خشکی در گیاهان منطقه و افزایش شوری خاک و ایجاد تنش شوری اشاره نمود (۱۸، ۱۳). پس با توجه به اثر و جنبه‌های مثبت و منفی پخش سیلاب بر شاخص‌های زیستی، پژوهش‌ها با این شیوه آبیاری سیلابی لازم به نظر می‌رسد.

هدف از انجام پژوهش حاضر، اندازه‌گیری شاخص‌های زیستی (تنوع، ترکیب، غنا و یکنواختی گونه‌ای، تراکم و ترکیب گونه‌ای) در اثر پخش سیلاب جهت مدیریت احیا و بهبود پوشش گیاهی در مناطق خشک و بیابانی گربایگان فسا بود.

## ■ مواد و روش



شکل ۱. موقعیت دشت گربایگان و ایستگاه تحقیقات آبخوانداری کوثر در کشور، فارس و شهرستان فسا

## روش تحقیق

کلیه گونه‌های موجود در منطقه پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب از آغاز فصل رویش تا مرحله گلدهی به تدریج جمع‌آوری و خشک شد و در هر بار یوم مرکز تحقیقات فارس با همکاری گیاه‌شناس مورد شناسایی قرار گرفت. پس از شناسایی مقدماتی مراتع منطقه پخش سیلاب گربایگان، تیپ غالب و گونه‌های همراه با "واحد نمونه" و با روش تعیین درصد پوشش تاجی و در هر یک از مناطق داخل و خارج پخش سیلاب، دو منطقه معرف جهت نمونه‌برداری مشخص شد. تیپ‌های بیولوژیک از جمله فانروفیت، کامفیت، کریپتوفیت، همی کریپتوفیت ژئوفیت و تروفیت گونه‌ها بر اساس رده‌بندی Raunkiaer (۳۷) در مرتع پخش سیلاب شده و نشده تعیین شد.

نمونه‌برداری از شاخص‌های زیستی مانند تنوع، غنا، یکنواختی، تراکم و ترکیب گونه‌ای به روش تصادفی-نظام‌مند از هفت ترانسکت ۱۵۰m استفاده شد. تعداد شش ترانسکت در شبکه پخش سیلاب بیشه زرد یک، در شش نوار و یک ترانسکت در منطقه شاهد مستقر شد. در هر ترانسکت ۱۵ واحد نمونه ۲m<sup>2</sup> به فاصله ۱۰m از یکدیگر و جمعاً ۱۰۵ واحد نمونه در بهار سال ۱۴۰۲ انجام شد. غنا و تنوع گونه‌ای به ترتیب با استفاده از شاخص‌های مارگالف و منهنیک و شاخص‌های شانون-وینر و سیمپسون و یکنواختی با استفاده از شاخص هیل اندازه‌گیری شد. سپس از نرم افزار PAST استفاده شد. برای تعیین ابعاد و یا مساحت واحد نمونه از روش آماری N-Minimal استفاده شد (۸). برای تعیین شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌ای از نرم‌افزار PAST استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری به وسیله نرم‌افزار SPSS انجام شد. در این تحقیق، برای اندازه‌گیری شاخص‌های زیستی غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌ای از روابط زیر استفاده شد.

## شاخص‌های غنای گونه‌ای

## مارگالف (۲۳)

$$R1 = \frac{S-1}{LnN} \quad (1)$$

که در آن R1: شاخص غنای گونه‌ای مارگالف، S: تعداد کل گونه‌ها و N: تعداد کل افراد

## منهنیک (۲۵)

$$R2 = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

که در آن R2: شاخص غنای گونه‌ای منهنیک، S: تعداد کل گونه‌ها و N: تعداد کل افراد

## شاخص‌های تنوع

## سیمپسون (۴۰)

$$1-D = 1 - \sum_{i=1}^S (Pi)^2 = 1 - \sum_{i=1}^S \left[ \frac{ni(ni-1)}{N(N-1)} \right] \quad (3)$$

که در آن 1-D: شاخص تنوع سیمپسون، S: تعداد کل گونه‌ها، ni: تعداد افراد گونه i ام، N: تعداد کل افراد و Pi: نسبت افراد گونه i ام

## شانون-واینر (۳۹)

$$H^1 = \sum_{i=1}^S (Pi) \log Pi \quad (4)$$

که در آن H': شاخص شانون-واینر، Pi: نسبت افراد گونه i ام به کل نمونه و S: تعداد کل گونه‌ها

## شاخص یکنواختی (۲۰)

## هیل

$$E = \frac{H}{LnS} \quad (5)$$

که در آن E: شاخص یکنواختی، H: شاخص تنوع شانون واینر، و S: تعداد کل گونه‌ها

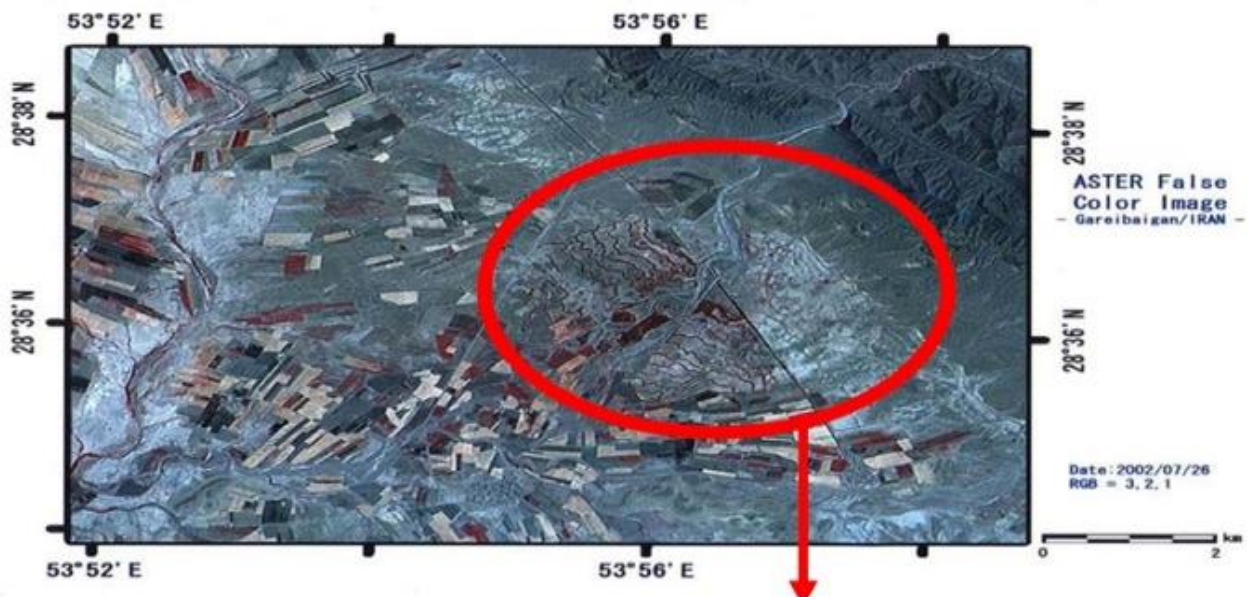
شبکه پخش سیلاب بیشه زرد ۱ یکی از شبکه‌های هشت‌گانه ایستگاه آبخوانداری کوثر در گربایگان فسا است. این شبکه به وسعت ۲۵۰ha در قالب ۶ نوار آبیگری می‌شود. خشکه‌رود بیشه‌زرد، سیلاب حوضه آبخیز کوه گر با مساحت ۱۹۲km<sup>2</sup> را به این دشت می‌رساند. منطقه بدون پخش سیلاب یا شاهد به وسعت ۲۵ha نیز در شرق این شبکه قرار دارد و آبیگری نمی‌شود (شکل‌های ۲، ۳ و ۴).



شکل ۲. تصویر سمت راست منطقه پخش سیلاب شبکه بیشه زرد ۱ و تصویر سمت چپ منطقه شاهد (بدون پخش سیلاب)، سال ۱۴۰۲



شکل ۳. جمع‌آوری اطلاعات پوشش گیاهی در واحد نمونه (پلات) در مسیر ترانسکت در نوارهای شبکه پخش سیلاب، سال ۱۴۰۲



شکل ۴. تصویر ماهواره‌ای موقعیت شبکه‌های پخش سیلاب و محل‌های بررسی در ایستگاه تحقیقات آبخوانداری کوثر

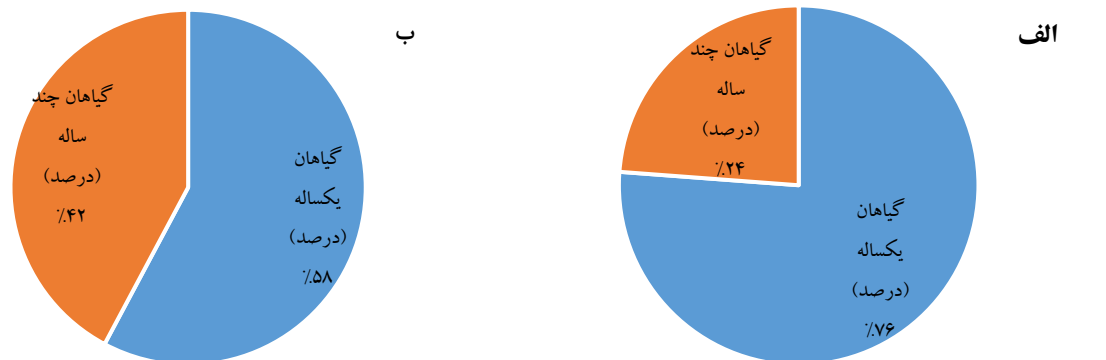
نتایج

نتایج توصیفی

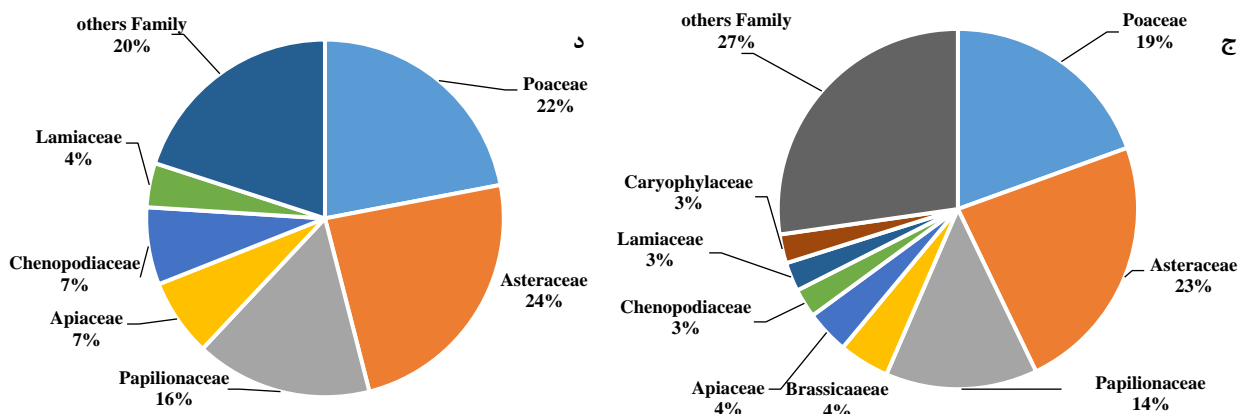
در منطقه مورد بررسی جمعا از ۱۵۴ گونه شناسایی شده ۱۱۷ گونه یکساله و ۳۷ گونه چند ساله است (در پیوست ۱ لیست فلوریستیک گونه‌های منطقه مورد بررسی آمده است). در حالی که در منطقه بدون پخش سیلاب (شاهد)، از ۴۵ گونه شناسایی شده ۱۹ گونه یکساله و ۲۶ گونه چند ساله است (شکل ۵).

در منطقه پخش سیلاب جمعا ۳۸ خانواده و ۱۵۴ گونه گیاهی جمع‌آوری و شناسایی شد. بیشتر گونه‌ها به ترتیب مربوط به خانواده‌های کاسنی (Asteraceae) با ۳۶ گونه، خانواده گندمیان (Poaceae) با ۲۹ گونه، خانواده پروانه آسا (Papilionaceae) با ۲۲ گونه، خانواده شب‌بو (Brassicaceae) با ۶ گونه و خانواده چتریان (Apiaceae) با ۶ گونه که جمعا بیشتر گونه‌ها به ترتیب مربوط به خانواده‌های کاسنی (Asteraceae) با ۳۶ گونه، خانواده گندمیان (Poaceae) با ۲۹ گونه، خانواده پروانه آسا (Papilionaceae) با ۲۲ گونه، خانواده

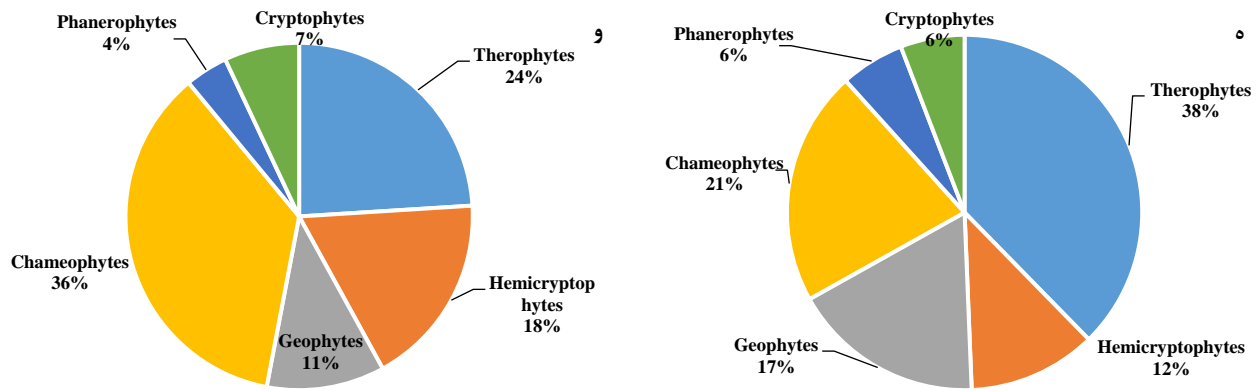
شب‌بو (Brassicaceae) با ۶ گونه و خانواده چتریان (Apiaceae) با ۶ گونه که جمعا ۶۷/۵۳٪ گونه‌ها به ۵ خانواده گیاهی اختصاص داشته و بقیه گونه‌ها (۵۶ گونه دیگر) به ۳۳ خانواده گیاهی تعلق دارد. این نتایج در مورد فلوریستیک گونه‌ها و خانواده‌های گیاهی نشان دهنده این است که فراوانی گونه‌ها در منطقه پخش سیلاب گریبانگن فسا بیشتر متعلق به سه خانواده کاسنی، گندمیان و بقولات ۵۶/۴۹٪ است (شکل ۶). در حالی که در منطقه بدون پخش سیلاب، جمعا ۱۶ خانواده و ۴۵ گونه گیاهی جمع‌آوری و شناسایی شد. بیشتر گونه‌ها به ترتیب مربوط به خانواده‌های کاسنی (Asteraceae) با ۱۱ گونه، خانواده گندمیان (Poaceae) با ۱۰ گونه، خانواده پروانه آسا (Papilionaceae) با ۷ گونه، خانواده شب‌بو (Brassicaceae) با ۷ گونه، خانواده چتریان (Apiaceae) با ۳ گونه، خانواده (Chenopodiaceae) با ۳ گونه، خانواده (Lamiaceae) با ۲ گونه که جمعا تعداد ۳۶ گونه ۸۰٪ به ۶ خانواده گیاهی اختصاص داشته و بقیه (۹ گونه دیگر) به ۹ خانواده گیاهی تعلق دارند (شکل ۷).



شکل ۵. وضعیت درصد طول عمر گیاهان در منطقه پخش سیلاب (الف) و شاهد (ب)



شکل ۶. وضعیت درصد خانواده‌های گیاهی موجود در پوشش گیاهی منطقه پخش سیلاب (ج) و شاهد (د)



شکل ۷. وضعیت فرم‌های زیستی رانکیائز گونه‌های موجود در پوشش گیاهی در منطقه پخش سیلاب (ه) و شاهد (و)

متعلق به Geophytes، ۱۹ گونه متعلق به Hemicryptophytes، ۹ گونه متعلق به Cryptophytes و ۹ گونه به Phanerophytes تعلق دارند. در حالی که در منطقه بدون پخش سیلاب یا شاهد، از ۴۵ گونه شناسایی شده، ۱۱ گونه متعلق به Therophytes، و ۱۶ گونه متعلق به Chamaephytes، ۵ گونه متعلق به Geophytes، ۸ گونه متعلق به Hemicryptophytes، ۳ گونه متعلق به Cryptophytes و ۲ گونه به Phanerophytes تعلق دارند.

این نتایج در مورد لیست فلوربستیگ گونه‌ها و خانواده‌های گیاهی نشان‌دهنده این است که فراوانی گونه‌ها در منطقه شاهد نسبت به منطقه پخش سیلاب گریبانگاز فسا از تنوع، ترکیب و غنای بسیار کمتری برخوردار بوده و تاثیر پخش سیلاب بر پوشش گیاهی بسیار چشمگیر و قابل توجه است. از نظر تیپ‌های زیستی رانکیائز در منطقه پخش سیلاب، از ۱۵۴ گونه که شناسایی شد (جدول ۱)، ۵۹ گونه متعلق به Therophytes، ۳۲ گونه متعلق به Chamaephytes، ۲۶ گونه

جدول ۱. تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع زیستی پوشش گیاهی بین نوارهای پخش سیلاب و شاهد در منطقه مورد بررسی

| F       | میانگین مربعات | مجموع مربعات | درجه آزادی | منابع خطا     | منابع تغییرات            |
|---------|----------------|--------------|------------|---------------|--------------------------|
| ۹/۸۵**  | ۷/۴۲۷۷         | ۴۴/۵۶۶۳      | ۶          | نوارها و شاهد | تنوع گونه‌ای سیمپسون     |
|         | ۰/۷۵۴۴         | ۷۳/۹۳۶۰      | ۹۸         | خطا           |                          |
|         |                | ۱۱۸/۵۰۲۳     | ۱۰۴        | کل            |                          |
| ۹/۸۱**  | ۹/۳۴۸۲         | ۵۶/۰۸۹۳      | ۶          | نوارها و شاهد | تنوع گونه‌ای شانون-واینر |
|         | ۰/۹۵۳۰         | ۹۳/۳۹۱۲      | ۹۸         | خطا           |                          |
|         |                | ۱۴۹/۴۸۰۵     | ۱۰۴        | کل            |                          |
| ۱۴/۱۲** | ۱۵/۵۹۸         | ۹۳/۵۸۶       | ۶          | نوارها و شاهد | غنای گونه‌ای منهینیک     |
|         | ۱/۱۰۴          | ۱۰۸/۲۲۴      | ۹۸         | خطا           |                          |
|         |                | ۲۰۱/۸۱۰      | ۱۰۴        | کل            |                          |
| ۱۰/۳۳** | ۱۹/۱۵۳         | ۱۱۴/۹۲۰      | ۶          | نوارها و شاهد | غنای گونه‌ای مارگالف     |
|         | ۱/۸۵۴          | ۱۸۱/۷۲۷      | ۹۸         | خطا           |                          |
|         |                | ۲۹۶/۶۴۷      | ۱۰۴        | کل            |                          |
| ۱۳/۱۱** | ۹/۲۵۶۹         | ۵۵/۵۴۱۶      | ۶          | نوارها و شاهد | یکنواختی گونه‌ای هیل     |
|         | ۰/۷۰۶۱         | ۶۹/۱۹۸۴      | ۹۸         | خطا           |                          |
|         |                | ۱۲۴/۷۴۰۰     | ۱۰۴        | کل            |                          |
| ۱۴/۹۱** | ۱۵۸۵/۰۰۰       | ۹۵۱/۰۰۰      | ۶          | نوارها و شاهد | تراکم گونه‌ای            |
|         | ۱۰۶/۳۰۰        | ۱۰۴۱۸/۰۰۰    | ۹۸         | خطا           |                          |
|         |                | ۱۹۹۲۸/۰۰۰    | ۱۰۴        | کل            |                          |
| ۱۹/۴۵** | ۹۰۹/۲۹۰        | ۵۴۵۵/۷۱۰     | ۶          | نوارها و شاهد | تعداد گونه گیاهی         |
|         | ۴۶/۷۵۰         | ۴۵۸۱/۳۵۰     | ۹۸         | خطا           |                          |
|         |                | ۱۰۰۳۷/۰۷۰    | ۱۰۴        | کل            |                          |

\*\* اختلاف آماری در سطح ۱٪

## نتایج آماری

تجزیه واریانس تنوع زیستی پوشش گیاهی بین نوارهای پخش سیلاب با منطقه شاهد

تمام مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی پوشش گیاهی بین نوارهای شبکه پخش سیلاب بیشه زرد یک و شاهد تفاوت معنی‌داری را در سطح ۰.۱٪ نشان می‌دهد (جدول ۱). نتایج نشان داد که مقدار شاخص‌ها بین نوارهای شبکه پخش سیلاب بیشه زرد یک و همچنین با منطقه شاهد یکسان نیست.

مقایسه میانگین شاخص‌های زیستی پوشش گیاهی بین نوارهای پخش سیلاب با منطقه شاهد

در مقایسه میانگین آزمون دانکن، میانگین شاخص‌های زیستی بین نوارهای شبکه پخش سیلاب بیشه زرد ۱ و شاهد در بیشتر موارد تفاوت معنی‌داری در سطح ۰.۱٪ مشاهده می‌شود

## ■ بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در منطقه پخش سیلاب ۵۶/۵٪ گونه‌ها مربوط به سه خانواده کاسنی (Asteraceae) با ۲۲/۴٪، گندمیان (Poaceae) با ۱۸/۸٪، پروانه آسا (Papilionaceae) با ۱۴/۳٪ است. در حالیکه در منطقه بدون پخش سیلاب یا شاهد ۱۸/۲٪ گونه‌ها مربوط به سه خانواده کاسنی (Asteraceae) با ۷/۲٪، گندمیان (Poaceae) با ۶/۵٪ و پروانه آسا (Papilionaceae) با ۴/۵٪ می‌باشد. با توجه به این نتایج مشخص می‌شود که منطقه پخش سیلاب گربایگان فسا از تنوع، ترکیب و غنای بسیار بیشتری برخوردار بوده و تاثیر پخش سیلاب بر پوشش گیاهی مثبت و قابل توجه می‌باشد. این نتیجه با نتایج تحقیقی که روی اثر پخش سیلاب بر پوشش گیاهی دشت آبدلان شهرستان دوگنبدان انجام شده که بیان داشتند در منطقه پخش سیلاب بیشتر گونه‌های شناسایی شده مربوط به سه خانواده (Asteraceae)، (Poaceae) و (Papilionaceae) بودند (۲۱)، در یک راستا می‌باشد.

در پژوهش حاضر مشخص شد که در پوشش گیاهی منطقه پخش سیلاب، ۱۵۴ گونه و در منطقه بدون پخش سیلاب یا شاهد، ۴۵ گونه گیاهی شناسایی شد. این نتیجه

با نتایج بررسی انجام شده روی اثر پخش سیلاب بر ویژگی‌های گیاهی در مراتع پشتکوه کیاسر استان مازندران که گزارش شد تعداد ۵۳ گونه در منطقه پخش سیلاب بود، در حالی که در منطقه بدون پخش سیلاب ۲۴ گونه بود (۱۷). همچنین با نتایج تحقیق انجام شده روی اثر پخش سیلاب بر پوشش گیاهی دشت آبدلان شهرستان دوگنبدان که بیان داشتند تعداد گونه‌های گیاهی در منطقه پخش سیلاب ۳۴ گونه و در منطقه بدون پخش سیلاب (شاهد) ۲۵ گونه بود (۲۱)، همخوانی دارد. لازم به توضیح است که در منطقه گربایگان فسا دارای قدمت طولانی حدود ۴۲ سال است و اختلاف فراوانی، غنا و تعداد گونه‌های گیاهی منطقه پخش سیلاب و منطقه شاهد زیاد می‌باشد. در حالی که در دو منطقه فوق قدمت تاسیس عملیات پخش سیلاب بر عرصه مراتع در پشتکوه کیاسر ۲۳ سال و دشت آبدلان ۲۴ سال، بسیار کمتر می‌باشد.

نتایج نیز نشان داد که در منطقه پخش سیلاب تراکم گونه‌ای ۲۲/۵ پایه در متر مربع و در منطقه بدون پخش سیلاب (شاهد) ۵ پایه در متر مربع بود. این نتایج با یافته‌های پژوهشی در منطقه آب باریک بم (۱) و سرچاهان استان هرمزگان مبنی بر افزایش چندبرابری تراکم گیاهان در منطقه پخش سیلاب نسبت به شاهد هماهنگ است (۲۴). همچنین با نتایج بررسی در کیاسر استان مازندران روی اثرات پخش سیلاب بر پارامترهای خاک و پوشش گیاهی که اعلام کردند مقدار تراکم در تیمارهای پخش سیلاب و شاهد (بدون پخش سیلاب) از نظر آماری معنی‌دار بود (۲)، مطابقت دارد. براساس نتایج به‌دست آمده در پوشش گیاهی منطقه پخش سیلاب، از ۱۵۴ گونه شناسایی شده ۱۱۷ گونه ۷۶٪ یکساله و ۳۷ گونه ۲۴٪ چند ساله است. در حالی که در منطقه بدون پخش سیلاب (شاهد)، از ۴۵ گونه شناسایی شده ۱۹ گونه ۴۲٪ یکساله و ۲۶ گونه ۵۸٪ چند ساله است. این نتیجه با نتایج بررسی انجام شده روی اثر پخش سیلاب بر ویژگی‌های گیاهی در مراتع پشتکوه کیاسر استان مازندران که گزارش شد از مجموع گونه‌های شناسایی شده ۲۲ گونه یکساله ۳۴/۴٪ و ۴۲ گونه چند ساله ۶۵/۶٪ بود (۱۷) مغایرت دارد. به‌نظر می‌رسد دلیل آن ورود بذور گیاهان از طریق سیلاب یا پراکنش بذر از مناطق مجاور به‌وسیله دام باشد.

۱/۹۵ و قطعه شاهد ۰/۵۶، غنای گونه‌ای به‌روش مارگالف ۳/۴۶ و قطعه شاهد ۱/۲، یکنواختی گونه‌ای به‌روش هیل ۲/۰۱ و قطعه شاهد ۰/۵۳ می‌باشد (جدول ۲). این نتایج با نتایج بررسی اثر سیلاب بر تنوع زیستی در پانتانال شمالی در برزیل که گزارش شد سیلاب موجب تغییر و افزایش فراوانی گندمیان یکساله، غنا و ترکیب گیاهی شده است (۳۳)؛ و با نتایج پژوهشی که نشان داد سیلاب موجب افزایش فراوانی، غنا و تنوع گونه‌ای یک زیستگاه ساحلی در جنوب شرقی کوئینزلند، شده است (۳۲)، مطابقت دارد.

با اجرای پخش سیلاب، شرایط رویشگاهی خاصی ایجاد می‌شود که با فراهم آوردن رطوبت خاک و افزایش مواد محموله، لاشبرگ و هوموس باعث افزایش مقادیر شاخص‌های زیستی نسبت به شاهد می‌شود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بعد از گذشت ۴۲ سال در این ایستگاه، اثرات مثبت پخش سیلاب بر شاخص‌های زیستی گیاهان کاملاً مشهود است. بیشترین مقدار شاخص‌های زیستی در منطقه پخش سیلاب و کمترین مقدار آن در منطقه بدون پخش سیلاب مشاهده شد. به‌طوری که بیشترین مقدار تنوع گونه‌ای ۳/۴۸ برابر شاهد، غنای گونه‌ای ۲/۸ برابر شاهد، یکنواختی گونه‌ای ۳/۷۹ برابر شاهد، تراکم گونه‌ای ۴/۵ برابر شاهد و تعداد گونه‌های گیاهی ۷/۵ برابر شاهد بدست آمد. بنابراین نتایج پژوهش حاضر را می‌توان در حفظ تنوع گیاهی، حفظ ذخیره‌های ژنتیکی و مدیریت احیا و اصلاح پوشش گیاهی این منطقه و مناطق مشابه به‌کار برد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شکل‌های زیستی رانکیاتر در منطقه پخش سیلاب، ۳۸٪ تروفیت‌ها، ۲۱٪ کاموفیت‌ها، ۱۷٪ ژئوفیت‌ها، ۱۲٪ همی کریپتوفیت‌ها، ۶٪ کریپتوفیت‌ها و ۶٪ فانروفیت‌ها می‌باشند. این نتایج با نتایج بررسی انجام شده روی اثر پخش سیلاب بر ویژگی‌های گیاهی در مراتع پشتکوه کیاسر استان مازندران که گزارش شد ۳۴/۴٪ تروفیت‌ها، ۴/۹٪ کاموفیت‌ها، ۵۰٪ همی کریپتوفیت‌ها، ۴/۷٪ کریپتوفیت‌ها و ۱/۶٪ فانروفیت‌ها می‌باشند (۱۷)، مغایرت دارد. همچنین نتایج به‌دست آمده از پژوهش با دیگر بررسی در آذربایجان غربی (ایستگاه پخش سیلاب پلدشت) که اعلام کردند ۵۵٪ تروفیت‌ها، ۲۲٪ همی کریپتوفیت‌ها، ۱۰٪ کریپتوفیت‌ها، ۷٪ کاموفیت‌ها و ۶٪ فانروفیت‌ها می‌باشند (۱۳) نیز مغایرت دارد. به‌نظر می‌رسد دلیل آن ممکن است به‌خاطر شرایط آب و هوایی و خاکی خاص گربایگان فسا باشد. ضمناً اینکه افزایش درصد کاموفیت‌ها به‌خاطر این است که گونه‌های شاخص تیپ مرتعی دشت پخش سیلاب شبکه بیشه زرد یک گربایگان فسا *Dendrostellera lessertii* (Wikstr) Van Tiegh., *Heliantemum lippii* (L) Pers *Astragalus spp.* است و بیشتر جزو بوته‌های محسوب می‌شوند.

نتایج پژوهش نشان داد که از نظر شاخص‌های تنوع زیستی (تنوع، غنا، یکنواختی گونه‌ای تراکم و تعداد گونه) بین نوارهای شبکه پخش سیلاب بیشه زرد یک و شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۱ وجود دارد (جدول ۱). همچنین نتایج نشان داد که مقدار شاخص‌های زیستی اندازه‌گیری شده در منطقه پخش سیلاب به‌ترتیب، تنوع گونه‌ای به‌روش سیمپسون

جدول ۲. مقایسات میانگین شاخص‌های تنوع زیستی پوشش گیاهی بین نوارهای پخش سیلاب و شاهد

| تعداد گونه گیاهی   | تراکم گونه‌ای       | یکنواختی گونه-ای هیل | غنای گونه‌ای مارگالف | غنای گونه‌ای منهینیک | تنوع گونه‌ای شانون-واینر | تنوع گونه‌ای سیمپسون | شبکه پخش سیلاب بیشه زرد ۱ و شاهد |
|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------------|
| ۲۴/۰ <sup>a</sup>  | ۳۵/۰ <sup>a</sup>   | ۲/۸ <sup>a</sup>     | ۴/۵ <sup>a</sup>     | ۳/۷ <sup>a</sup>     | ۳/۲ <sup>a</sup>         | ۲/۶ <sup>a</sup>     | نوار ۱                           |
| ۲۰/۰ <sup>a</sup>  | ۲۹/۰ <sup>ab</sup>  | ۲/۵ <sup>ab</sup>    | ۴/۲ <sup>a</sup>     | ۳/۴ <sup>ab</sup>    | ۲/۸ <sup>ab</sup>        | ۲/۴ <sup>ab</sup>    | نوار ۲                           |
| ۱۸/۰ <sup>ab</sup> | ۲۵/۰ <sup>abc</sup> | ۲/۳ <sup>abc</sup>   | ۳/۸ <sup>ab</sup>    | ۳/۰ <sup>abc</sup>   | ۲/۵ <sup>abc</sup>       | ۲/۲ <sup>abc</sup>   | نوار ۳                           |
| ۱۲/۰ <sup>bc</sup> | ۱۸/۰ <sup>bcd</sup> | ۱/۷ <sup>bcd</sup>   | ۳/۱ <sup>ab</sup>    | ۲/۴ <sup>bcd</sup>   | ۱/۹ <sup>bcd</sup>       | ۱/۶ <sup>bc</sup>    | نوار ۴                           |
| ۹/۰ <sup>c</sup>   | ۱۵/۰ <sup>cde</sup> | ۱/۵ <sup>cd</sup>    | ۲/۷ <sup>bc</sup>    | ۲/۱ <sup>cd</sup>    | ۱/۷ <sup>cd</sup>        | ۱/۵ <sup>bcd</sup>   | نوار ۵                           |
| ۷/۰ <sup>cd</sup>  | ۱۳/۰ <sup>de</sup>  | ۱/۳ <sup>de</sup>    | ۲/۵ <sup>bc</sup>    | ۱/۸ <sup>de</sup>    | ۱/۵ <sup>cd</sup>        | ۱/۴ <sup>cd</sup>    | نوار ۶                           |
| ۲/۰ <sup>d</sup>   | ۵/۰ <sup>e</sup>    | ۰/۵ <sup>e</sup>     | ۱/۱ <sup>c</sup>     | ۰/۷ <sup>e</sup>     | ۰/۹ <sup>d</sup>         | ۰/۵ <sup>d</sup>     | شاهد (بدون پخش سیلاب)            |

حروف متفاوت هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح ۰/۰۵ است.

## ■ سپاسگزاری

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس  
تقدیر و تشکر می‌گردد.

از حمایت‌های مادی و معنوی پژوهشکده حفاظت خاک  
و آبخیزداری و بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

## ■ References

1. Aghamirzadeh, Sh., Saediyan, H., Madanchi, P., & Abkar, A. (2024). Investigating the effect of flood spreading on plant species vegetative properties in desert areas (Case study: Abbarik Bam Flood Spreading Station), *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 31(92), 169-182. DOI: 10.22092/ijrdr.2024.131790 [In Persian]
2. Aghasi, M.J., Bahmaniar, M.A., & Akbarzadeh, M. (2006). Comparison of the effect exclusion and water spreading on vegetation and soil parameters in Kyasar rangelands, Mazandaran Province, *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 13(4), 1-12. [In Persian]
3. Atarod, E., Baghestani Maybodi, N., Barkhordari, J. & Mirjalili, A. (2018). Effects of flood water spreading on vegetation cover characteristics (Case study: Serizi- Bafgh Plain in Yazd Province), *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 25(2), 290-297. DOI: 10.22092/ijrdr.2018.116841 [In Persian]
4. Azarnivand, H. & Zare Chahouki, M.A. (2008). *Range Improvement*. Tehran University Press. 354p. [In Persian]
5. Barkhordari, J., Tireh Shabankareh, K., Zare Mehrjerdi, M., & Khalkhali, M. (2009). Study of water spreading effects on quantitative and qualitative changes of pastural cover, (Case Study: in Station of Sarchahan Water Spreading Hormozgan province), *Watershed Researches in Pajouhesh & Sazandegi*, 22(1), 65-72. [In Persian]
6. Barkhordari, J., Zare mehrjardi, M., & Yousefi, M. (2014). Impact of flood water spreading on soil and vegetation parameters in Sarchahan station Hormozgan. *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 27(2), 33-42. DOI: 10.22092/wmej.2014.106245 [In Persian]
7. Bayat movahed, F., Mousavi, S.A. (2007). Study of water spreading impact on plant species changes in Zanjan, *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 14(2), 222-231. [In Persian]
8. Bonham, Ch. D. 1998. *Measurement for terrestrial vegetation*. John Wiley & Sons publishers, U.S.A. 338p.
9. Cain, S.A.O., & Oliveira Castro, G.M. (1959). *Manual of vegetation analysis*, Harper and Brothers, New York. 328p.
10. Capon, S. (2005). Flood variability and spatial variation in plant community composition and structure on a large arid floodplain, *Journal of Arid Environments*. 60(2), 283-302. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2004.-04.004
11. Dahmardeh Ghaleno MR. Nohtani M. Askari Dehno S. (2019). Studying impact of flood water spreading on changes of vegetation and topsoil in koh khajeh flood spreading station Sistan. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 11(1), 211-219. DOI: 10.22092/ijwmse.2019.118437 [In Persian]
12. De Jager, N. R., Thomsen, M., & Yin, Y. (2012). Threshold effects of flood duration on the vegetation and soils of the upper Mississippi river floodplain USA, *Forest Ecology and Management*. 270, 135-146. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.01.023

13. Derakhshi, M., Eskandari Torbaghan, M., Ghasemi Arian, AR., NejadMohammad Nameghi, A.R. (2017). Improvement in some soil characteristics and vegetative cover through spate irrigation in Jahanabad Torbate Jam. *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*. 30(3), 33–42. DOI: 10.22092/wmej.2017.116714 [In Persian]
14. Eizanlou, E., Imani, M., & Bromand, M. (2016). *Exploitation of floods in order to restore pastures in desert areas of North Khorasan* (Case Study: Jajarm Region), National conference of rain catchment surface systems. [In Persian]
15. Ejtehadi, H., Sepehri, A., & Akkafi, H. (2009). *Methods of biodiversity measurement*. Publication of Ferdowsi University of Mashhad, 226p. [In Persian]
16. Fazelpouri, M.R., Malekinejad, H., Ekhtesasi, M.R., & Barkhordari, J. (2017). Effect of water spreading on aquifer recharge using GRI, SDI and SPI indicators (Case Study: Herat Aquifer Yazd), *Arid Biome*, 7(1), 95-107. DOI: 10.29252/aridbiom.7.1.95 [In Persian]
17. Gholami, P., Jalilian, F., Behmanesh, B., & Esmaeili, M. (2021). Effects of floodwater spreading on the vegetation indices in the Poshtkooh Rangelands Keyasar, *Journal of Watershed Management Research*. 33(4), 47-60. DOI: 10.22092/wmej.2020.128231.1274 [In Persian]
18. Ghorbani, J., Dowlati, P., & Heydari, G.H. (2015). Effects of floodwater spreading on the vegetation and soil in an arid rangeland, *Journal of Arid Land Research and Management*. 29(4), 473–486. DOI: 10.1080/15324982.2015.1019160 [In Persian]
19. Habibian, S.M.R., Ghahari, G.R., & Hatami, A. (2023). Evaluation of the effect of flood spreading on the fluctuations of rangeland plant indices in the Aquifer Management Kowsar Station, *Journal of Watershed Management Research*, 36(4), 32-48. DOI: 10.22092/WMRJ.2023.360770.1508 [In Persian]
20. Hill, M.O. (1973). Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences, *Journal of Ecology*. 54, 427-432
21. Jahantab, E., Farzin, M., & Khazaei, M. (2021). Investigating the effect of flood sedimentation on vegetation and topsoil changes in Abdalan plain, *Journal of Desert Management*, 9(2), 19-30. DOI: 10.22034/jdmal.2021.246297 [In Persian]
22. Jalilian, F., Behmanesh, B., Mohammad Esmaeili, M., & Gholami, P. (2017). Comparison of rangeland vegetation cover and soil properties variations affected by flood spreading, enclosure and grazing uses, *Journal of Water and Soil Sciences*. 21(2), 29-43. DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.21.2.29 [In Persian]
23. Margalef, R. (1958). Information theory in ecology, *General Systematic* 3, 36-71.
24. Mehrabi, M., Mahdavi, R., & Rezaei, R. (2023). The effect of flood spreading on the changes of different parameters of vegetation cover and soil seed bank (Case Study of Sarchahan Flood Spreading in Hormozgan), *Extension and Development of Watershed Management*, 11(41), 1-13. [In Persian]
25. Menhencic, E. F. (1964). A comparison of some species individual's diversity indices applied to sample of field Insects, *Ecology*. 45, 859-861.
26. Mesbah S.H. (2008). *Evaluation of rangeland plants in flood water spreading network*. The first National Sustainable Land Management Workshop, Kowsar Aquifer Management Station, Gare Baygan, Fasa. [In Persian]
27. Mesbah S.H. (2016). *Vegetation monitoring of Kowsar aquifer management station. The final report of the research project*, Soil Conservation and Watershed Research Institute. 112p. [In Persian]

28. Mirjalili, A., Musaei Sanjraei, M., & Zarezadeh Mehrizi, M. (2008). Changes of vegetation cover under drought and wet periods in the flood spreading site and control rangeland of Herat Yazd Province, *Journal of Rangeland and Watershed Management*, 66(1), 145-156. DOI: 10.22059/jrwm.2013.35335 [In Persian]
29. Moghaddam, M.R. (2005). *Ecology of Terrestrial Plants*. Tehran, University of Tehran Press. 702p. [In Persian]
30. Nouri, Z., Fegghi, J., Zahedi Amiri, G., & Rahmani, R. (2011). Estimation of species diversity in forest different stories (Case Study: Patom District of Kheyroud Forest), *Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources*. 63(4), 399-407. [In Persian]
31. O'Connor, Tim G., Martindale, Greg Morris., Craig, D., Short, Alan Witkowski., Ed, T.F., & Scott-Shaw, Rob. (2011). Influence of grazing management on plant diversity of highland sourveld grassland, kwazulu-natal, South Africa, *Rangeland Ecology & Management*. 64(2), 196-207. DOI: 10.2111/REM-D-10-00062.1
32. Osunkoya, O., Thinguyen, CH., Perrett, A., Shabbir, SH., Nive, A., Belgeri, K., Dhilepan, S., & Adkins, S. (2014). Soil seed bank dynamics in response to an extreme flood event in a riparian habitat, *Journal of Ecological research*. 29(6), 1115-1129. DOI; 10.1007/s11284-014-1198-2
33. Pattago, M., Silveira, C., Cunha, L., & Cruz, F. (2011). Distribution of herbaceous species in the soil seed bank of a flood seasonality area Northern Pantanal Brazil, *International review of Hidrobiology*. 96(2), 149-163. DOI: 10.1002/iroh.201111315
34. Pakparvar, M., Walraevens, K., Cheraghi, S., Ghahari, G.R., Cornelis, W., Gabriels, D., & Kowsar, S.A. (2017). Assessment of groundwater recharge influenced by floodwater spreading: an integrated approach with limited accessible data, *Hydrological Sciences Journal*. 62(1), 147-164. DOI: 10.1080/02626667-2016.1183164
35. Priego Santander, A.G., Campos, M., Bocco, G., & Ramirez Sanchez, L.G. (2013). Relationship between landscape heterogeneity and plant species richness on the Mexican Pacific coast, *Applied Geography*. 40, 171-178. DOI: 10.1016/j.apgeog.2013.02.013
36. Rango, A., Tartowski S.L., Laliberte, A., Wainwright, J., & Parsons, A. (2006). Islands of hydrologically and enhanced biotic productivity in natural and managed arid ecosystems, *Journal of Arid Environments*. 65(2), 235-252. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2005.09.002
37. Raunkiaer, C. (1934). *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press, London. 328p.
38. Salaryan, T., Jory, M.H., Ariapour, A., & Mahmoudi, M. (2011). The studying of species diversity Javaherdeh region in Ramsar city with using of significance degree index, *Iranian Journal of Natural Ecosystems*. 2(1), 11-20. [In Persian]
39. Shannon, C.E. & Weaner, A. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, 350p.
40. Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity, *Nature Science*. 12, 1-20.
41. Souza, E.B., Ferreira, F.A., & Pott, A. (2016). Effects of flooding and its temporal variation on seedling recruitment from the soil seed bank of a Neotropical flood plain, *Acta Botanica Brasilia*. 30(4), 560-568. DOI: 10.1590/0102-33062016abb0202

42. Tavili, A., Baraabadi, H., Zahtabian, G., Dadrasi, A., & Khosravi, H. (2014). The Effect of flood spreading on quantitative changes in vegetation cover (Case Study: Borabad Sabzevar Region), *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 8(25), 9-14. DOI: 20.1001.1.20089554.1393.8.25.3.2 [In Persian]
43. Yeilaghi, Sh., Ghorbani, A., & Heydari, M. (2013). *Biodiversity of plant species in the flood distribution station of Poldasht*, Conference: Iran Genetics Congress, Holding period: 1. [In Persian]
44. Yonghui, Wang., Jin, Li., Kaixuan, Qian., & Mao, Y. (2023). Response of plant species diversity to flood irrigation in the Tarim River Basin, Northwest China, *Journal of Sustainability*, 15(2), 1243. DOI: 10.3390/su.15021243
45. Zhang, M., Chen, F., Chen, S., Wang, Y., & Wang, J. (2016). Effects of the seasonal flooding on riparian soil seed bank in the three Gorges reservoir region (Case Study: in Shanmu River), *Springerplus*. 5(1), 492. DOI: 10.1186/s40064-016-2121-9

## Appendix 1

## Floristic Inventory of Plant Species in the Study Area

| Row | Genus and Species  | Family         | Raunkiaer 's<br>biological types | Longevity | Life Form | Palatability<br>Classes |
|-----|--|----------------|----------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|
| 1   | <i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) (Schult. & Schult. f.) | Amaryllidaceae | Ge                               | A         | F         | III                     |
| 2   | <i>Pistacia khinjuk</i> Stocks.                            | Anacardiaceae  | Ph                               | P         | S. T      | III                     |
| 3   | <i>Anisosciadium orientale</i> DC.                         | Apiaceae       | Ge                               | A         | F         | III                     |
| 4   | <i>Dicyclophora persica</i> Boiss.                         | Apiaceae       | He                               | A         | F         | II                      |
| 5   | <i>Ducrosia anetifolia</i> (DC.) Boiss.                    | Apiaceae       | He                               | P         | F         | II                      |
| 6   | <i>Ferula szowitsiana</i> DC.                              | Apiaceae       | Cr                               | A         | F         | II                      |
| 7   | <i>Psammogeton canescens</i> (DC.) Vatke                   | Apiaceae       | Th                               | A         | F         | II                      |
| 8   | <i>Pycnocycla nodiflora</i> Dence. Ex Boiss.               | Apiaceae       | Ch                               | P         | F         | III                     |
| 9   | <i>Achillea eriophora</i> DC.                              | Asteraceae     | He                               | P         | F         | II                      |
| 10  | <i>Achillea wilhelmsii</i> C. Koch.                        | Asteraceae     | Ge                               | P         | F         | II                      |
| 11  | <i>Anthemis persica</i> Boiss.                             | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 12  | <i>Artemisia sieberi</i> Besser.                           | Asteraceae     | Ch                               | P         | Sh        | II                      |
| 13  | <i>Calendula persica</i> C. A. Mey.                        | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 14  | <i>Carthamus oxyacantha</i> M. B.                          | Asteraceae     | Cr                               | A         | F         | III                     |
| 15  | <i>Centaurea bruguieriana</i> (DC.) Hand. Mzt.             | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | III                     |
| 16  | <i>Centaurea intricate</i> Boiss.                          | Asteraceae     | Ch                               | P         | Sh        | II                      |
| 17  | <i>Centaurea virgata</i> Lam.                              | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | III                     |
| 18  | <i>Chardinia orientalis</i> (L.) Kuntze.                   | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | III                     |
| 19  | <i>Cnicus benedictus</i> L.                                | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 20  | <i>Crepis kotschyanus</i> (Boiss.) Boiss.                  | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 21  | <i>Crupina crupinastrum</i> (Moris) Vis.                   | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 22  | <i>Echinops robustus</i> Bunge.                            | Asteraceae     | Cr                               | P         | F         | III                     |
| 23  | <i>Echinops</i> sp.  | Asteraceae     | Cr                               | P         | F         | II                      |
| 24  | <i>Filago desertorum</i> Pomel.                            | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 25  | <i>Francoeuria undulata</i> (L.) Lack                      | Asteraceae     | Ch                               | P         | F         | III                     |
| 26  | <i>Gundelia tournefortii</i> L.                            | Asteraceae     | Ge                               | P         | F         | III                     |
| 27  | <i>Koelpinia macrantha</i> C. Winckl.                      | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 28  | <i>Lactuca scarioloides</i> Boiss.                         | Asteraceae     | Ch                               | A         | F         | II                      |
| 29  | <i>Lactuca undulata</i> Ledeb.                             | Asteraceae     | Ge                               | A         | F         | II                      |
| 30  | <i>Launaea acanthodes</i> (Boiss.) O. Kuntze               | Asteraceae     | Ge                               | A         | F         | III                     |
| 31  | <i>Leontodon laciniatus</i> (Bertol.) Widder ex Bornm.     | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | III                     |
| 32  | <i>Onopordon leptolepis</i> DC.                            | Asteraceae     | He                               | P         | F         | III                     |
| 33  | <i>Outreya carduiiformis</i> Jaub. & Spach.                | Asteraceae     | Ge                               | A         | F         | II                      |
| 34  | <i>Pentanema divaricatum</i> Cass.                         | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | III                     |
| 35  | <i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.                          | Asteraceae     | He                               | A         | F         | III                     |
| 36  | <i>Picris strigosa</i> M.B.                                | Asteraceae     | Ch                               | P         | F         | II                      |
| 37  | <i>Platychaete aucheri</i> (Boiss.) Boiss.                 | Asteraceae     | Ch                               | P         | F         | III                     |
| 38  | <i>Reichardia orientalis</i> (L.) Hochr.                   | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | III                     |
| 39  | <i>Scariola orientalis</i> (Boiss.) Sojak.                 | Asteraceae     | Ch                               | P         | Sh        | II                      |
| 40  | <i>Senecio glaucus</i> L.                                  | Asteraceae     | He                               | A         | F         | II                      |
| 41  | <i>Sonchus oleraceus</i> L.                                | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 42  | <i>Tragopogon</i> sp.                                      | Asteraceae     | Ge                               | A         | F         | II                      |
| 43  | <i>Zoegea crinita</i> Boiss.                               | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 44  | <i>Zoegea purpurea</i> Fresen.                             | Asteraceae     | Th                               | A         | F         | II                      |
| 45  | <i>Alyssum campestre</i> L.                                | Brassicaceae   | Th                               | A         | F         | II                      |
| 46  | <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.                           | Brassicaceae   | Th                               | A         | F         | III                     |
| 47  | <i>Carrichtera annua</i> (L.) DC.                          | Brassicaceae   | Th                               | A         | F         | III                     |
| 48  | <i>Erucaria hispanica</i> (Linn.) Druce                    | Brassicaceae   | Th                               | A         | F         | III                     |
| 49  | <i>Erysimum oleifolium</i> J. Gay                          | Brassicaceae   | Th                               | A         | F         | II                      |
| 50  | <i>Leptaleum filifolium</i> (Willd.) DC.                   | Brassicaceae   | Th                               | A         | F         | III                     |
| 51  | <i>Moricandia sinaica</i> (Boiss.) Boiss.                  | Brassicaceae   | Th                               | A         | F         | III                     |
| 52  | <i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. & Kral              | Boraginaceae   | Th                               | A         | F         | III                     |
| 53  | <i>Heliotropium lasiocarpum</i> Fisch. & C.A. Mey.         | Boraginaceae   | Ch                               | P         | Sh        | II                      |
| 54  | <i>Onosma dichroanthum</i> Boiss.                          | Boraginaceae   | Ch                               | A         | F         | III                     |

| Row | Genus and Species                                      | Family          | Raunkiaer 's biological types | Longevity | Life Form | Palatability Classes |
|-----|--|-----------------|-------------------------------|-----------|-----------|----------------------|
| 55  | <i>Capparis spinosa</i> L.                             | Capparidaceae   | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 56  | <i>Acanthophyllum</i> sp.                              | Caryophyllaceae | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 57  | <i>Dianthus crinitus</i> Rech.f.                       | Caryophyllaceae | Ch                            | P         | F         | II                   |
| 58  | <i>Gymnocarpus decander</i> Forssk.                    | Caryophyllaceae | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 59  | <i>Minuartia meyeri</i> (Boiss.) Bornm.                | Caryophyllaceae | Th                            | A         | F         | II                   |
| 60  | <i>Atriplex leuococlada</i> Boiss.                     | Chenopodiaceae  | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 61  | <i>Cornulaca monacantha</i> Delile.                    | Chenopodiaceae  | Ch                            | P         | Sh        | II                   |
| 62  | <i>Noaea mucronata</i> (forssk.) Asch. & schweinf      | Chenopodiaceae  | Ch                            | P         | Sh        | II                   |
| 63  | <i>Salsola rigida</i> Pall.                            | Chenopodiaceae  | Ch                            | P         | Sh        | II                   |
| 64  | <i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Miller             | Cistaceae       | Th                            | A         | F         | II                   |
| 65  | <i>Helianthemum lippii</i> (L.) Pers.                  | Cistaceae       | Ch                            | P         | F         | II                   |
| 66  | <i>Helianthemum salicifolium</i> (L.). Miller.         | Cistaceae       | Th                            | A         | F         | II                   |
| 67  | <i>Convolvulus oxyphyllus</i> Boiss.                   | Convolvulaceae  | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 68  | <i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad               | Cucurbitaceae   | Th                            | A         | F         | III                  |
| 69  | <i>Carex stenophylla</i> Wahlenb.                      | Cyperaceae      | Ge                            | P         | G. L      | III                  |
| 70  | <i>Scabisa olivieri</i> Coult.                         | Dipsacaceae     | Th                            | A         | F         | II                   |
| 71  | <i>Ephedra foliata</i> Boiss. & Kotschy                | Ephedraceae     | Ph                            | P         | S. T      | III                  |
| 72  | <i>Euphorbia</i> sp.                                   | Euphorbiaceae   | He                            | P         | F         | III                  |
| 73  | <i>Erodium cicutarium</i> (L.) Lher.                   | Geraniaceae     | Ge                            | A         | F         | III                  |
| 74  | <i>Hypericum perforatum</i> L.                         | Hypericaceae    | Ch                            | P         | F         | III                  |
| 75  | <i>Salvia macrosiphon</i> Boiss.                       | Lamiaceae       | He                            | A         | F         | III                  |
| 76  | <i>Salvia</i> sp.                                      | Lamiaceae       | He                            | A         | F         | III                  |
| 77  | <i>Teucrium polium</i> L.                              | Lamiaceae       | Cr                            | P         | F         | II                   |
| 78  | <i>Ziziphora tenuior</i> L.                            | Lamiaceae       | Th                            | A         | F         | II                   |
| 79  | <i>Allium</i> sp.                                      | liliaceae       | Ge                            | P         | F         | II                   |
| 80  | <i>Alcea Aucheri</i> (Boiss) Alef.                     | Malvaceae       | He                            | P         | F         | III                  |
| 81  | <i>Malva neglecta</i> L.                               | Malvaceae       | He                            | A         | F         | III                  |
| 82  | <i>Prosopis farcta</i> (Banks & Soland.) Macbr.        | Mimosaceae      | Ch                            | P         | Sh        | II                   |
| 83  | <i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.                       | Papaveraceae    | Th                            | A         | F         | III                  |
| 84  | <i>Astragalus fasciculifolius</i> Boiss.               | Papilionaceae   | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 85  | <i>Astragalus hamosus</i> L.                           | Papilionaceae   | Ch                            | P         | F         | I                    |
| 86  | <i>Astragalus obtusifoliosus</i> DC.                   | Papilionaceae   | Ch                            | P         | Sh        | II                   |
| 87  | <i>Astragalus squarrosus</i> Bunge.                    | Papilionaceae   | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 88  | <i>Astragalus tribulifolius</i> Benth. ex Bunge.       | Papilionaceae   | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 89  | <i>Ebenus stellata</i> Boiss.                          | Papilionaceae   | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 90  | <i>Ebenus</i> sp.                                      | Papilionaceae   | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 91  | <i>Hippocrepis unisiliquosa</i> L                      | Papilionaceae   | Th                            | A         | F         | II                   |
| 92  | <i>Hymenocarpus circinnatus</i> (L.) Savi              | Papilionaceae   | Th                            | A         | F         | II                   |
| 93  | <i>Medicago laciniata</i> (L.) Miller                  | Papilionaceae   | He                            | A         | F         | I                    |
| 94  | <i>Medicago polymorpha</i> L                           | Papilionaceae   | He                            | A         | F         | I                    |
| 95  | <i>Medicago radiata</i> L.                             | Papilionaceae   | He                            | A         | F         | I                    |
| 96  | <i>Medicago rigidula</i> (L.) All.                     | Papilionaceae   | He                            | A         | F         | I                    |
| 97  | <i>Onobrychis crista - galli</i> (L.) Lam.             | Papilionaceae   | He                            | A         | F         | III                  |
| 98  | <i>Onobrychis</i> sp.                                  | Papilionaceae   | He                            | A         | F         | I                    |
| 99  | <i>Ononis sicula</i> Guss.                             | Papilionaceae   | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 100 | <i>Trigonella monantha</i> C. A. Mey.                  | Papilionaceae   | Th                            | A         | F         | II                   |
| 101 | <i>Trigonella persica</i> Boiss.                       | Papilionaceae   | Th                            | A         | F         | II                   |
| 102 | <i>Vicia monantha</i> Retz                             | Papilionaceae   | Th                            | A         | F         | I                    |
| 103 | <i>Vicia narbonensis</i> L.                            | Papilionaceae   | Th                            | A         | F         | I                    |
| 104 | <i>Vicia sativa</i> L.                                 | Papilionaceae   | Ch                            | P         | Sh        | III                  |
| 105 | <i>Plantago coronopus</i> L.                           | Plantaginaceae  | Ge                            | A         | F         | II                   |
| 106 | <i>Plantago lanceolata</i> L                           | Plantaginaceae  | Ge                            | A         | F         | II                   |
| 107 | <i>Plantago ovata</i> Forssk.                          | Plantaginaceae  | Ge                            | A         | F         | II                   |
| 108 | <i>Plantago psyllum</i> L                              | Plantaginaceae  | Ge                            | A         | F         | II                   |
| 109 | <i>Acantholimon festucaseum</i> (Jaub. & Spach) Boiss. | Plumbaginaceae  | Ch                            | P         | Sh        | III                  |

| Row | Genus and Species                                      | Family           | Raunkiaer 's<br>biological types | Longevity | Life Form | Palatability<br>Classes |
|-----|--|------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|
| 110 | <i>Aegilops triuncialis</i> L.                         | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 111 | <i>Avena fatua</i> L.                                  | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 112 | <i>Boissiera squarrosa</i> (Banks & Soland.) Nevski    | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 113 | <i>Bromus danthoniae</i> Trin.                         | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 114 | <i>Bromus tectorum</i> L.                              | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 115 | <i>Crithopsis delileana</i> (Schultes) Roshev.         | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 116 | <i>Cymbopogon olivieri</i> (Boiss.) Bor                | Poaceae          | Ge                               | P         | G         | II                      |
| 117 | <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.                     | Poaceae          | Ge                               | P         | G         | II                      |
| 118 | <i>Eremopoa</i> sp.                                    | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 119 | <i>Eremopyrum bonaepartis</i> (Spreng.) Neveski        | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 120 | <i>Eremopyrum</i> sp.                                  | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 121 | <i>Hordeum marinum</i> Huds.                           | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 122 | <i>Hordeum</i> sp.                                     | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 123 | <i>Hordeum spontaneum</i> C. Koch                      | Poaceae          | Ge                               | A         | G         | II                      |
| 124 | <i>Pennisetum divisum</i> (J.F. Gmel.)                 | Poaceae          | Ge                               | P         | G         | II                      |
| 125 | <i>Pennisetum orientale</i> L. C. Rich.                | Poaceae          | Ge                               | P         | G         | II                      |
| 126 | <i>Phalaris minor</i> Retz                             | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 127 | <i>Phleum</i> sp.                                      | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 128 | <i>Poa bulbosa</i> L.                                  | Poaceae          | Ge                               | P         | G         | II                      |
| 129 | <i>Poa sinaica</i> Steud.                              | Poaceae          | Cr                               | P         | G         | II                      |
| 130 | <i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.              | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 131 | <i>Polypogon</i> sp.                                   | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 132 | <i>Schismus arabicus</i> Nees                          | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 133 | <i>Stipa capensis</i> Thunb.                           | Poaceae          | Ge                               | A         | G         | III                     |
| 134 | <i>Stipa parviflora</i> Desf.                          | Poaceae          | Ge                               | P         | G         | II                      |
| 135 | <i>Stipagrostis plumose</i> (L.) Munro ex T. Anderson  | Poaceae          | Ge                               | P         | G         | II                      |
| 136 | <i>Taeniatherum crinitum</i> Nevski.                   | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 137 | <i>Tricholaena teneriffae</i> (L. f.) Link             | Poaceae          | Ge                               | P         | G         | II                      |
| 138 | <i>Vulpia persica</i> (Boiss. & Buhse) Krecz. & Bobrov | Poaceae          | Th                               | P         | G         | II                      |
| 139 | <i>Vulpia</i> sp.                                      | Poaceae          | Th                               | A         | G         | II                      |
| 140 | <i>Polygonum</i> sp.                                   | Polygonaceae     | Cr                               | A         | F         | III                     |
| 141 | <i>Pteropyrum aucheri</i> Jaub. & Spach.               | Polygonaceae     | Ph                               | P         | Sh        | II                      |
| 142 | <i>Pteropyrum olivieri</i> Jaub. & Spach               | Polygonaceae     | Ph                               | P         | Sh        | II                      |
| 143 | <i>Anagallis arvensis</i> L.                           | Primulaceae      | Ge                               | A         | F         | II                      |
| 144 | <i>Reseda aucheri</i> Boiss.                           | Resedaceae       | He                               | A         | F         | III                     |
| 145 | <i>Ziziphus nummularia</i> (Burm. f.) Wight & Walk.    | Rhamnaceae       | Ph                               | P         | S. T      | II                      |
| 146 | <i>Amygdalus scoparia</i> Spach.                       | Rosaceae         | Ph                               | P         | S. T      | III                     |
| 147 | <i>Haplophyllum tuberculatum</i> (Forssk.) A. Juss.    | Rutaceae         | Ch                               | P         | F         | III                     |
| 148 | <i>Populus euphratica</i> Oliv.                        | Salicaceae       | Ph                               | P         | T         | III                     |
| 149 | <i>Verbascum farsistanicum</i> (Murb.) Hub. Mor.       | Scrophulariaceae | Cr                               | P         | F         | III                     |
| 150 | <i>Lycium shawii</i> Roemer & Schultes.                | Solanaceae       | Ph                               | P         | S. T      | III                     |
| 151 | <i>Dendrostellera lessertii</i> Van Tiegh              | Thymelaeaceae    | Ch                               | P         | Sh        | II                      |
| 152 | <i>Tribulus terrestris</i> L.                          | Zygophyllaceae   | Cr                               | A         | F         | III                     |
| 153 | <i>Peganum harmala</i> L.                              | Zygophyllaceae   | He                               | P         | F         | III                     |
| 154 | <i>Zygophyllum atriplicoides</i> Fisch. & C. A. Mey.   | Zygophyllaceae   | Ph                               | P         | S. T      | II                      |

A: Annual, P: Perennial, Sh: Shrub, F: Forb, G: Grass, G.L: Grass like, S.T: Small Tree, T: Tree Th: Therophyte, Ge: Geophyte, Ph: Phanerophyte, Cr: Cryptophyte, He; Hemicryptophyte, Ch: Chamaephyte

## پیوست ۱

## لیست فلوریستیک گونه‌های گیاهی منطقه مورد بررسی

| ردیف | جنس و گونه   | خانواده        | تیپ‌های بیولوژیک<br>رانکیاثر | طول عمر | شکل رویشی | کلاس‌های<br>خوشخوراکی |
|------|--|----------------|------------------------------|---------|-----------|-----------------------|
| ۱    | <i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) (Schult. & Schult. f.) | Amaryllidaceae | Ge                           | A       | F         | III                   |
| ۲    | <i>Pistacia khinjuk</i> Stocks.                            | Anacardiaceae  | Ph                           | P       | S.T       | III                   |
| ۳    | <i>Anisosciadium orientale</i> DC.                         | Apiaceae       | Ge                           | A       | F         | III                   |
| ۴    | <i>Dicyclophora persica</i> Boiss.                         | Apiaceae       | He                           | A       | F         | II                    |
| ۵    | <i>Ducrosia anetifolia</i> (DC.) Boiss.                    | Apiaceae       | He                           | P       | F         | II                    |
| ۶    | <i>Ferula szowitsiana</i> DC.                              | Apiaceae       | Cr                           | A       | F         | II                    |
| ۷    | <i>Psammogeton canescens</i> (DC.) Vatke                   | Apiaceae       | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۸    | <i>Pycnocycla nodiflora</i> Dence. Ex Boiss.               | Apiaceae       | Ch                           | P       | F         | III                   |
| ۹    | <i>Achillea eriophora</i> DC.                              | Asteraceae     | He                           | P       | F         | II                    |
| ۱۰   | <i>Achillea wilhelmsii</i> C. Koch.                        | Asteraceae     | Ge                           | P       | F         | II                    |
| ۱۱   | <i>Anthemis persica</i> Boiss.                             | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۱۲   | <i>Artemisia sieberi</i> Besser.                           | Asteraceae     | Ch                           | P       | Sh        | II                    |
| ۱۳   | <i>Calendula persica</i> C. A. Mey.                        | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۱۴   | <i>Carthamus oxyacantha</i> M. B.                          | Asteraceae     | Cr                           | A       | F         | III                   |
| ۱۵   | <i>Centaurea bruguieriana</i> (DC.) Hand. Mzt.             | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۱۶   | <i>Centaurea intricate</i> Boiss.                          | Asteraceae     | Ch                           | P       | Sh        | II                    |
| ۱۷   | <i>Centaurea virgata</i> Lam.                              | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۱۸   | <i>Chardinia orientalis</i> (L.) Kuntze.                   | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۱۹   | <i>Cnicus benedictus</i> L.                                | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۲۰   | <i>Crepis kotschyanus</i> (Boiss.) Boiss.                  | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۲۱   | <i>Crupina crupinastrum</i> (Moris) Vis.                   | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۲۲   | <i>Echinops robustus</i> Bunge.                            | Asteraceae     | Cr                           | P       | F         | III                   |
| ۲۳   | <i>Echinops</i> sp.  | Asteraceae     | Cr                           | P       | F         | II                    |
| ۲۴   | <i>Filago desertorum</i> Pomel.                            | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۲۵   | <i>Francoeuria undulata</i> (L.) Lack                      | Asteraceae     | Ch                           | P       | F         | III                   |
| ۲۶   | <i>Gundelia tournefortii</i> L.                            | Asteraceae     | Ge                           | P       | F         | III                   |
| ۲۷   | <i>Koelpinia macrantha</i> C. Winckl.                      | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۲۸   | <i>Lactuca scarioloides</i> Boiss.                         | Asteraceae     | Ch                           | A       | F         | II                    |
| ۲۹   | <i>Lactuca undulata</i> Ledeb.                             | Asteraceae     | Ge                           | A       | F         | II                    |
| ۳۰   | <i>Launaea acanthodes</i> (Boiss.) O. Kuntze               | Asteraceae     | Ge                           | A       | F         | III                   |
| ۳۱   | <i>Leontodon laciniatus</i> (Bertol.) Widder ex Bornm.     | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۳۲   | <i>Onopordon leptolepis</i> DC.                            | Asteraceae     | He                           | P       | F         | III                   |
| ۳۳   | <i>Outreya carduiformis</i> Jaub. & Spach.                 | Asteraceae     | Ge                           | A       | F         | II                    |
| ۳۴   | <i>Pentanema divaricatum</i> Cass.                         | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۳۵   | <i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.                          | Asteraceae     | He                           | A       | F         | III                   |
| ۳۶   | <i>Picris strigosa</i> M.B.                                | Asteraceae     | Ch                           | P       | F         | II                    |
| ۳۷   | <i>Platychaete aucheri</i> (Boiss.) Boiss.                 | Asteraceae     | Ch                           | P       | F         | III                   |
| ۳۸   | <i>Reichardia orientalis</i> (L.) Hochr.                   | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۳۹   | <i>Scariola orientalis</i> (Boiss.) Sojak.                 | Asteraceae     | Ch                           | P       | Sh        | II                    |
| ۴۰   | <i>Senecio glaucus</i> L.                                  | Asteraceae     | He                           | A       | F         | II                    |
| ۴۱   | <i>Sonchus oleraceus</i> L.                                | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۴۲   | <i>Tragopogon</i> sp.                                      | Asteraceae     | Ge                           | A       | F         | II                    |
| ۴۳   | <i>Zoegea crinita</i> Boiss.                               | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۴۴   | <i>Zoegea purpurea</i> Fresen.                             | Asteraceae     | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۴۵   | <i>Alyssum campestre</i> L.                                | Brassicaceae   | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۴۶   | <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.                           | Brassicaceae   | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۴۷   | <i>Carrichtera annua</i> (L.) DC.                          | Brassicaceae   | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۴۸   | <i>Erucaria hispanica</i> (Linn.) Druce                    | Brassicaceae   | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۴۹   | <i>Erysimum oleifolium</i> J. Gay                          | Brassicaceae   | Th                           | A       | F         | II                    |
| ۵۰   | <i>Leptaleum filifolium</i> (Willd.) DC.                   | Brassicaceae   | Th                           | A       | F         | III                   |
| ۵۱   | <i>Moricandia sinaica</i> (Boiss.) Boiss.                  | Brassicaceae   | Th                           | A       | F         | III                   |

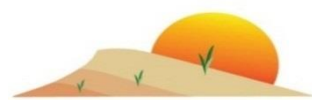
| ردیف | جنس و گونه   | خانواده         | تیپ‌های بیولوژیک<br>رانکیئر | طول عمر | شکل رویشی | کلاس‌های<br>خوشخوراکی |
|------|--|-----------------|-----------------------------|---------|-----------|-----------------------|
| ۵۲   | <i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. & Kral      | Boraginaceae    | Th                          | A       | F         | III                   |
| ۵۳   | <i>Heliotropium lasiocarpum</i> Fisch. & C.A. Mey. | Boraginaceae    | Ch                          | P       | Sh        | II                    |
| ۵۴   | <i>Onosma dichroanthum</i> Boiss.                  | Boraginaceae    | Ch                          | A       | F         | III                   |
| ۵۵   | <i>Capparis spinosa</i> L.                         | Capparidaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۵۶   | <i>Acanthophyllum</i> sp.                          | Caryophyllaceae | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۵۷   | <i>Dianthus crinitus</i> Rech.f.                   | Caryophyllaceae | Ch                          | P       | F         | II                    |
| ۵۸   | <i>Gymnocarpus decander</i> Forssk.                | Caryophyllaceae | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۵۹   | <i>Minuartia meyeri</i> (Boiss.) Bornm.            | Caryophyllaceae | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۶۰   | <i>Atriplex leucoclada</i> Boiss.                  | Chenopodiaceae  | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۶۱   | <i>Cornulaca monacantha</i> Delile.                | Chenopodiaceae  | Ch                          | P       | Sh        | II                    |
| ۶۲   | <i>Noaea mucronata</i> (forssk.) Asch. & schweinf  | Chenopodiaceae  | Ch                          | P       | Sh        | II                    |
| ۶۳   | <i>Salsola rigida</i> Pall.                        | Chenopodiaceae  | Ch                          | P       | Sh        | II                    |
| ۶۴   | <i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Miller         | Cistaceae       | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۶۵   | <i>Helianthemum lippii</i> (L.) Pers.              | Cistaceae       | Ch                          | P       | F         | II                    |
| ۶۶   | <i>Helianthemum salicifolium</i> (L.) Miller.      | Cistaceae       | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۶۷   | <i>Convolvulus oxyphyllus</i> Boiss.               | Convolvulaceae  | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۶۸   | <i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad           | Cucurbitaceae   | Th                          | A       | F         | III                   |
| ۶۹   | <i>Carex stenophylla</i> Wahlenb.                  | Cyperaceae      | Ge                          | P       | G. L      | III                   |
| ۷۰   | <i>Scabisa olivieri</i> Coult.                     | Dipsacaceae     | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۷۱   | <i>Ephedra foliata</i> Boiss. & Kotschy            | Ephedraceae     | Ph                          | P       | S. T      | III                   |
| ۷۲   | <i>Euphorbia</i> sp.                               | Euphorbiaceae   | He                          | P       | F         | III                   |
| ۷۳   | <i>Erodium cicutarium</i> (L.) Lher.               | Geraniaceae     | Ge                          | A       | F         | III                   |
| ۷۴   | <i>Hypericum perforatum</i> L.                     | Hypericaceae    | Ch                          | P       | F         | III                   |
| ۷۵   | <i>Salvia macrosiphon</i> Boiss.                   | Lamiaceae       | He                          | A       | F         | III                   |
| ۷۶   | <i>Salvia</i> sp.                                  | Lamiaceae       | He                          | A       | F         | III                   |
| ۷۷   | <i>Teucrium polium</i> L.                          | Lamiaceae       | Cr                          | P       | F         | II                    |
| ۷۸   | <i>Ziziphora tenuior</i> L.                        | Lamiaceae       | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۷۹   | <i>Allium</i> sp.                                  | liliaceae       | Ge                          | P       | F         | II                    |
| ۸۰   | <i>Alcea Aucheri</i> (Boiss) Alef.                 | Malvaceae       | He                          | P       | F         | III                   |
| ۸۱   | <i>Malva neglecta</i> L.                           | Malvaceae       | He                          | A       | F         | III                   |
| ۸۲   | <i>Prosopis farcta</i> (Banks & Soland.) Macbr.    | Mimosaceae      | Ch                          | P       | Sh        | II                    |
| ۸۳   | <i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.                   | Papaveraceae    | Th                          | A       | F         | III                   |
| ۸۴   | <i>Astragalus fasciculifolius</i> Boiss.           | Papilionaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۸۵   | <i>Astragalus hamosus</i> L.                       | Papilionaceae   | Ch                          | P       | F         | I                     |
| ۸۶   | <i>Astragalus obtusifoliosus</i> DC.               | Papilionaceae   | Ch                          | P       | Sh        | II                    |
| ۸۷   | <i>Astragalus squarrosus</i> Bunge.                | Papilionaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۸۸   | <i>Astragalus tribulifolius</i> Benth. ex Bunge.   | Papilionaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۸۹   | <i>Ebenus stellata</i> Boiss.                      | Papilionaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۹۰   | <i>Ebenus</i> sp.                                  | Papilionaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۹۱   | <i>Hippocrepis unisiliquosa</i> L                  | Papilionaceae   | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۹۲   | <i>Hymenocarpus circinnatus</i> (L.) Savi          | Papilionaceae   | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۹۳   | <i>Medicago laciniata</i> (L.) Miller              | Papilionaceae   | He                          | A       | F         | I                     |
| ۹۴   | <i>Medicago polymorpha</i> L                       | Papilionaceae   | He                          | A       | F         | I                     |
| ۹۵   | <i>Medicago radiata</i> L.                         | Papilionaceae   | He                          | A       | F         | I                     |
| ۹۶   | <i>Medicago rigidula</i> (L.) All.                 | Papilionaceae   | He                          | A       | F         | I                     |
| ۹۷   | <i>Onobrychis crista - galli</i> (L.) Lam.         | Papilionaceae   | He                          | A       | F         | III                   |
| ۹۸   | <i>Onobrychis</i> sp.                              | Papilionaceae   | He                          | A       | F         | I                     |
| ۹۹   | <i>Ononis sicula</i> Guss.                         | Papilionaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۱۰۰  | <i>Trigonella monantha</i> C. A. Mey.              | Papilionaceae   | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۱۰۱  | <i>Trigonella persica</i> Boiss.                   | Papilionaceae   | Th                          | A       | F         | II                    |
| ۱۰۲  | <i>Vicia monantha</i> Retz                         | Papilionaceae   | Th                          | A       | F         | I                     |
| ۱۰۳  | <i>Vicia narbonensis</i> L.                        | Papilionaceae   | Th                          | A       | F         | I                     |
| ۱۰۴  | <i>Vicia sativa</i> L.                             | Papilionaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۱۰۵  | <i>Plantago coronopus</i> L.                       | Plantaginaceae  | Ge                          | A       | F         | II                    |

| ردیف | جنس و گونه   | خانواده          | تیپ‌های بیولوژیک<br>رانکیتر | طول عمر | شکل رویشی | کلاس‌های<br>خوشخوراکی |
|------|--|------------------|-----------------------------|---------|-----------|-----------------------|
| ۱۰۶  | <i>Plantago lanceolata</i> L                           | Plantaginaceae   | Ge                          | A       | F         | II                    |
| ۱۰۷  | <i>Plantago ovata</i> Forssk.                          | Plantaginaceae   | Ge                          | A       | F         | II                    |
| ۱۰۸  | <i>Plantago psyllum</i> L                              | Plantaginaceae   | Ge                          | A       | F         | II                    |
| ۱۰۹  | <i>Acantholimon festucaseum</i> (Jaub. & Spach) Boiss. | Plumbaginaceae   | Ch                          | P       | Sh        | III                   |
| ۱۱۰  | <i>Aegilops triuncialis</i> L.                         | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۱۱  | <i>Avena fatua</i> L.                                  | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۱۲  | <i>Boissiera squarrosa</i> (Banks & Soland.) Nevski    | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۱۳  | <i>Bromus danthoniae</i> Trin.                         | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۱۴  | <i>Bromus tectorum</i> L.                              | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۱۵  | <i>Crithopsis delileana</i> (Schultes) Roshev.         | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۱۶  | <i>Cymbopogon olivieri</i> (Boiss.) Bor                | Poaceae          | Ge                          | P       | G         | II                    |
| ۱۱۷  | <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.                     | Poaceae          | Ge                          | P       | G         | II                    |
| ۱۱۸  | <i>Eremopoa</i> sp.                                    | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۱۹  | <i>Eremopyrum bonaepartis</i> (Spreng.) Neveski        | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۲۰  | <i>Eremopyrum</i> sp.                                  | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۲۱  | <i>Hordeum marinum</i> Huds.                           | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۲۲  | <i>Hordeum</i> sp.                                     | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۲۳  | <i>Hordeum spontaneum</i> C. Koch                      | Poaceae          | Ge                          | A       | G         | II                    |
| ۱۲۴  | <i>Pennisetum divisum</i> (J.F. Gmel.)                 | Poaceae          | Ge                          | P       | G         | II                    |
| ۱۲۵  | <i>Pennisetum orientale</i> L. C. Rich.                | Poaceae          | Ge                          | P       | G         | II                    |
| ۱۲۶  | <i>Phalaris minor</i> Retz                             | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۲۷  | <i>Phleum</i> sp.                                      | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۲۸  | <i>Poa bulbosa</i> L.                                  | Poaceae          | Ge                          | P       | G         | II                    |
| ۱۲۹  | <i>Poa sinaica</i> Steud.                              | Poaceae          | Cr                          | P       | G         | II                    |
| ۱۳۰  | <i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.              | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۳۱  | <i>Polypogon</i> sp.                                   | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۳۲  | <i>Schismus arabicus</i> Nees                          | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۳۳  | <i>Stipa capensis</i> Thunb.                           | Poaceae          | Ge                          | A       | G         | III                   |
| ۱۳۴  | <i>Stipa parviflora</i> Desf.                          | Poaceae          | Ge                          | P       | G         | II                    |
| ۱۳۵  | <i>Stipagrostis plumose</i> (L.) Munro ex T. Anderson  | Poaceae          | Ge                          | P       | G         | II                    |
| ۱۳۶  | <i>Taenatherum crinitum</i> Nevski.                    | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۳۷  | <i>Tricholaena teneriffae</i> (L. f.) Link             | Poaceae          | Ge                          | P       | G         | II                    |
| ۱۳۸  | <i>Vulpia persica</i> (Boiss. & Buhse) Krecz. & Bobrov | Poaceae          | Th                          | P       | G         | II                    |
| ۱۳۹  | <i>Vulpia</i> sp.                                      | Poaceae          | Th                          | A       | G         | II                    |
| ۱۴۰  | <i>Polygonum</i> sp.                                   | Polygonaceae     | Cr                          | A       | F         | III                   |
| ۱۴۱  | <i>Pteropyrum aucheri</i> Jaub. & Spach.               | Polygonaceae     | Ph                          | P       | Sh        | II                    |
| ۱۴۲  | <i>Pteropyrum olivieri</i> Jaub. & Spach               | Polygonaceae     | Ph                          | P       | Sh        | II                    |
| ۱۴۳  | <i>Anagallis arvensis</i> L.                           | Primulaceae      | Ge                          | A       | F         | II                    |
| ۱۴۴  | <i>Reseda aucheri</i> Boiss.                           | Resedaceae       | He                          | A       | F         | III                   |
| ۱۴۵  | <i>Ziziphus nummularia</i> (Burm. f.) Wight & Walk.    | Rhamnaceae       | Ph                          | P       | S. T      | II                    |
| ۱۴۶  | <i>Amygdalus scoparia</i> Spach.                       | Rosaceae         | Ph                          | P       | S. T      | III                   |
| ۱۴۷  | <i>Haplophyllum tuberculatum</i> (Forssk.) A. Juss.    | Rutaceae         | Ch                          | P       | F         | III                   |
| ۱۴۸  | <i>Populus euphratica</i> Oliv.                        | Salicaceae       | Ph                          | P       | T         | III                   |
| ۱۴۹  | <i>Verbascum farsistanicum</i> (Murb.) Hub. Mor.       | Scrophulariaceae | Cr                          | P       | F         | III                   |
| ۱۵۰  | <i>Lycium shawii</i> Roemer & Schultes.                | Solanaceae       | Ph                          | P       | S. T      | III                   |
| ۱۵۱  | <i>Dendrostellera lessertii</i> Van Tiegh              | Thymelaeaceae    | Ch                          | P       | Sh        | II                    |
| ۱۵۲  | <i>Tribulus terrestris</i> L.                          | Zygophyllaceae   | Cr                          | A       | F         | III                   |
| ۱۵۳  | <i>Peganum harmala</i> L.                              | Zygophyllaceae   | He                          | P       | F         | III                   |
| ۱۵۴  | <i>Zygophyllum atriplicoides</i> Fisch. & C. A. Mey.   | Zygophyllaceae   | Ph                          | P       | S. T      | II                    |

A: (یکساله), P: (چندساله), Sh: (بوته), F: (علفی), G: (گندمی), G.L: (شبیه گندمی), S.T: (درختچه),  
 T: (Small Tree), Th: (درخت), Ge: (Geophyte), Ph: Phanerophyte, Cr: Cryptophyte, He: Hemicryptophyte, Ch: Chamaephyte

# Desert Management

Vol. 12, No. 4, Winter 2025



Iranian Scientific Association of Desert  
Management and Control

## Contents

- **Projection of The Relationship Between Climate Change Groundwater Resources Based on The MODFLOW Model** 1  
Boomeh F., M.H. Mokhtari, A. Talebi and M. Goodarzi
  
- **Spatiotemporal Analysis of Atmospheric Hazards in Arid and Hyper-Arid Regions: A Case Study of Yazd Province** 21  
Shirgholami M.R. and H. Ajdari Yazdi
  
- **Identification of Common Medicinal-Industrial Plants in Desert Rangelands and Examination of Local Community Awareness (Case Study: Khaf County, Khorasan Razavi Province)** 41  
Karimian V. and H. Barani
  
- **Evaluation of Desertification Control Projects Based on Sustainable Development Goals (Case Study: Gonabad County, Khorasan Razavi Province, Iran)** 63  
Khashtabeh R., HR. Asgari, Ch. Komaki, H. Yeganeh and M. Akbari
  
- **Analysis of Climate Change and Future Trends of Precipitation and Temperature in the Karde Dam Basin** 87  
Akbari M., H. Malekinezhad and M. Hajibigloo
  
- **Investigation of The Impact of Flood Spreading on The Biological Indices of Plants in The Kowsar Aquifer Station** 107  
Habibian S.M.R. and E. Fakhimi

# 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. 12**

**No. 4**

**2025**

**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](mailto:jdm.isadmc@yahoo.com)

Journal of

# Desert Management



ISSN 2476-3721

Quarterly:

Volume 12- No 4- Winter 2025

32

## Contents

- **Projection of The Relationship Between Climate Change Groundwater Resources Based on The MODFLOW Model** 1  
Boomeh F., M.H. Mokhtari, A. Talebi and M. Goodarzi
- **Spatiotemporal Analysis of Atmospheric Hazards in Arid and Hyper-Arid Regions: A Case Study of Yazd Province** 21  
Shirgholami M.R. and H. Ajdari Yazdi
- **Identification of Common Medicinal-Industrial Plants in Desert Rangelands and Examination of Local Community Awareness (Case Study: Khaf County, Khorasan Razavi Province)** 41  
Karimian V. and H. Barani
- **Evaluation of Desertification Control Projects Based on Sustainable Development Goals (Case Study: Gonabad County, Khorasan Razavi Province, Iran)** 63  
Khashtabeh R., HR. Asgari, Ch. Komaki, H. Yeganeh and M. Akbari
- **Analysis of Climate Change and Future Trends of Precipitation and Temperature in the Karde Dam Basin** 87  
Akbari M., H. Malekinezhad and M. Hajibigloo
- **Investigation of The Impact of Flood Spreading on The Biological Indices of Plants in The Kowsar Aquifer Station** 107  
Habibian S.M.R. and E. Fakhimi