



فهرست مطالب

- ۱-۱۴ ■ تأثیر جنگل کاری با گونه های مختلف بر مقدار ترسیب کربن در منطقه نیمه استپی سنندج
حامد جنیدی، محمد امین صوفی، بهرام قلی نژاد
- ۱۵-۳۰ ■ بررسی تأثیر سامانه های هلالی آبگیر در مدیریت و جمع آوری رواناب در حوزه آبخیز چدرویه،
فارس
حسن مقیم، امین نقیبی، معصومه سبزی، زهرا فرهمندیان
- ۳۱-۵۴ ■ ارزیابی کمی تأثیر توسعه کشاورزی بر امنیت غذایی و خطر بیابانزایی در دشت بالاجام
شهرستان تربت جام، استان خراسان رضوی
مصطفی رضوانی مقدم، مرتضی اکبری، مژگان ثابت تیموری، شجاعت زارع
- ۵۵-۷۲ ■ مدل سازی مطلوبیت زیستگاه جبیر با بهره گیری از مدل آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت شده
هرمود استان فارس
برهان یوسفی، علی جعفری، علی اصغر نقی پور
- ۷۳-۹۸ ■ ارزیابی تاب آوری سکونتگاه های روستایی شهرستان ماهنشان در برابر ناامنی غذایی در شرایط
خشکسالی
معصومه محمدلو، عبدالرضا رحمانی فضلی، زیلا سجادی، مهدی چراغی
- ۹۹-۱۲۲ ■ بررسی عملکرد شاخص های تک متغیره و یکپارچه چند متغیره در پایش خشکسالی کشاورزی
(بررسی موردی: حوزه آبخیز کرخه)
مهشید کریمی، نوید دهقانی، نسترن جلیلیان، کاکا شاهی

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 ۳

دوره ۱۲

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

هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

- محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
حسین آذرینوند، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
ناصر باغستانی میبدی، 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

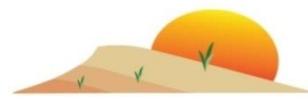
آدرس دفتر مجله:

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

تیراژ: ۱۰۰ نسخه

داوران مقالات این شماره:

دکتر محسن احمدی، دکتر مسلم برجی، دکتر مصطفی ترکش، دکتر پویان دهقان، دکتر محمدرضا راهداری، دکتر مجید رحیمی، دکتر مرضیه رضایی، دکتر الهام رفیعی‌ساردویی، دکتر حمید سودائی‌زاده، دکتر محمدابراهیم صادق‌زاده ریحان، دکتر محمدعلی صارمی نایینی، دکتر علی صالحی، دکتر پژمان طهماسبی، دکتر اسماعیل‌علی‌زاده، دکتر یاسر قاسمی‌آریان، دکتر سعیده کلانتری، دکتر سیدحمید متین‌خواه، دکتر شیرین محمدخان، دکتر جواد معتمدی، دکتر روح‌الله میرزایی



فهرست مطالب

- ۱-۱۴ ■ تأثیر جنگل کاری با گونه‌های مختلف بر مقدار ترسیب کربن در منطقه نیمه استپی سندج
حامد جنیدی، محمد امین صوفی، بهرام قلی نژاد
- ۱۵-۳۰ ■ بررسی تأثیر سامانه‌های هلالی آبگیر در مدیریت و جمع‌آوری رواناب در حوزه آبخیز چدرویه،
فارس
حسن مقیم، امین نقی‌بی، معصومه سبزی، زهرا فرهنگیان
- ۳۱-۵۴ ■ ارزیابی کمی تأثیر توسعه کشاورزی بر امنیت غذایی و خطر بیابان‌زایی در دشت بالاجام
شهرستان تربت جام، استان خراسان رضوی
مصطفی رضوانی مقدم، مرتضی اکبری، مژگان ثابت تیموری، شجاعت زارع
- ۵۵-۷۲ ■ مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جبیر با بهره‌گیری از مدل آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت‌شده
هرمود استان فارس
برهان یوسفی، علی جعفری، علی اصغر نقی پور
- ۷۳-۹۸ ■ ارزیابی تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان ماهنشان در برابر ناامنی غذایی در شرایط
خشکسالی
معصومه محمدلو، عبدالرضا رحمانی فضلی، ژیلا سجادی، مهدی چراغی
- ۹۹-۱۲۲ ■ بررسی عملکرد شاخص‌های تک متغیره و یکپارچه چند متغیره در پایش خشکسالی کشاورزی
(بررسی موردی: حوزه آبخیز کرخه)
مهشید کریمی، نوید دهقانی، نسترن جلیلیان، کاکا شاهدی

راهنمای نگارش مقاله برای چاپ در نشریه علمی مدیریت بیابان

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

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

۱- نوع مقاله

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

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

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

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

جدول و شکل‌ها، نتایج را خیلی دقیق تر و واضح تر از متن نمایش می‌دهند. اطلاعات ارائه شده در جدول‌ها 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، می‌توان واحد را در عنوان جدول ذکر نمود. نتایج بررسی‌های آماری باید به یکی از روش‌های علمی در جدول منعکس شود. جدول تنها در محیط Word طراحی و از ایجاد ارتباط یا Link نمودارها با دیگر فایل‌ها خودداری شود.

شکل‌های هر مقاله شامل منحنی، نمودار، عکس و نقشه، همه به طور یکسان به عنوان شکل شماره‌گذاری شوند. شکل‌ها 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 شکل های اقتباس شده که از منابع دیگر، الزامی است. فایل های اصلی شکل ها 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 شکل های نمونه (شکل ۱) بدون کادر خارجی باشند.

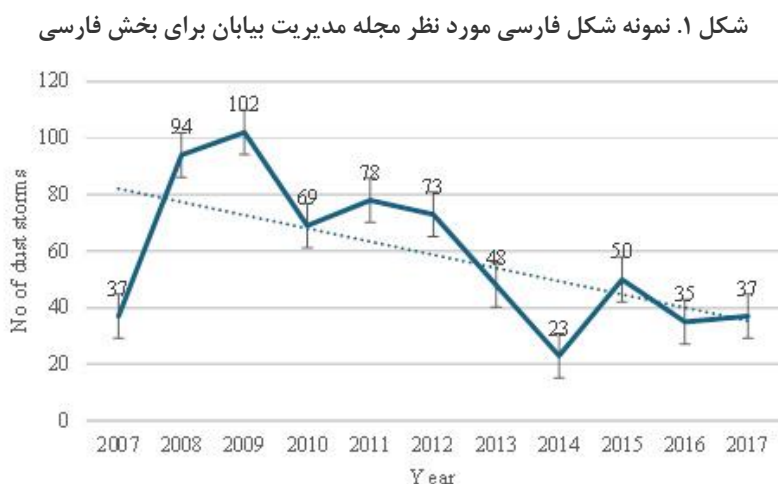
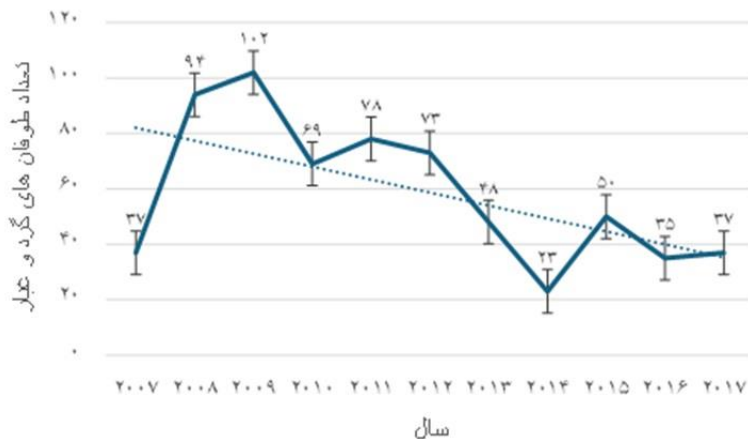


Fig 1 English. Example of the desired bilingual figures of Journal of Desert Management

جداول بایستی بدون خطوط عمودی و به صورت نمونه ذیل تهیه گردند (جدول ۱ فارسی). جدول ها را شماره گذاری کرده و شماره را در اول عنوان قید و در متن رفرنس 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:

$$E = m \cdot c^2 \quad (1)$$

- 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:

- (1) متن اصلی مقاله بدون اسامی نویسندگان با فرمت doc و یا docx
 - (2) یک صفحه شامل عنوان فارسی و انگلیسی مقاله به همراه اسامی، سمت و آدرس نویسندگان و نویسنده مسئول
 - (3) 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 (1) عدم چاپ مقاله ارسالی به هر شکل در گذشته، (2) عدم ارسال مقاله به دیگر نشریه‌ها تا تعیین تکلیف در این نشریه و (3) 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 در بخش ارسال مقاله ثبت گردد.

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

۷۴۱-۸۹۱۹۵

تلفکس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۶۹۸

رایانامه: jdm.isadmc@yahoo.com

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

نویسندگان محترم بعد از پذیرش مقاله 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 می‌توانید 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، می‌توانند 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.

The Effect of Afforestation with Diverse Species on Carbon Sequestration in Semi-Arid Areas of Kurdistan Province (Case Study: Sanandaj)

H. Joneidi^{1*}, M. A. Soofi², B. Gholinejad³

1. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran & Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
 2. Graduated, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
 3. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
- * Corresponding Author: Hjoneidi@ut.ac.ir

Received date: 16/09/2024

Accepted date: 24/10/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2041263.1482](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2041263.1482)

Abstract

This study aimed to evaluate the impact of afforestation with broadleaf, coniferous, and mixed species on carbon sequestration rates in 40-year-old afforested areas of the Sarnjaneh region, Sanandaj. The treatments included pure stands of *Cupressus sempervirens* and *Fraxinus rotundifolia*, as well as a mixed stand of *F. rotundifolia* and *Robinia pseudoacacia*. Soil samples (0–30 cm depth) were collected alongside measurements of aboveground, belowground, and litter biomass within the afforested stands and an adjacent rangeland. Carbon sequestration in the aboveground and belowground biomass, litter, and soil was quantified. Data analysis was performed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's test in SPSS software. Results revealed that afforestation significantly enhanced organic carbon storage compared to rangelands. The total organic carbon storage in the control rangeland was 49.05 tons ha⁻¹ yr⁻¹, which was significantly lower than the afforested stands. The highest organic carbon storage was observed in the *C. sempervirens* stand, at 95.26 tons ha⁻¹ yr⁻¹. No significant difference was detected between the mixed stand (81.61 tons ha⁻¹ yr⁻¹) and the *F. rotundifolia* stand (74.84 tons ha⁻¹ yr⁻¹) regarding total organic carbon storage. The annual carbon sequestration rates per unit area were estimated at 1.11 tons ha⁻¹ yr⁻¹ for the *C. sempervirens* stand, 0.82 tons ha⁻¹ yr⁻¹ for the mixed stand, and 0.163 tons ha⁻¹ yr⁻¹ for the *F. rotundifolia* stand. The findings demonstrate that mixed-species afforestation promotes greater carbon sequestration compared to monoculture stands of *Fraxinus* due to species diversity. Furthermore, the study highlights the varying carbon sequestration potentials of different tree species. Coniferous species, such as *C. sempervirens*, exhibit higher carbon sequestration rates than broadleaf species, making them more suitable for semi-arid regions like Kurdistan Province. However, given that some conifers are non-native, careful consideration of their ecological impacts is essential when incorporating them into afforestation projects.

Keywords: Desertification; Carbon sequestration; Tree species; Soil protection; Greenhouse gases

How to cite this article

Joneidi, H., Soofi, M. A. and gholinejad, B. (2024). The Effect of Afforestation with Diverse Species on Carbon Sequestration in Semi-Arid Areas of Kurdistan Province (Case Study: Sanandaj). *Desert Management*, 12(3), 1-14. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2041263.1482](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2041263.1482)



Extended Abstract

Introduction

The occurrence of climate change, desertification, and destruction of natural resources necessitates the use of afforestation to protect soil, water and atmospheric carbon sequestration (3). Arid and semi-arid areas are suitable options for conducting carbon sequestration operations. In many parts of the world, forestry projects in semi-arid areas have been widely used to restore destroyed ecosystems and control soil erosion (39). Numerous studies in Iran and worldwide have shown that afforestation with various species has a positive impact on the process of carbon sequestration and improving soil quality (3, 14, 31, 9, 16). The purpose of this research is to examine the impact of an afforestation project on the reserve and carbon sequestration levels in the 40-year-old afforested regions of the Seranjiane region of Sanandaj. Due to the differing carbon sequestration potential of tree species, this research is aimed at evaluating the capacity of forestry with broad-leaved, coniferous, and mixed species to sequester carbon in the ecosystem.

Material and Methods

Seranjiane Forestry - Dushan with an area of 96.7 hectares is located in the geographical longitude of 47° 0' 20" to 47° 1' 25" and latitude of 35° 13' 22" to 35° 14' 4" (Fig 1). Saranjayaneh Forest Park is a type of hand-planted forest park, which includes 40-year-old tree stands of pure *Fraxin*, pure *Cupressus* and mixed *Fraxinus* and *Robinia*. The control area is a natural rangeland that is next to the afforested area and has similar climate conditions and topography. The statistical method for determining sampling volume was used to calculate the appropriate number of sampling plots. The minimum area method was used to determine the appropriate plot size. Random-systematic sampling method was used to sample tree cover in each forest plot in the 6 plots measuring 20 x 10 square meters. In forestry stands and nearby rangeland, soil (0-30 cm depth), aboveground, underground, and litter biomass were sprayed using a random-systematic method. The amount of carbon sequestered in biomass (aerial and underground), litter, and soil was measured. The data was analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's test by SPSS version 24 software.

Results

The findings revealed that afforestation has resulted in an increase in organic carbon storage compared to rangelands. The amount of organic carbon stored in rangelands, which is 49.05 tons per hectare, differs significantly from other treatments (Table 1). The cypress stand had the highest amount of organic carbon storage, which was 95.26 tons per hectare. The total amount of organic carbon stored per unit area in two mixed stands (81.61 tons per hectare) was not significantly different from that in sparrow's tongue (74.84 tons per hectare). Comparing the average carbon sequestration in underground biomass revealed that the mass of cypress with a carbon reserve of 0.25 tons per hectare exhibits a significant difference with a mixed mass of *Fraxinus* and rangeland at a level of 1% (Table 2). There was no discernible difference in the carbon reserves of the underground biomass between the other treatments and the rangeland. The comparison of the relative share of carbon sequestered in different forests revealed that there has been a significant increase in the average organic carbon storage compared to rangeland in all three forests. The highest amount of soil organic carbon (157.17 tons per hectare) was observed in the cypress forest. Calculating the Organic Carbon Reserves of the soil, it was calculated that there were 50.79 tons per hectare in the mixed mass and 27.76 tons per hectare in the *Fraxinus* mass. Rangeland was associated with the lowest amount of soil carbon deposition (48.50 tons per hectare). *Fraxinus* and two mixed stands had no significant differences in soil organic carbon reserves. The soil, plant biomass, and litter components in afforested stands and control rangeland revealed that the soil was the most important area for accumulating organic carbon storage in all the study treatments (Table 3).

Discussion and Conclusion

This research revealed that afforestation in the studied area has resulted in a significant increase in carbon sequestration in aerial, underground, and litter biomass. Carbon sequestration rates for Sanandaj in cypress, mixed cypress, and *Fraxinus* stands are 1.15, 0.82, and 0.63 tons per hectare per year, respectively. The results of the present study showed that the amount of carbon stored in the aboveground and underground parts of the forest stands was significantly higher than the control rangeland, but there was also a significant difference between the forest stands in terms of the carbon sequestration capacity in the aboveground parts. The highest biomass carbon storage was observed in the *C. sempervirens* stand, and the mixed stands and *F. rotundifolia* had similar capacities in this respect. This is due to the *C. sempervirens* species' resiliency to cold and drought

(24) and the low number of losses experienced by the *C. sempervirens* stand compared to the mixed stand and *F. rotundifolia*. This has resulted in an increase in plant biomass in the *C. sempervirens* stand and, consequently, an increase in the rate of carbon sequestration per unit area. Quantitative characteristics indicate that the *C. sempervirens* species is superior to the *R. pseudoacacia* species (20), as shown by research. In the soil sector, afforestation has also caused a significant increase in carbon sequestration compared to pasture, which was calculated to be 82.1% in the *C. sempervirens* stand, which was higher than in the mixed and *F. rotundifolia* stands. The amount of soil carbon sequestration in the mixed stand was 64% and in the *F. rotundifolia* stand was 51%. The amount of soil organic carbon reserves in ecosystems is affected by two factors: organic carbon input through plant biomass and organic carbon loss through decomposition (34). The greater the production capacity of aboveground and belowground biomass in different species, areas, and habitats, the greater the carbon storage in the tree trunk, litter, and soil. If the rate of factors leading to decomposition and loss of carbon from trees, litter, and soil is lower, the survival of carbon stored in ecosystems will increase and the amount of carbon sequestration will increase (21). Based on the findings, the accumulation of litter on the soil surface in the *C. sempervirens* stand is deemed the primary factor responsible for elevating soil carbon sequestration. The *C. Sempervirens* species is the most suitable species for carbon sequestration in afforestation, as it can quickly grow, produce high litter volume, meet ecological needs appropriate for the region, and can withstand drought and cold condition. Planting trees in arid and semi-arid areas can lead to carbon sequestration in biomass (airborne and underground), litter, and soil, as evidenced by this outcome. In the study area, coniferous plants have a more significant impact on carbon sequestration than broad-leaved plants during afforestation. The research found that mixed cultivation has a more significant impact on carbon sequestration than pure *Fraxinus* cultivation because of the diversity of composition. Different tree species have different potentials for carbon sequestration. In the semi-arid regions of Kurdistan province and similar regions, coniferous species are the preferred option for carbon sequestration rates over broad-leaved species due to their lower water requirements.

Keywords: Desertification; Carbon sequestration; Tree species; Soil protection; Greenhouse gases

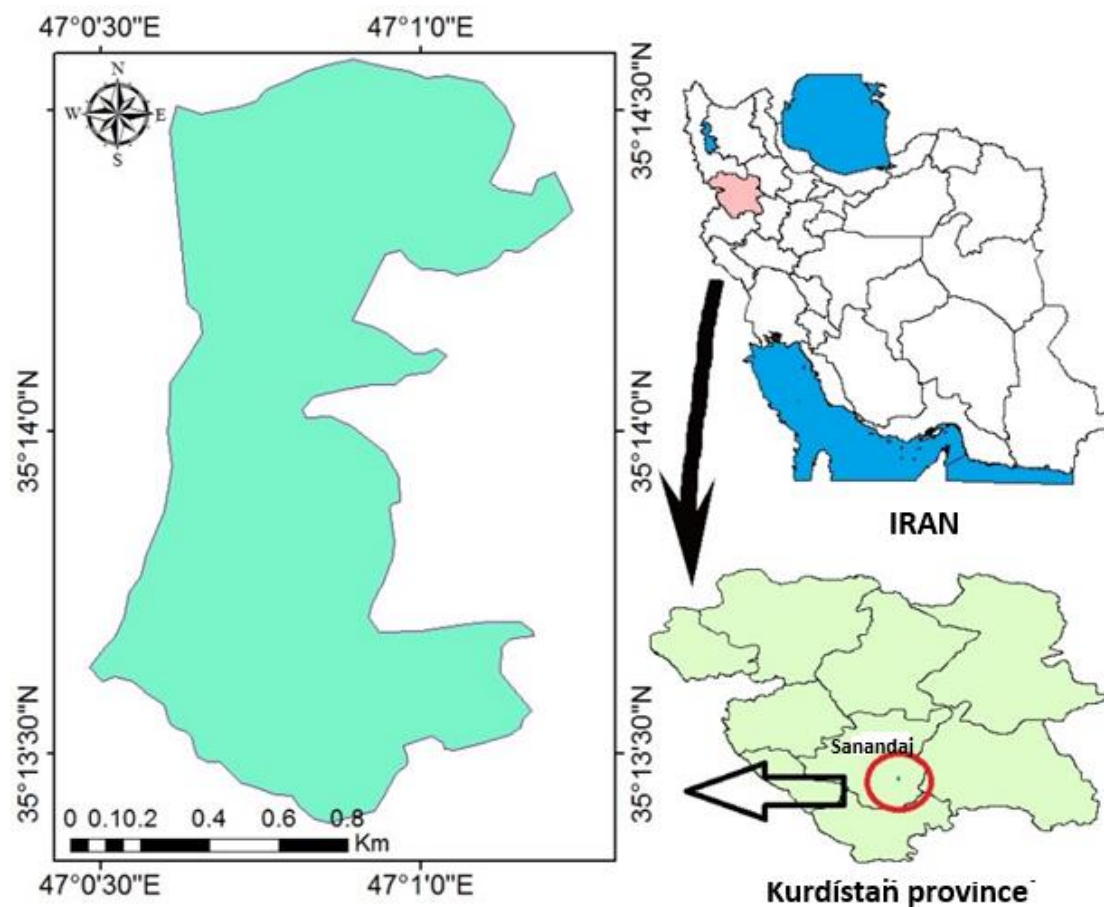


Fig 1. Location of the study area in Iran and Kurdistan Province

Table 1. Comparison of the mean (\pm standard deviation) amount of soil carbon sequestration in afforestation and rangeland

Treatment	Bulk density (gr /cm ³)-1	Carbon sequestration (ton ha-1yr-1)
Rangeland	1.0 \pm 23.040 a	48.5 \pm 3.52 c
Mixed mass	1.0 \pm 17.01 a	79.50 \pm 10.65 b
<i>C. sempervirens</i>	1.0 \pm 18.03 a	157.17 \pm 8.89 a
<i>F. rotundifolia</i>	17.01 \pm 1.0 a	76.27 \pm 5.73 b

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

Table 2. Comparison of mean (\pm standard deviation) of carbon sequestration in different ecosystem segments in afforested and rangeland

Source of variation	Rangeland	Mixed mass	<i>C. sempervirens</i>	<i>F. rotundifolia</i>
Aboweground	0.35 \pm 0.05 ^c	1.70 \pm 0.0513 ^b	4.66 \pm 0.45 ^a	1.14 \pm 0.10 ^b
Root	0.10 \pm 0.01 ^b	0.15 \pm 0.02 ^b	0.25 \pm 0.06 ^a	0.10 \pm 0.01 ^b
Litter	0.10 \pm 0.01 ^b	0.26 \pm 0.06 ^b	1.18 \pm 0.08 ^a	0.33 \pm 0.04 ^b
Soil	48.50 \pm 3.52 ^c	79.50 \pm 10.65 ^b	89.17 \pm 8.15 ^a	73.27 \pm 5.76 ^b
Total	49.05 \pm 5.11 ^c	81.61 \pm 8.32 ^b	95.26 \pm 10.43 ^a	74.84 \pm 7.73 ^b

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

Table 3. Comparison of the relative percentage of organic carbon sequestered in ecosystem components compared to the total ecosystem in planted forest stands and rangelands

Source of variation	Rangeland	Mixed mass	<i>C. sempervirens</i>	<i>F. rotundifolia</i>
Aboweground	2.0	2.0	4.9	1.5
Root	0.2	0.2	0.26	0.13
Litter	0.2	0.3	1.2	0.45
Soil	98.9	97.4	93.6	97.9
Total	100	100	100	100



تأثیر جنگل کاری با گونه‌های مختلف بر مقدار ترسیب کربن در منطقه نیمه استپی سنندج

حامد جنیدی^{۱*}، محمد امین صوفی^۲، بهرام قلی نژاد^۳

۱. دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران و دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
 ۲. دانش آموخته گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
 ۳. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
- * نویسنده مسئول: Hjoneidi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۳

doi [10.22034/JDMAL.2024.2041263.1482](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2041263.1482)

چکیده

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی تأثیر جنگل کاری با گونه‌های پهن برگ، سوزنی برگ و آمیخته بر مقدار ذخیره و ترسیب کربن در عرصه‌های جنگل کاری شده ۴۰ ساله منطقه سرنجیانه سنندج انجام شد. تیمارهای بررسی شده در توده‌های ۴۰ ساله خالص سرو نقره‌ای (*Cupressus sempervirens* L.)، زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) و آمیخته (*F. rotundifolia*) و افاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.) همراه با مراتع مجاور شاهد انتخاب شد. نمونه برداری خاک از عمق صفر تا ۳۰ cm، زیست توده‌هوایی، زیرزمینی و لاشبرگ به صورت نظام‌مند-تصادفی در توده‌های جنگل کاری و مرتع مجاور انجام شد و مقدار کربن ترسیب شده در زیست توده اندام هوایی و زیرزمینی، لاشبرگ و خاک اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون دانکن استفاده شد. نتایج نشان داد جنگل کاری موجب افزایش ذخیره کربن آلی نسبت به مرتع شده است. مقدار ذخیره کربن آلی کل در مرتع شاهد با $49/05 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ دارای تفاوت معنی دار با توده‌های دیگر است. بیشترین مقدار ذخیره کربن آلی مربوط به توده *C. sempervirens* معادل $95/26 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ بود. در توده آمیخته با مقدار $81/61 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ و توده *F. rotundifolia* معادل $74/84 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ تفاوت معنی داری از نظر ذخیره کل کربن آلی در واحد سطح مشاهده نشد. نرخ سالانه ترسیب کربن در واحد سطح بوم‌سازگان جنگل کاری سرنجیانه سنندج در توده *C. sempervirens* $1/15 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ، در توده آمیخته $0/82 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ و در توده *F. rotundifolia* معادل $0/63 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ برآورد شد. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده آنکه توان ترسیب کربن در گونه‌های درختی مختلف با یکدیگر متفاوت است و در مناطق نیمه خشک استان کردستان و مناطق مشابه، کشت گونه‌های سوزنی برگ به دلیل نیاز آبی کمتر، نسبت به گونه‌های پهن برگ برای افزایش نرخ ترسیب کربن ارجحیت دارد. البته به دلیل غیر بومی بوده برخی از سوزنی برگان، در بکارگیری آنها در اجرای پروژه‌های جنگل کاری، دیگر جنبه‌های بوم‌شناختی کشت این گونه‌ها می‌باید مد نظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: ذخایر کربن آلی؛ گونه‌های درختی؛ حفاظت خاک؛ گازهای گلخانه‌ای

استناد به این مقاله

جنیدی، حامد، صوفی، محمد امین و قلی نژاد، بهرام، (۱۴۰۳). تأثیر جنگل کاری با گونه‌های مختلف بر مقدار ترسیب کربن در منطقه نیمه استپی سنندج. مدیریت بیابان، ۱۲(۳)، ۱-۱۴. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2041263.1482](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2041263.1482)



■ مقدمه

با توجه به تغییر اقلیمی، شیوع پدیده بیابان‌زایی و روند نابودی و تخریب منابع طبیعی، جنگل کاری برای حفاظت از خاک، آب و ترسیب کربن مازاد اتمسفری امری ضروری است (۳). افزایش سطح جنگل‌ها از راه جنگل کاری در بسیاری از کشورهای جهان به‌عنوان یکی از راه‌های کاهش آثار گرم شدن زمین، مورد توجه و تأکید قرار گرفته است (۲۹). منافع جنگل کاری، علاوه بر حفاظت آب و خاک، تلطیف هوا و تعدیل شرایط اقلیمی، منبع تولیدی و پارک گردشگری شامل ترسیب کربن دی‌اکسید می‌باشد (۱،۳۳). جنگل کاری اصطلاحاً به ایجاد جنگل در زمین باز، یا زمینی که سابقاً در آن به زراعت می‌پرداختند و اینک به جنگل کاری و درخت کاری تخصیص داده شده، یا عرصه‌ای که پیش از این در آن جنگلی وجود نداشته و یا اگر وجود داشته است به دلایل گوناگون از بین رفته باشد اطلاق می‌شود (۱۵). در بسیاری از نقاط دنیا پروژه‌های جنگل کاری در مناطق نیمه‌خشک به‌طور گسترده‌ای برای احیای بوم‌سازگان تخریب شده و کنترل فرسایش به‌کار گرفته شده‌است (۳۹). پوشش گیاهی به‌عنوان بازیگر اصلی چرخه کربن است که این عملکرد به واسطه نقش آن در فتوسنتز، پویایی چرخه تولید و تجزیه عناصر بین زیست توده، گیاه و خاک است (۳۵). ترسیب کربن در پوشش گیاهی و خاک‌های زیر آن ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن برای کاهش کربن اتمسفری محسوب می‌شود.

بررسی‌های متعدد در ایران و جهان بیانگر تأثیر مثبت جنگل کاری با گونه‌های مختلف در فرآیند ترسیب کربن و افزایش کیفیت خاک است. نتایج جنگل کاری با گونه *Acer pseudoplatanu* L. در لاریج مازندران (۳)، کشت *Populus sp.* در خرم‌آباد (۱۴)، کشت گونه‌های مختلف سوزنی برگ و پهن برگ در مخملکوه خرم‌آباد (۳۱)، جنگل کاری با گونه‌های مختلف در حسن آباد سنندج (۹)، نهال کاری با سیاه‌تاغ (*Haloxylon ammodendron*) در اراضی خشک استان سمنان (۱۶،۱۹)، اجرای طرح‌های نهال کاری با *Atriplex canescens* در شهریار (۱۰) و جنگل کاری با *Quercus sp.* در استان ایلام

(۱۸)، نمونه‌هایی از این دست هستند. بررسی که در یک عرصه جنگل کاری با *Eucalyptus sp.* در غرب استان فارس انجام شد، مقدار ذخیره کربن سالانه در بخش پوشش گیاهی را $7/8 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ برآورد کرده است (۶).

جنگل‌های حاشیه مناطق شهری یکی از با ارزش‌ترین بوم‌سازگان‌های جنگلی هستند که به دلیل ارتباط مستقیم با انسان و نیز کارکردهای متنوع خود از قبیل زیبایی منظر، ترسیب کربن جو، کاهش انواع آلودگی‌ها، تولید اکسیژن و تلطیف هوا ارزش قابل توجهی دارند (۲۸).

نکته لازم توجه اینکه پژوهش‌های متعدد نشان داده است که قابلیت ترسیب کربن در یک ناحیه برحسب نوع گونه‌های گیاهی کشت شده متفاوت است (۱۶،۱۸). مطالعه تأثیر نوع پوشش گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داده است که کمیت کربن آلی خاک بیش از سایر پارامترها تحت تأثیر نوع گونه گیاهی قرار می‌گیرد (۳۰). به‌عنوان نمونه هرچند که گونه‌های تند رشد قادر اند مقدارهای زیادی از کربن آلی را در زمان کوتاه‌تری نسبت به گونه‌های کند رشد در زیست‌توده خود ترسیب کنند، اما در درازمدت گونه‌های کند رشد به دلیل داشتن توانایی در حفظ و انباشت کربن آلی برای مدت‌زمان بیشتر، در اولویت هستند (۸). از این‌رو انتخاب نوع گونه گیاهی برای اجرای پروژه‌های زیست مهندسی یکی از ابزارهای مدیریتی برای افزایش ذخیره و ترسیب کربن است و به همین دلیل ارزیابی کربن ترسیب شده در جوامع مختلف گیاهی یکی از موضوعات مهم پژوهشی در دنیا است (۳۱).

نتایج برخی پژوهش‌ها در استان فارس نشان داده است که از نظر توان ترسیب کربن، بوته کاری برخی از گونه‌ها بر بذر پاشی با گونه‌های دیگر اولویت دارد (۲۵). همچنین نتیجه پژوهش‌ها در مناطقی از استان مازندران بیانگر توان بیشتر گونه‌های سوزنی برگ نسبت به پهن برگ از نظر ترسیب کربن است (۱۳). بنابراین انتخاب دقیق نوع گونه در جنگل کاری می‌تواند ترسیب کربن را به مقدار قابل توجهی افزایش دهد بدون اینکه پایداری در بوم‌سازگان به خطر بیفتد (۱۱).

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر جنگل کاری بر میزان ذخایر و ترسیب کربن در عرصه‌های جنگل کاری شده ۴۰ ساله از سال ۱۳۶۰ منطقه سرنجیان سنندج،

بوته ای-علفی با شرایط اقلیمی و پستی بلندی مشابه به عنوان منطقه شاهد انتخاب شده است. لازم به ذکر است همه توده های جنگلی هم سن بودند و در یک زمان کشت شده اند و بنابراین سن همه پایه های کشت شده ۴۰ سال است.

روش کار

روش های نمونه برداری

نمونه برداری پوشش گیاهی و خاک مرتع

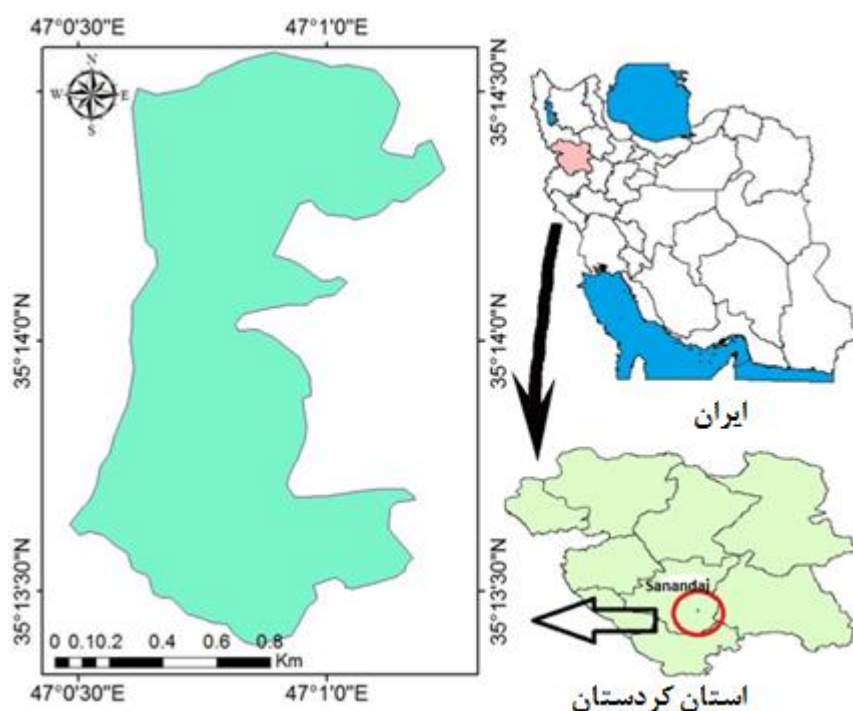
پس از شناسایی و تعیین مرز منطقه مورد بررسی، در سال ۱۴۰۱، نمونه برداری از پوشش گیاهی و لاشبرگ مرتع به روش نظام مند-تصادفی انجام شد. تعداد مناسب قطعه نمونه های نمونه برداری با استفاده از روش آماری تعیین حجم نمونه گیری محاسبه شد (۲۲). اندازه مناسب قطعه نمونه به روش سطح حداقل و معادل $1m^2$ تعیین شد (۲۴). نمونه برداری از زیست توده هوایی با استقرار ۴ ترانسکت با طول ۵۰m با فاصله ۱۰۰m از هم و موازی با جهت شیب انجام گرفت و جمعا ۴۰ قطعه نمونه مورد نمونه برداری قرار گرفت. در داخل هر قطعه نمونه لیست گونه های گیاهی موجود، درصد تاج پوشش، درصد سنگ و سنگ ریزه، درصد خاک لخت و لاشبرگ ثبت شد. برای برآورد بیومس هوایی، زیرزمینی و لاشبرگ از روش اندازه گیری مستقیم استفاده شد (۲۳).

انجام شده است. باتوجه به این که قابلیت ترسیب کربن در بین گونه های درختی متفاوت می باشد، هدف دیگر پژوهش حاضر ارزیابی کارایی جنگل کاری با گونه های پهن برگ، سوزنی برگ و آمیخته در ترسیب کربن بوم سازگان است.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

جنگل کاری سرنجیانه - دوشان با مساحت $96/7ha$ هکتار در طول جغرافیایی $47^{\circ}00'20''$ تا $47^{\circ}01'22''$ و عرض جغرافیایی $35^{\circ}13'22''$ تا $35^{\circ}14'04''$ و در حاشیه جاده ورودی شهر سنندج در فاصله ۲km محور اصلی جاده سنندج - کرمانشاه قرار گرفته است (شکل ۱). سیمای کلی منطقه حالت تپه ماهور دارد و بیشنه و کمینه ارتفاع به ترتیب ۱۴۷۹ و ۱۳۸۸m از سطح دریا می باشد. میانگین بارندگی و دما سالانه به ترتیب ۴۰۰mm و $13/3^{\circ}C$ است. پارک جنگلی سرنجیانه از نوع پارک جنگلی دست کاشت است که توده های ۴۰ ساله درختی آن شامل: توده خالص *F. rotundifolia*، توده خالص *C. sempervirens* و توده آمیخته *F. rotundifolia* و *R. pseudoacacia* می باشد. در مجاورت محدوده جنگلکاری شده مرتع طبیعی با تیپ



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان کردستان

که در آن:

$$\pi = 3.14$$

$$WD = \text{چگالی (gr/cm}^3\text{)}$$

$$V = \text{حجم درخت (m}^3\text{)}$$

$$X = \text{سطح مقطع درخت در ارتفاع (m}^2\text{) } Ab$$

$$r = \text{شعاع درخت (m)}$$

$$H = \text{ارتفاع درخت (m)}$$

$$Kc = 0.54 \text{ تا } 0.51, \text{ ضریب شکل درخت}$$

در هر قطعه نمونه تعداد سه پایه درخت به صورت تصادفی انتخاب گردید و از هر پایه یک شاخه شامل برگ و ساقه قطع شد. شاخه‌ها به قطعات کوچکتر تقسیم شده و تعداد ۱۰ نمونه به طور تصادفی از آنها جدا گردید. اندازه طول، قطر میانه و قطر دو سر آنها ثبت گردید. و وزن آنها نیز با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس به قطعات کوچکتر ۵cm بریده شده و تعداد ۱۰ نمونه به صورت تصادفی از آنها برداشته و در داخل کیسه پلاستیکی قرارداده شد. برگ‌ها نیز از شاخه جدا شده به طور جداگانه در داخل کیسه پلاستیکی گذاشته شد. پس از آن نمونه‌ها برای اندازه‌گیری وزن سرپا در هکتار و متعاقب آن تعیین کربن آلی زیست‌توده هوایی به آزمایشگاه منتقل شد (۱۲). به منظور نمونه‌برداری از اندام زیرزمینی، به هنگام حفر چاله خاک با ابعاد $0.3m \times 0.3m \times 0.3m$ در هر کدام از تیمارها، تمامی ریشه‌های موجود در هر چاله جمع‌آوری شده به طور جداگانه در داخل پاکت قرار داده و همراه با نمونه‌های خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد.

برای تعیین مقدار کربن ترسیب شده در بخش لاشبرگ، نمونه‌برداری لاشبرگ در میکرو قطعه نمونه $30cm \times 30cm$ هر پروفیل در سطح زمین انجام شده و لاشبرگ موجود در داخل میکروقطعه نمونه جمع‌آوری و به طور جداگانه در داخل پاکت قرار داده شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه خشک شده و وزن خشک شده هر نمونه پس از توزین بر روی پاکت آن یادداشت شد.

به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل درصد کربن آلی و وزن مخصوص ظاهری در هر توده جنگل کاری در داخل هر قطعه نمونه تعداد ۳ پروفیل با ابعاد $30cm \times 30cm \times 30cm$ جمعاً به تعداد ۱۸ پروفیل به طور تصادفی در زیر و خارج از پوشش تاجی درختان حفر شد و

برای نمونه‌برداری از زیست‌توده اندام هوایی در طول هر نوار (ترانسکت) به طور تصادفی سه قطعه نمونه انتخاب شد. کل اندام‌های هوایی و لاشبرگ در هر قطعه نمونه به طور کامل جمع‌آوری و به طور جداگانه در کیسه پلاستیکی تهیه شده ریخته شد. بعد از برداشت اندام‌های هوایی و لاشبرگ، داخل هر قطعه نمونه چاله ای با ابعاد $30cm \times 30cm \times 30cm$ حفر شد و از عمق صفر تا $30cm$ از چهار وجه دیواره هر چاله نمونه‌برداری خاک صورت گرفت و در نهایت نمونه‌ها به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان منتقل شد. نمونه‌های اندام هوایی و لاشبرک پس از خشک شدن در هوای آزاد با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک دهم گرم توزین و وزن آنها یادداشت شد.

روش نمونه‌برداری در اراضی جنگل کاری

نمونه‌برداری از پوشش درختی در هر توده جنگل کاری با توجه به وسعت هر توده و یکنواختی محیطی با استفاده از روش تصادفی - سیستماتیک در قالب ۶ قطعه نمونه $20m \times 10m$ برای توده خالص *C. sempervirens*، توده خالص *F. rotundifolia* و توده آمیخته *F. rotundifolia* - *R. pseudoacacia* انجام شد.

برای محاسبه زیست‌توده در توده‌های جنگل کاری، در آغاز محاسبه حجم تنه، تاج پوشش، زیست توده هوایی و زیرزمینی درخت، از دستورالعمل (۱۲)، به شرح زیر بهره‌گیری شد:

سطح مقطع درخت با استفاده از رابطه ۱، حجم درخت با استفاده از رابطه ۲ و زیست‌توده تنه بر اساس رابطه ۳ بر حسب kg محاسبه شد (۱۲). ضریب شکل درخت بر اساس نوع گونه تعیین شد (۱۷). همچنین سطح مقطع پایه‌ها بر حسب نوع گونه و منابع موجود از ارتفاع متفاوتی اندازه‌گیری شد (۴).

$$A_b = \pi \times r^2 \quad (1)$$

$$V = A_b \times H \times k_c \quad (2)$$

$$\text{Biomass} = V \times WD \times 1000 \quad (3)$$

مرتعی بود. دو توده آمیخته و *F. rotundifolia* از نظر ذخایر کربن آلی خاک با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۱).

از نظر میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک بین هیچ یک از تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

ترسیب کربن زیتوده گیاهی و لاشبرگ

نتایج مقایسه میانگین مقادیر کربن ترسیب شده در اندام هوایی نشان داد که بیشترین مقدار کربن ترسیب شده مربوط به توده *C. sempervirens* معادل $4/66 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ بوده که با دیگر توده‌های کشت‌شده و مرتع مجاور دارای اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ می‌باشد. مقدار کربن ذخیره شده در زیتوده گیاهی توده‌ی آمیخته $1/70 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ و در توده *F. rotundifolia* معادل $1/14 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ اندازه‌گیری شد که فاقد اختلاف معنی دار با یکدیگر می‌باشند.

کمترین مقدار انباشت کربن در مرتع مجاور و به میزان $0/35 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ محاسبه شد که با همه توده‌های جنگلی دارای اختلاف معنی دار در سطح یک درصد بود.

مقایسه میانگین ترسیب کربن در زیتوده زیرزمینی نشان داد که توده *C. sempervirens* با ذخیره کربنی معادل $0/25 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ تفاوت معنی دار با توده‌های آمیخته، *F. rotundifolia* و مرتع در سطح یک درصد دارد. در بین سایر توده‌ها و همچنین مرتع شاهد تفاوتی از نظر میزان ذخایر کربن اندام زیرزمینی مشاهده نشد. مقایسه انباشت کربن آلی لاشبرگ نیز نشان داد که توده *C. sempervirens* با ذخیره‌ای معادل $1/18 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ دارای اختلاف معنی دار با سایر توده‌ها و مرتع شاهد بوده و در سایر تیمارها تفاوتی از این نظر مشاهده نشد (جدول ۲).

از عمق صفر تا ۳۰ cm از چهار وجه دیواره هر چاله نمونه‌گیری خاک انجام شد. نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک شد و بعد از خرد کردن کلوخه‌ها، جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و ناخالصی‌ها، از الک ۲ mm عبور داده شد. پس از آن وزن و درصد سنگ و ریشه و دیگر ناخالصی‌ها، در هر نمونه محاسبه شده و از وزن و درصد کل خاک کسر گردید (۵). جرم مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (۷) و درصد کربن آلی به روش والکی و بلک محاسبه شد (۲۲). برای تعیین کربن آلی نمونه‌های گیاهی از روش احتراق در کوره استفاده شد (۲۲).

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف - اسمیرنوف (۳۷) بررسی شد. برای بررسی و مقایسه میزان ترسیب کربن زیست‌توده گیاهی، خاک و لاشبرگ در دو تیمارهای مرتع و جنگل کاری با گونه‌های مختلف از تحلیل واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. در پژوهش حاضر آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 24 انجام شد.

■ نتایج

ذخایر کربن و وزن مخصوص ظاهری

نتایج نشان داد که در هر سه توده جنگل کاری متوسط ذخایر کربن آلی در مقایسه با مرتع افزایش معنی داری داشته است. بیشترین مقدار کربن آلی ترسیب شده خاک معادل $157/17 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ در توده *C. sempervirens* مشاهده شد. ذخایر کربن آلی خاک در توده آمیخته $79/50 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ و در توده *F. rotundifolia* رقمی معادل $76/27 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ محاسبه شد. کمترین مقدار ترسیب کربن خاک معادل $48/50 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ مربوط به توده

جدول ۱. مقایسه میانگین (\pm انحراف معیار) مقدار ترسیب کربن خاک در اثر توده‌های جنگل کاری و مرتع

تیمار	وزن مخصوص ظاهری $\text{Bulk den}(\text{gr}/\text{cm}^3)^{-1}$	ترسیب کربن $(\text{ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1})$
مرتع	$1/0 \pm 23/04 \text{ a}$	$48/50 \pm 3/52 \text{ a}$
توده آمیخته	$1/0 \pm 17/01 \text{ a}$	$79/50 \pm 10/65 \text{ a}$
<i>C. sempervirens</i>	$1/0 \pm 18/03 \text{ a}$	$157/17 \pm 8/89 \text{ c}$
<i>F. rotundifolia</i>	$1/17 \pm 0/01 \text{ a}$	$76/50 \pm 27/73 \text{ b}$

حروف متفاوت هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها در سطح یک درصد است.

جدول ۲. مقایسه میانگین (\pm انحراف معیار) مقادیر ذخیره کربن در بخش‌های مختلف بوم‌سازگان در توده‌های جنگل کاری و مرتع

منبع تغییرات	مرتع	آمیخته	سرو	زبان
اندام هوایی	۰/۳۵ \pm ۰/۰۵a	۱/۷۰ \pm ۰/۱۳ b	۴/۶۶ \pm ۰/۴۵۱ c	۱/۱۴ \pm ۰/۱۰b
ازیرزمین	۰/۱۰ \pm ۰/۰۱ a	۰/۱۵ \pm ۰/۰۲ a	۰/۲۵ \pm ۰/۰۶ b	۰/۱۰ \pm ۰/۰۱a
لاشبرگ	۰/۱۰ \pm ۰/۰۱ a	۰/۲۶ \pm ۰/۰۶ a	۱/۱۸ \pm ۰/۰۸ b	۰/۳۳ \pm ۰/۰۴a
خاک	۴۸/۵۰ \pm ۳/۵۲ a	۷۹/۵۰ \pm ۱۰/۶۵b	۸۹/۱۷ \pm ۸/۱۵c	۷۳/۲۷ \pm ۵/۷6 b
کل	۴۹/۰۵ \pm ۵/۱۱a	۸۱/۶۱ \pm ۸/۳۲ b	۹۵/۲۶ \pm ۱۰/۴۳ c	۷۴/۸۴ \pm ۷/۷۳b

حروف متفاوت هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح یک درصد است.

جدول ۳. مقایسه درصد نسبی کربن آلی ترسیب شده در اجزای بوم‌سازگان نسبت به کل بوم‌سازگان در توده‌های جنگل کاری شده و مرتع

منبع تغییرات	مرتع	آمیخته	<i>C. sempervirens</i>	<i>F. rotundifolia</i>
اندام هوایی	۲/۰	۲/۰	۴/۹	۱/۵
ریشه	۰/۲	۰/۲	۰/۲۶	۰/۱۳
لاشبرگ	۰/۲	۰/۳	۱/۲	۰/۴۵
خاک	۹۸/۹	۹۷/۴	۹۳/۶	۹۷/۹
کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

برآورد گردید و مابقی در زیست‌توده گیاهی و لاشبرگ تجمع داشته است.

■ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جنگل کاری در منطقه مورد بررسی، موجب افزایش قابل توجه ترسیب کربن در بیومس هوایی، زیرزمینی و لاشبرگ شده است. نتایج برخی مطالعات نشان داده‌است که جنگل کاری با گونه‌های مناسب، توانمندی بسیار بالایی در ترسیب کربن دارد (۲۷، ۶).

توده‌های مختلف از توان ترسیب کربن متفاوتی در زیست‌توده هوایی، زیرزمینی و لاشبرگ برخوردار هستند. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد توده‌های جنگل کاری اثر یکسانی بر ترسیب کربن ندارند. توده سوزنی برگ *C. sempervirens* نسبت به توده پهن برگ (آمیخته و خالص) میزان کربن بیشتری در یک دوره ۴۰ ساله ترسیب کرده است. به عبارتی ترسیب کربن در توده *C. sempervirens* بیشتر از توده‌های آمیخته، *F. rotundifolia* و مرتع مشاهده شد. در این راستا تحقیقات مشابهی در استان لرستان نشان داده است که برخی گونه‌های سوزنی برگ نظیر *C. sempervirens* و *Pinus brutia* Miller.

مقایسه ترسیب کربن کل در تیمارهای جنگل کاری و شاهد یافته‌های تحلیل واریانس یک طرفه درخصوص کل کربن ترسیب شده در واحد سطح توده‌های جنگل کاری شده و مرتع شاهد نشان داد بطور کلی جنگل کاری باعث افزایش ذخیره کربن آلی نسبت به مرتع شده است. میزان ذخیره کربن آلی کل در مرتع شاهد با $۴۹/۰۵ \text{ ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ دارای تفاوت معنی‌دار با توده‌های دیگر است. بیشترین مقدار ذخیره کربن آلی مربوط به توده *C. sempervirens* با مقدار $۹۵/۲۶ \text{ ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ بود و در دو توده آمیخته و *F. rotundifolia* تفاوت معنی‌داری از نظر ذخایر کل کربن آلی در واحد سطح مشاهده نشد (جدول ۲).

نتایج مقایسه سهم نسبی کربن ترسیب شده در اجزای مختلف بوم‌سازگان شامل خاک، زیست‌توده گیاهی و لاشبرگ در توده‌های جنگل کاری شده و مرتع شاهد نشان داد که در تمام تیمارهای مورد بررسی، بیشینه مقدار ذخیره کربن آلی در بخش خاک انباشته شده است (جدول ۳).

در مرتع شاهد از مقدار کل ترسیب کربن در واحد سطح، $۹۸/۹\%$ در بخش خاک و $۱/۱\%$ در زیست‌توده گیاهی و لاشبرگ ذخیره شده است. سهم نسبی کربن ترسیب شده در بخش خاک نسبت به کل بوم‌سازگان در توده‌های جنگل کاری شده آمیخته $۹۷/۴\%$ ، در توده *C. sempervirens* معادل $۹۳/۶\%$ و در توده *F. rotundifolia* معادل $۹۷/۹\%$

سطح خاک شده و با کاهش نرخ تصاعد کربن خاک، مقدار ترسیب کربن افزایش یافته است (۳۸).

براساس نتایج بدست آمده تجمع لاشبرگ در سطح خاک در توده *C. sempervirens* مهمترین عامل افزایش ترسیب کربن خاک محسوب می‌گردد. گونه *C. sempervirens* به دلیل سریع الرشد بودن، تولید لاشبرگ زیاد و داشتن نیازهای بوم‌شناختی متناسب با شرایط منطقه و بسیار مقاوم به خشکی و سرما بهترین گونه با هدف ترسیب کربن برای جنگل کاری است.

مقایسه مقدار انباشت کربن در بخش‌های مختلف بوم‌سازگان نشان داد که در همه تیمارهای جنگل کاری شده و مرتع، بیش از ۹۰٪ کربن ترسیب شده در بخش خاک ذخیره شده است که بیانگر جایگاه مهم خاک در حفظ و انباشت کربن آلی بوم‌سازگان است. پژوهش‌های متعددی در این خصوص نشان‌دهنده این است که بیشترین مقدار کربن آلی ترسیب شده در بوم‌سازگان‌های خاکی در بخش خاک ذخیره شده است (۳۶، ۳۵).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد میانگین نرخ ترسیب کربن در واحد سطح بوم‌سازگان در جنگل کاری سرنجیانه سنندج در توده *C. sempervirens* $1/15 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ می‌باشد که این نرخ برای توده آمیخته معادل $0/82$ و توده *F. rotundifolia* $0/63 \text{ ton ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ در سال برآورد شد. این نتیجه نشان می‌دهد که جنگل کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب افزایش ترسیب کربن در زیست‌توده هوایی و زیرزمینی، لاشبرگ و خاک می‌شود. هرچند که جنگل کاری با گونه‌های سوزنی برگ نسبت به گونه‌های پهن برگ در منطقه مورد مطالعه تأثیر بیشتری بر افزایش میزان ترسیب کربن دارد. پژوهش حاضر نشان داد کشت آمیخته به دلیل تنوع در ترکیب، نسبت به کشت خالص *F. rotundifolia* تأثیر بیشتری در افزایش ترسیب کربن دارد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که توان ترسیب کربن در گونه‌های درختی مختلف با یکدیگر متفاوت است و در مناطق نیمه‌خشک استان کردستان و مناطق مشابه، کشت گونه‌های سوزنی برگ به دلیل نیاز آبی کمتر، نسبت به گونه‌های پهن برگ در جهت افزایش نرخ ترسیب کربن

موفق‌ترین گونه‌ها برای جنگل کاری از حیث افزایش ذخایر کربن بوم‌سازگان در این منطقه هستند (۳۲).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد میزان کربن ذخیره در اندام هوایی و زیرزمینی توده‌های جنگلی به طور معنی‌داری بیشتر از مرتع شاهد است، اما در بین توده‌های جنگلی نیز از نظر توان ترسیب کربن در اندام هوایی تفاوت معنی‌داری وجود دارد به طوری که بیشترین ذخیره کربن زیست‌توده در توده *C. sempervirens* مشاهده شد و توده‌های آمیخته و *F. rotundifolia* از این نظر توان مشابهی با یکدیگر داشتند. علت این موضوع مقاومت گونه *C. sempervirens* به سرما و خشکی (۲۴) و درصد تلفات کم توده *C. sempervirens* در مقایسه با توده آمیخته و *F. rotundifolia* است. این موضوع موجب افزایش زیست‌توده گیاهی در توده *C. sempervirens* و به تبع آن افزایش میزان ترسیب کربن در واحد سطح شده است. در این زمینه پژوهش‌ها نشان داده است که از نظر ویژگی‌های کمی، گونه *C. sempervirens* بر گونه *R. pseudoacacia* برتری دارد (۲۰).

در بخش خاک نیز جنگل کاری موجب افزایش معنی‌دار ترسیب کربن در مقایسه با مرتع شده است که این میزان افزایش در توده *C. sempervirens* معادل $82/1$ ٪ محاسبه شد که نسبت به توده‌های آمیخته و *F. rotundifolia* بیشتر بود. مقدار ترسیب کربن خاک در توده آمیخته 64 ٪ و در توده *F. rotundifolia* معادل 51 ٪ اندازه گیری شد. مقدار ذخیره‌های کربن آلی خاک در بوم‌سازگان متأثر از دو عامل ورودی کربن آلی از طریق زیست‌توده گیاهی و هدررفت کربن آلی از طریق تجزیه است (۳۴). هرچه توان تولید زیست‌توده هوایی و زیرزمینی در گونه‌ها، عرصه‌ها و رویشگاه‌های مختلف بیشتر باشد، ذخیره کربن در پیکره درختان، لاشبرگ و خاک نیز بیشتر می‌شود و در صورتی که سرعت عوامل منجر به تجزیه و هدررفت کربن از درخت، لاشبرگ و خاک کمتر باشد، بقای کربن ذخیره شده در بوم‌سازگان بیشتر شده و مقدار ترسیب کربن افزایش خواهد یافت (۲۱). بررسی نشان داده‌است که جنگل کاری با گونه‌های *Celtis spp.* و *C. sempervirens* در استان کردستان موجب کاهش مقدار تصاعد کربن از

■ سپاسگزاری

از حمایت های مادی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه کردستان تقدیر و تشکر می گردد..

ارجحیت دارد. البته به دلیل غیر بومی بودن برخی از سوزنی‌برگان، در به‌کارگیری آنها برای طرح‌های جنگل کاری، دیگر ملاحظه‌های بوم‌شناختی کشت این گونه‌ها می باید مد نظر قرار گیرد.

■ References

1. Ardö, J., & Olsson, L. (2003). Assessment of soil organic carbon in semi-arid Sudan using GIS and the CENTURY model. *Journal of Arid Environments*, 54(4), 633-651. DOI:10.1006/jare.2002.1105
2. Azarnivand, H., Joneidi Jafari, H., Zare chahooki, M.A., Jafari, M., & Nikou, S. (2009). Investigation of livestock grazing on carbon sequestration and nitrogen reserve in rangeland with *Artemisia sieberi* in Semnan province. *Iranian Journal of Range Management Society*, 3(4), 590-610. [In Persian]
3. Bادهیان, Z., Mansoori, M., & Fakhari, M.A. (2018). Determining the economic value of soil carbon sequestration in the planted afforested different species. *Environmental researches*, 9(17), 111-12. DOI:20.1001.1.20089597.1397.9.17.15.2 [In Persian]
4. Bakhtiarvand Bakhtiari, S., & Sohrabi, H. (2012). Allometric equations for estimating above and below-ground carbon storage of four broadleaved and coniferous trees. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(3), 481-492. DOI:10.22092/ijfpr.2012.107454 [In Persian]
5. Berhane, L., Shimbahri, M., Fassil K., Zenebe, A., Ibrahim, F., & Hailay, H. (2019). Evaluation of soil physical properties of long-used cultivated lands as a deriving indicator of soil degradation, north Ethiopia. *Physical Geography*, 40(4), 323-338. DOI:10.1080/02723646.2019.1568148
6. Bordbar, S. K., & Mortazavi jahromi, S. M. (2006). Carbon sequestration potential of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. And *Acacia salicina* Lindl. plantation in western area of Fars province. *Pajouhesh & Sazandegi (Watershed Management Research) Journal*, 19(1), 95-103. [In Persian]
7. Bouyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 56, 464-465. DOI:10.2134/agronj1962.00021962005400050028x
8. Gartzia-Bengoetxea, N., Gonza'lez-Arias, A., Merino, A., Marti'nez deArano, I. (2009). Soil organic matter in soil physical fractions in adjacent semi-natural and cultivated stands in temperate Atlantic forests. *Soil Biology & biochemistry*, 41, 1674-1683. DOI: 10.1016/j.soilbio.2009.05.010
9. Ghanbari, N., Azarnivand, H., Joneidi Jafari, H., & Jafari, M. (2018). Effect of converting rangeland to afforestation on carbon sequestration and some properties of soil (Case study: Hassan Abad afforestation, Sanandaj). *Journal of rangeland and watershed management*, 71(3), 747-758. DOI:10.22059/jrwm.2018-106763.757 [In Persian]
10. Gholami, H., Azarnivand H., & Biniiaz, M. (2014). Study and Comparison of the carbon sequestration by *Atriplex canescens* and *Hulthemia persica* in Nowdahak Range Research Station, Qazvin province. *Environmental erosion research journal*, 4(2), 40-52. DOI: 20.1001.1.22517812.1393.4.2.6.7 [In Persian]
11. Hasegawa, T., Fujimori, S., Ito, A., & Takahashi, K. (2024). Careful selection of forest types in afforestation can increase carbon sequestration by 25% without compromising sustainability. *Communications Earth & Environment*, 5, 171. DOI:10.1038/s43247-024-01336-4
12. Hernandez, R., koohafkan, P., & Antoine, J. (2004.) *Assessing Carbon Stocks and modeling win-win Scenarios of carbon sequestration through land-use change*. Food and agriculture organization of the united nations.

13. Hoseini, N., & Sheikholeslami, A. (2021). Comparison of carbon sequestration in natural coniferous and deciduous stands (Case study: Marzanabad-Chalous). *Natural Ecosystems of Iran*, 3(12), 85-100. [In Persian]
14. Jahanpour, F., Badehian, Z., & Soosani, J. (2019). Investigating the efficiency of the carbon sequestration in above-ground biomass of some populous clones. *Iranian journal of forest*, 11(2), 195-205. [In Persian]
15. Jazirehi, M.H. (2001). *To Afforest in Arid Environment*. Tehran: University of Tehran Press. [In Persian]
16. Joneidi, H., zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., & Sadeghipour, A. (2012). Effect of *Haloxylon ammodendron* and *Pistachia Vera* plantation on carbon and nitrogen storage in *Artemisia sieberi* shrubland of Semnan province. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 1(4), 15-25. DOI: 20.1001.1.-2008790.1390.1.4.2.6 [In Persian]
17. Kalantari, H., Fallah, A., Hodjati, S.M., & Parsakhoo, A. (2012). Determination of the most appropriate form factor equation for *Cupressus sempervirence* L. Var *horizontalis* in the north of Iran. *Pelagia Research Library*, 3(2), 644-648. [In Persian]
18. Karami, M., Rostami, A., & Heydari, M. (2019). Carbon Sequestration and its relation with some Physical and Chemical Characteristics in Soil of Natural Oak Forest and Afforestation's in Ilam County. *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(10), 185-199. DOI: 10.22034/jest.2019.28047.3700 [In Persian]
19. Keneshloo, M., Nikoo, SH., Kianian, M.K. (2018). Effect of planting *Haloxylon aphyllum* on carbon sequestration rate and some soil properties in an arid region in Iran. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 4(2), 35-39. DOI:10.53555/eijaer.v4i2.41 [In Persian]
20. Kord, B., Adeli, E., & Lashaki, A.K. (2007). Study of Quality Uality and Quantity Afforested Species in Pardisan ECO-Park (Tehran City). *Agricultural sciences*, 13(1), 75-84. [In Persian]
21. Liao, J.D., Boutton, T.W., & Jastrow, J.D. (2006). Storage and dynamics of carbon and nitrogen in soil physical fractions following Woody plant invasion of grassland. *Soil biology and Biochemistry*, 38, 3184-3196. DOI: 10.1016/j.soilbio.2006.04.003
22. McDicken, K.G. (1997). *A Guide to Monitoring carbon storage in forestry and Agro forestry Projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development. Forest Carbon Monitoring Program.
23. Mesdaghi, M. (2003). *Range Management in Iran*. Astan Quds Razavi Publications.
24. Mohammadnejad Kiasari, Sh., Sagheb Talebi, Kh., Rahmani, R., Adeli. E., Jafari, B. & Jafarzadeh, H. (2010). Quantitive and qualitative evaluation of plantation and natural forest at Darabkola, east of Mazandran. *Iranian Journal of forest and Poplar Research*, 18(3), 351-337. DOI: 10.22092/ijfpr.-2010.119426 [In Persian]
25. Mohammadi, T., Dastorani, M.T., Azim Zadeh, H. R., & Jafar Poor, A. (2018). Study of Watershed Management Biological Practices on Soil Carbon SequestrationIran, Case Study: Kelestan Watershed-Fars Province), *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 12(41), 31-40. DOI: 20.1001.1.-20089554.1397.12.41.6.5 [In Persian]
26. Muller -Dombois, D. & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: John Wiley and Sons.

27. Noretto, M.D., Jobbagy, E.G. & paruelo, J.M. (2006). Carbon Sequestration in Semi-Arid Rangelands: Comparison of Pinus Ponderosa Plantations and Grazing Exclusion in NW Patagonia. *Journal of Arid Environment*, 67, 142-156. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2005.12.008
28. Panahi, P., Pourhashemi, M. & Hasaninejad., M. (2014). Allometric equations of leaf biomass and carbon stocks of oaks in National Botanical Garden of Iran. *Plant Research (Iranian Biology Journal)*, 27(1), 12-21. DOI: 20.1001.1.23832592.1393.27.1.2.0 [In Persian]
29. Paul, K.I., Polglase, P.J., Nyakuengama, J.G. & Khanna, P.K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management*, 168(1-3), 241-257. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00740-X
30. Perez Bejarano, A., Mataix-Solera, J., Zornoza, R., Guerrero, C., Arcenegui, V., MataixBeneyto, J., & Cano-Amat, S. (2010). Influence of plant species on physical, chemical and biological soil properties in a Mediterranean forest soil Cano-Amat. *European Journal Forest Research*, 129(1), 15–24. DOI: 10.1007/s10342-008-0246-2
31. Pilehvar, B., Jafari Sarabi, H. & Mirazadi, Z. (2016). Soil carbon sequestration compression in plantations with different species in Makhmalkooh forest park, *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 29(4), 717-727. DOI: 20.1001.1.23832592.1395.29.4.3.1 [In Persian]
32. Pilehvar, B., Seyedna, V., Soosani, J. & Jafari Sarabi, H. (2015). Assessment of Needle Leaves and Broad Leaves Afforested Stands in Makhmalkooh Forest Park. *Journal of Zagros Forests Research*, 1(2), 47-62. [In Persian]
33. Schuman, G.E., Janzen., H.H. & Herrick, J.E. (2002). Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution*, 116, 391–396. DOI: 10.1016/S0269-7491(01)-00215-9
34. Singh, G., Bala, N., Chaudhuri, K.K. & Meena, R.L. (2003). Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi- arid regions of northwestern India. *Indian forester*, 129(7), 859-864. DOI: 10.1016/j.envsoft.2005.07.005
35. Sugiyama, M., Fujimori, S., Wada, K., Kato, E., Matsuo, Y., Nishiura, O., Oshiro, K. & Otsuki, T. (2024). Residual emissions and carbon removal towards Japan's net-zero goal: a multi-model analysis. *Environmental Research Communications*, 6(5), 1-15. DOI: 10.1088/2515-7620/ad4af2
36. Tamartsh, R., yousefian, M., Mahdavi, K., & Mahdavi, M. (2012). Investigation of Enclosure Effect on Artemisia Carbon Sequestration in the Arid Zone of Semnan Province. *Natural Environment*, 65(3), 341-352. DOI: 10.22059/jne.2012.29788 [In Persian]
37. Zare Chahouki, M. A. (2010). *Data analysis in natural resource research with SPSS software*. Tehran, University of Tehran Press. [In Persian]
38. Zareii, F., Joneidi, H. & Karami, P. (2021). Effect of conversion of rangeland to Forest cultivation on carbon emission changing in soil (case study: Sanandaj Rangeland). *Journal of Range and Watershed Management*, 72(2), 391-408. DOI: 10.22059/jrwm.2019.266486.1304 [In Persian]
39. Zheng, J.Y., Zhao, J.S., Shi, Z.H. & Wang, L. (2021). Soil aggregates are key factors that regulate erosion-related carbon loss in citrus orchards of southern China: Bare land vs. grass-covered land. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 309, 1-10. DOI: 10.1016/j.agee.2020.107254

Investigating the Effect of Crescent Catchment Systems on Runoff Collection and Management (Case study: Chadroyeh Watershed, Fars)

H. Moghim^{1*}, A. Naqibi², M. Sabzi³, Z. Farhamandian⁴

1. PhD in Watershed Management Science and Engineering. General Department of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province, Fars, Iran.
2. MSc of Pasture and Watershed. Hasab Karji Consulting Engineers Company, Fars, Iran.
3. PhD in Desertification, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province, Fars, Iran.
4. MSc of Arid lands and Desert Management, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province, Fars, Iran.

* Corresponding Author: Hassan_Moghim@Hormozgan.ac.ir

Received date: 01/09/2024

Accepted date: 28/09/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2040142.1478](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2040142.1478)

Abstract

This study investigates the effectiveness of precipitation storage operations, specifically crescent catchment systems, as an innovative and beneficial approach for rangeland restoration in arid and semi-arid regions of the country. The Chadroyeh basin was selected as the study area, where four biological and biomechanical implementation programs were designed to manage and collect existing runoff. A total area of 93.23% of the Chadroyeh watershed was designated for crescent catchment systems, incorporating seeding efforts. Additionally, three mortar rock weirs and five dry weirs were strategically designed at the basin outlet, taking into account the annual inflow and the morphology of the main waterway. Two mortar rock weirs were constructed to control sedimentation and protect the soil upstream, while a sediment-retaining mortar rock weir was built at the outlet of the CH1 and CH2 sub-basins. The remaining five dry weirs were positioned around the aforementioned structures and in secondary and tertiary waterways. The SCS method was employed to estimate flood volumes for various return periods. Results from estimating the water intake capacity of the crescent catchments revealed that, by applying this method to 1796.76 ha of the Chadroyeh watershed, a total of 2,454,515.79 m³ of surface runoff would be stored annually. When considering the flood volumes for different return periods, the total storage capacity of the three mortar rock structures was estimated to be 88,000 m³ for a 25-year return period, which accounts for only 11.9% of the total 25-year flood volume. However, these structures manage and store 75.3% and 25.8% of the total flood volume in the Chadroyeh watershed for 2- and 5-year return periods, respectively.

Keywords: Watershed management; Eco-builders; Rainfall storage; Drainage management; Rangelan

How to cite this article

Moghim, H., Naghibi, A., Sabzi, M. and Faramandian, Z. (2024). Investigating the Effect of Crescent Catchment Systems on Runoff Collection and Management (Case study: Chadroyeh watershed, Fars). *Desert Management*, 12(3), 15-30. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2040142.1478](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2040142.1478)



Extended Abstract

Introduction

Reduced rainfall and inappropriate temporal distribution are one of the problems and issues in the natural resources of our country. The aforementioned factors limit the conditions for the establishment and growth of various rangeland and forest species, especially in arid and semi-arid regions. In order to deal with this problem, in addition to implementing improvement and restoration operations in rangeland ecosystems in arid and semi-arid regions, along with cultivating plant species compatible with the climatic conditions of the region, management and collection of runoff from atmospheric precipitation is necessary (12). Management and collection of surface runoff is possible through various biomechanical and structural methods. Crescent catchment, as one of the types of biomechanical methods for managing and collecting atmospheric precipitation with the aim of improving and restoring rangelands in arid and semi-arid regions, has become common in Iran in recent years (3). Water catchment crescents are considered structural operations due to their construction, but because they are usually accompanied by planting, they can be considered a biomechanical method (15). Water catchment crescents are actually short horizontal banks that are built in an arc or arc shape to create micro-watersheds (16). The most important and prominent goals of constructing water catchment crescents include controlling and storing surface water runoff, increasing water infiltration in the soil, controlling erosion and preventing soil loss, creating a suitable microclimate for plant growth, and finally creating a suitable ground for implementing rangeland improvement and restoration projects (15). The effective factors and appropriate levels for constructing and implementing water catchment crescents include rainfall, slope, canopy cover, cover condition, soil depth, soil texture, and the amount of rock and gravel (Table 1). Some of the research conducted on the performance and effectiveness of crescent catchment systems are as follows. In the Kumiran rangelands of Qain County, South Khorasan Province, the effect of holes and their location in the rangelands, as well as the best place to plant shrubs inside the crescent-shaped hole, has been investigated (10). A study in Sarbisheh County, South Khorasan Province, examined the impact of the crescent-shaped water intake system on changes in rangeland plant production, soil moisture, and texture in dry and steppe rangelands. Based on this study, it was determined that rangeland plant production has more than doubled in the project implementation area (12). In a study conducted in the rangelands of Narun region of Khash County, Sistan and Baluchestan province, a comparison of diversity and species richness indices using parametric and nonparametric methods was conducted in the improved area under the influence of crescentic water intake operations and the control area. According to the results of this study, the implementation of crescentic water intake has resulted in a uniform vegetation cover in the area, which has resulted in better plant diversity and greater ecosystem stability (6). In the Zirkuh region of South Khorasan province, the effect of the crescent catchment system on vegetation cover and soil moisture levels under wet and drought conditions has been investigated and compared. The results showed that the implementation of the crescent catchment plan in the region has increased vegetation cover compared to the control region (19). In addition, in some studies, the effectiveness of crescent catchment systems on increasing agricultural production has been reported (2, 7, and 11). According to previous studies, the role of crescent catchment systems in managing and collecting runoff in the region and comparing the performance of these systems with mortar rock dams has been less studied. The present study investigates the role of crescent catchment systems in managing and collecting runoff in the region and comparing the performance of these systems with mortar rock dams in the Chadaroyeh watershed of Jahrom County, Fars province. The present study investigated the role of crescent catchment systems in managing and collecting runoff in the region and compared the performance of these systems with mortar rock dams. The Chadaroyeh watershed in Jahrom County, Fars Province is the study area of this study. With this study, the performance of crescent catchment systems with mortar rock dams has been compared.

Material and Methods

Accordingly, an area of 1796.76 hectares, equivalent to 23.93% of the total area of the Chadarviyeh watershed, has been designated for the construction of crescent-shaped water intake systems with seeding (Table 2 and Fig. 2, 3 and 4). In addition, three mortar rock weirs and five dry-fill weirs have been designed at the outlet of the basin, considering the annual inflow and morphology of the main waterway, and two mortar rock weirs have been designed at the outlet of sub-basins CH1 and CH2 to control sediment and protect soil in the upstream of the basin. In addition, five dry-fill weirs were designed around the aforementioned structures and in second- and third-grade waterways. The SCS method has been used to determine the flood volume in different return periods (Tables 3 and 4).

Results

The results of estimating the water intake volume in the intake crescents showed that by implementing this method on 1796.76 hectares of the Chedarviyeh watershed, 2454515.79 m³ of surface runoff will be stored annually (Tables 5,6 and 7). Considering the flood volume in different return periods for the Chedarviyeh watershed, the total storage volume of the three rock-mortar dam structures was estimated to be 88,000 m³ with a 25-year return period, which only extracts and manages 11.9% of the total 25-year flood volume (Table 8). In total, these structures manage and store 75.3% and 25.8% of the total flood volume generated in the Chedarviyeh watershed for 2- and 5 year return periods, respectively (Table 8).

Conclusion and discussion

Considering the performance of crescent catchment systems in extracting and managing surface runoff up to the level of extracting 100% of the runoff generated in the Chedarviyeh watershed during different return periods, the high effectiveness of this method in extracting and managing runoff and floods is determined (Table 9). This advantage, along with other advantages of this method, including low implementation cost, maximum compatibility with natural resources and the environment, simplicity of implementation, speed of implementation, the possibility of planting seedlings and seeds in the system environment, moistening the topsoil in a wide area of the watershed, creating a place to provide water for livestock and wildlife in the watershed, with the occurrence of strengthening and revitalizing pastures, preventing soil erosion, transferring watershed management activities from the waterways to the slopes, and the health and stability of the watershed and its relative superiority over mortar stone structures in extracting a larger volume of surface runoff, the importance and efficiency of this method for extracting runoff and floods are increasingly proven.

Keywords: Watershed management; Eco-builders; Rainfall storage; Drainage management; Rangelan

Table 1. Suitable parameters and conditions for the construction and implementation of crescent catchment

No.	Factor	Description	Unit	Range	Sources
1	Average annual rainfall		mm	0 to 600	(4, 14, 16, 17)
2	Slope	The slope between 4% and 20% is the most suitable for crescent water intake construction.	%	4 to 20 (up to 60 under certain conditions)	(4, 14, 16, 17)
3	Canopy cover	Areas with a canopy cover of more than 30% are not suitable places to build water catchment crescents	%	Less than 30	(4, 14, 16, 17)
4	Vegetation	Poor to very poor vegetation cover is suitable for constructing water catchment crescents	-	Poor to very poor	(4, 14, 16, 17)
5	Soil depth	-	cm	Shallow to semi-deep (25 to 80)	(4, 14, 13)
6	Soil texture	Semi-heavy soils include loam, sandy loam, and clay loam	-	Semi-heavy	(4, 14, 13)
7	Rocks and pebbles	In areas with a risk of mass soil movement and high salinity surface soil, drainage crescents should not be recommended.	-	Less than 30	(4, 14, 16, 17)



Fig. 1. Location of the watershed under study

Table 2. List of biological and biomechanical operations

No.	Type	Percentage of total	Area (ha)	Considerations
1	Rangeland Audit			Northern parts of the basin
2	Rampage work with a shale pit	31.29	1432.75	-
3	Construction of a water intake crescent with seeding	39.23	1796.76	-
4	Protected lands (long-term protection)	26.52	1214.35	In lands without the ability to implement biological projects
5	Protection and enclosure of rangeland management projects	70.52	3229.51	-

Table 3. Characteristics of the designed structures in the Chedarouyeh watershed

No.	Structure Type	Structure code	Subbasin code	UTM		Water intake volume (m3)	Useful height of the structure (m)
				longitude	latitude		
1	Stone-mortar barrier	Ch1	CH-int	750100	3183895	42785	4
2	Stone-mortar barrier	Ch2	CH-int	749520	3184030	34900	4
3	Stone-mortar barrier	Ch3	CH-int	743485	3189960	10305	3.5
4	Dry dock	Kh1	CH-int	749290	3184000	-	-
5	Dry dock	Kh2	CH-int	749090	3184100	-	-
6	Dry dock	Kh3	CH-int	748650	3184200	-	-
7	Dry dock	Kh4	CH-int	743600	3190370	-	-
8	Dry dock	Kh5	CH-int	743430	3190200	-	-

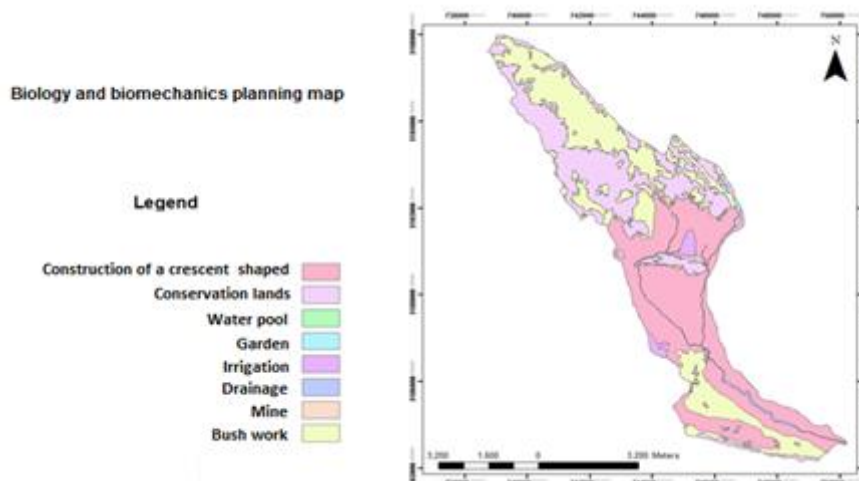


Fig. 2. Location of biological, biomechanical, and structural projects in the Chadarviyeh watershed

Table 4. The results of flood volume for different return periods obtained using the SCS method

Ubbasin code	Flood volume with different return periods (m3)					
	2	5	10	25	50	100
Total basin	116845	340537	506524	748588	933535	1135360
CH1	49695	1222909	178671	255098	315408	377860
CH2	16486	41296	60298	86410	107052	128453

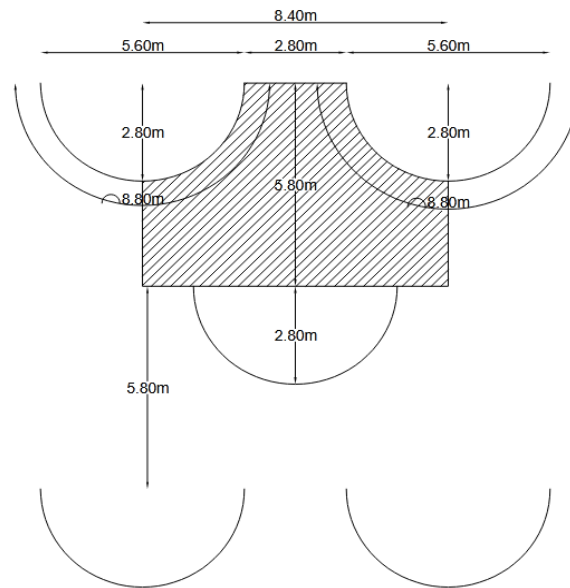


Fig. 3. Layout pattern of the of Crescent Catchment Systems

Table 5. Values of different crescent dimensions of the catchment in each of the slope categories

No.	Dimension	Unit	Category Slope (%)			
			5- 0	8-5	12-8	25-12
1	Excavation volume for each crescent	m ³	1.4	3.8	4.46	10.32
2	Maximum excavation length behind the crescent	m	5.8	8.5	5.8	5.8
3	Maximum excavation depth	m	0.11	0.11	0.11	0.11
4	Length of crescent arc Crescent semicircle	m	8.79	8.79	8.79	8.79
5	Average slope of the ground	%	0.025	0.065	0.100	0.185

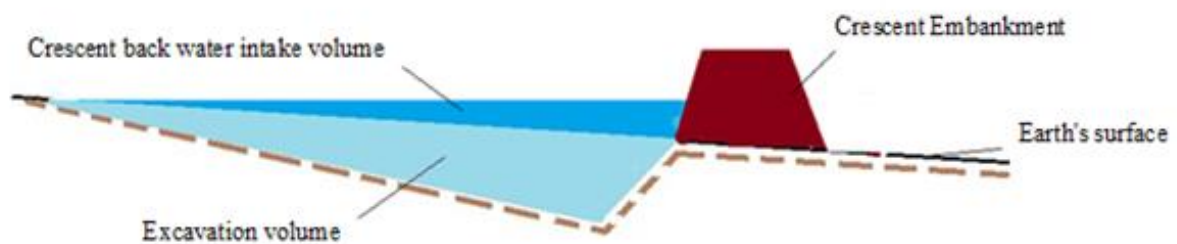


Fig. 4. Longitudinal cross-section of the catchment crescent and its catchment volumes

Table 6. Area and number of water catchment crescents in each slope class

No.	Slope class (%)	Area of catchment crescents per slope class (ha)	Number of catchment crescents per hectare	Number of catchment crescents per slope class (Number)
1	0- 5	1197.33	204	244255
2	5-8	265.75	204	54213
3	8-12	154.92	204	31604
4	12-25	178.76	204	36467
5	sum	1796.76	-	366539

Table 7. Estimated volume of Crescent Catchment System in the Chedarouyeh watershed by slope class

No.	Slope Class (%)	The number of catchment crescents in each slope category (Number)	Watering capacity of a crescent unit (m ³)	The amount of water taken from the crescents in hectare (m ³)	The water intake volume of the water intake crescents (m ³)
1	0-5	244255	3.25	663	793829.8
2	5-8	54213	7.6	1550.4	412018.8
3	8-12	31604	11.86	32415.36	374187.57
4	12-25	36467	23.98	4891.92	874479.62
5	Sum	366539	-	-	24545515.79

Table 8. Percentage of total water intake from rock mortar dams during different return periods in the Chedorouyeh watershed.

No.	Return period (Year)	Flood volume (m ³)	Flood extraction (Percent)
1	2	116865	75.3
2	5	340537	25.8
3	10	506524	17.4
4	25	748588	11.9
5	50	933535	9.4
6	100	1135360	7.8

Table 9. The percentage of water taken by Crescent Catchment System during different return periods in the Chedarouyeh watershed

No.	Return period (Year)	Flood volume (m ³)	Flood extraction (Percent)
1	2	116845	100
2	5	340537	100
3	10	506524	100
4	25	748588	100
5	50	933535	100
6	100	1135630	100



بررسی تأثیر سامانه‌های هلالی آبگیر در مدیریت و جمع‌آوری رواناب در حوزه آبخیز چدرویه، فارس

حسن مقیم^{۱*}، امین نقیعی^۲، معصومه سبزی^۳، زهرا فرهمندیان^۴

۱. دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس، فارس، ایران.
۲. کارشناسی ارشد مرتع و آبخیز، شرکت مهندسی مشاور حساب کرجی، فارس، ایران.
۳. دکتری بیابان زدایی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس، فارس، ایران.
۴. زهرا فرهمندیان، کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس، فارس، ایران.

* نویسنده مسئول: Hassan_Moghim@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

doi [10.22034/JDMAL.2024.2040142.1478](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2040142.1478)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر عملیات ذخیره نزولات در قالب سامانه هلالی آبگیر بعنوان پروژه ای نسبتاً جدید و شاخص مورد استفاده در احیاء مراتع مناطق خشک و نیمه خشک کشور انجام شد. به منظور مدیریت و جمع‌آوری رواناب موجود در حوزه چدرویه چهار برنامه اجرایی زیستی و زیست-سازه‌ای، در نظر گرفته شده است. بر این اساس، گستره‌ای برابر با ۹۳/۲۳٪ از کل مساحت حوزه آبخیز چدرویه به سامانه‌های هلالی آبگیر همراه با بدرکاری تعیین شده است. افزون بر این، سه دهنه بند سنگی ملاتی و پنج بند خشکه‌چین با توجه به آورد سالیانه و مورفولوژی آبراهه اصلی، در خروجی حوزه؛ دو بند سنگی ملاتی برای کنترل رسوب و حفاظت خاک در بالادست حوزه، و در خروجی زیرحوضه‌های CH1 و CH2 یک بند سنگی ملاتی رسوبگیر طراحی شده است. همچنین، پنج بند خشکه‌چین در پیرامون سازه‌های مذکور و در آبراهه‌های درجه دو و سه طراحی گردید. برای تعیین حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف از روش SCS استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد حجم آبگیری در هلالی‌های آبگیر نشان داد با اجرای این روش در سطح ۱۷۹۶/۷۶ha از حوزه آبخیز چدرویه، سالیانه $79m^3/2454515$ از رواناب سطحی ذخیره خواهد شد. با توجه به مقدار حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف، مجموع حجم ذخیره‌ای سه سازه سنگی ملاتی $88000m^3$ با دوره بازگشت ۲۵ ساله برآورد شد که این مقدار فقط ۱۱/۹٪ از کل حجم سیلاب ۲۵ ساله را استحصال و مدیریت می‌کند. این سازه‌ها در مجموع برای دوره بازگشت‌های ۲ و ۵ ساله به ترتیب ۷۵/۳٪ و ۲۵/۸٪ کل حجم سیلاب ایجاد شده در حوزه آبخیز چدرویه را مدیریت و ذخیره می‌کنند.

واژگان کلیدی: آبخیزداری؛ بوم‌سازگان؛ ذخیره‌نزولات؛ مدیریت رواناب؛ مراتع

استناد به این مقاله

مقیم، حسن، نقیعی، امین، سبزی، معصومه و فرهمندیان، زهرا. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر سامانه‌های هلالی آبگیر در مدیریت و جمع‌آوری رواناب در حوزه آبخیز چدرویه، فارس. مدیریت بیابان، (۳)، ۱۵-۳۰. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2040142.1478](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2040142.1478)



■ مقدمه

کاهش میزان بارندگی و پراکنش زمانی نامناسب یکی از معضلات و مشکلات عرصه‌های منابع طبیعی کشورمان است. عوامل مذکور شرایط استقرار و رویش گونه‌های مختلف مرتعی و جنگلی بویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک را محدود می‌کند. به منظور مقابله با این معضل، افزون بر اجرای عملیات اصلاحی و احیایی در بوم‌سازگان‌های مرتعی مناطق خشک و نیمه‌خشک همگام با کشت گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط اقلیمی منطقه، مدیریت و جمع‌آوری رواناب‌های حاصل از نزولات جوی است (۱۲). مدیریت و جمع‌آوری رواناب‌های سطحی به روش‌های گوناگون زیست‌سازهای و سازه‌ای امکان‌پذیر است. روش‌هایی مانند پخش سیلاب، کنتورو فارو، هلالی آبگیر، چاله فلسی و غیره از جمله روش‌ها و فناوری‌های زیستی‌سازهای مدیریت و جمع‌آوری رواناب‌های هلالی آبگیر به عنوان یکی از انواع روش‌های زیست‌سازهای مدیریت و جمع‌آوری نزولات جوی با هدف اصلاح و احیای مراتع در مناطق خشک و نیمه‌خشک در سال‌های اخیر در کشور ایران رایج شده است (۳). هلالی‌های آبگیر با توجه به نوع ساخت، عملیاتی سازه‌ای به شمار می‌آیند، اما به علت اینکه معمولاً با کاشت گیاهان همراه می‌باشند، می‌توانند به عنوان یک روش زیست‌سازهای شناخته شوند (۱۵). هلالی‌های آبگیر در واقع بانکت‌های افقی کوتاهی هستند که به صورت قوسی یا کمانی و به منظور ایجاد خرده آبخیزها^۱ ساخته می‌شوند (۱۶). این بانکت‌های هلالی به صورت خاکریزهای بسیار کوتاه و به شکل کمانی یا قوسی ایجاد می‌گردند. در فرهنگ بومی معمولاً به این نوع بانکت‌ها، "ابروی" می‌گویند. ساختار این هلالی‌ها به این شکل است که قوس خارجی آن‌ها در جهت جریان آبراهه‌ها و به عبارت دیگر، شیب عمومی اراضی و قوس داخلی آنها، محل جمع‌آوری رواناب‌های محدوده‌ی بالادست یا خرده آبخیز بالادست می‌باشد (۹). این سازه به نام‌های دیگری مانند چاله‌های آبگیر و چاله‌های فلسی نیز نامیده می‌شوند. این بانکت‌های هلالی به صورت خاکریزهای بسیار کوتاه و به شکل کمانی یا قوسی ایجاد می‌شوند. مهم‌ترین و شاخص‌ترین اهداف ساخت هلالی‌های آبگیر شامل کنترل و

ذخیره‌ی هرز آب‌های سطحی، افزایش نفوذ آب در خاک، کنترل فرسایش و جلوگیری از هدر رفت خاک، ایجاد محیط خرداقلیمی مناسب برای رشد گیاهان و بالاخره ایجاد زمینه مناسب برای اجرای طرح‌های اصلاح و احیای مرتع، می‌باشد (۱۵). عوامل موثر و میزان مناسب آنها برای ساخت و اجرای هلالی‌های آبگیر به شرح ذیل خلاصه گردیده است (جدول ۱). برخی از پژوهش‌های انجام شده در رابطه با عملکرد و اثربخشی سامانه‌های هلالی آبگیر به شرح زیر می‌باشند. در مراتع کومیران شهرستان قاین از استان خراسان جنوبی اثر چاله‌ها و موقعیت قرارگیری آن‌ها در مرتع و نیز بهترین محل کاشت گیاهان بوته‌ای در داخل چاله هلالی شکل مورد بررسی قرار گرفته است (۱۰). در مراتع شهرستان سراوان استان سیستان و بلوچستان تأثیر هلالی‌های آبگیر بر پارامترهای پوشش گیاهی و خاک را مورد بررسی گرفته است. نتیجه این پژوهش نشان داد که این عملیات باعث کاهش شوری و همچنین افزایش پوشش گیاهی می‌شوند (۱). در پژوهشی در شهرستان سریشه استان خراسان جنوبی به تأثیر سامانه هلالی آبگیر بر تغییر تولید گیاهان مرتعی و نیز رطوبت و بافت خاک در مراتع خشک و استپی پرداخته شده است. بر اساس این پژوهش مشخص شد، مقدار تولید گیاهان مرتعی در عرصه اجرای طرح به بیش از دو برابر رسیده است (۱۲). به بررسی اثرات عملیات ذخیره نزولات بر ویژگی پوشش گیاهی در حوزه آبخیز رومه و دهنو شهرستان نهبندان استان سیستان و بلوچستان مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه این پژوهش نشان داد، عملیات هلالی آبگیر نسبت به عملیات کنتورفارو تأثیر مطلوب و مؤثرتری در جهت افزایش پوشش گیاهی دارد (۵). طی پژوهشی در مراتع منطقه نارون شهرستان خاش استان سیستان و بلوچستان، مقایسه شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای به روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک در منطقه اصلاحی زیر تأثیر عملیات هلالی آبگیر و منطقه شاهد مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج این پژوهش، اجرای هلالی آبگیر موجب شده است که پوشش گیاهی به‌طور یکنواخت در منطقه وجود داشته باشد و این تنوع گیاهی بهتر و پایداری بیشتر بوم‌زیست را به دنبال داشته است (۶).

^۱ Micro Catchments

جدول ۱. پارامترها و شرایط مناسب برای ساخت و اجرای هلالی‌های آبگیر

ردیف	عامل	توضیح	واحد	مقدار	منبع
۱	میانگین بارندگی سالانه	-	mm	صفر تا ۶۰۰	(۱۷، ۱۶، ۱۴، ۴)
۲	شیب زمین	شیب ۰.۴٪ تا ۲۰٪ مناسب‌ترین شیب برای احداث هلالی آبگیر می‌باشد	%	۴ تا ۲۰ (با شرایطی تا ۶۰)	(۱۷، ۱۶، ۱۴، ۴)
۳	میزان تاج پوشش	مناطق دارای تاج پوشش بیش از ۳۰٪، مکان مناسبی برای احداث هلالی‌های آبگیر نیستند	%	کمتر از ۳۰	(۱۷، ۱۶، ۱۴، ۴)
۴	وضعیت پوشش گیاهی	پوشش گیاهی فقیر تا خیلی فقیر برای احداث هلالی‌های آبگیر مناسب می‌باشد	-	فقیر تا خیلی فقیر	(۱۷، ۱۶، ۱۴، ۴)
۵	عمق خاک	-	cm	کم عمق تا نیمه عمیق (۲۵ تا ۸۰)	(۱۴، ۱۳، ۴)
۶	بافت خاک	از خاک‌های نیمه سنگین می‌توان به لومی، رسی لومی شنی، لومی رسی اشاره کرد	-	نیمه سنگین	(۱۴، ۱۳، ۴)
۷	میزان سنگ و سنگریزه	هلالی‌های آبگیر در مناطقی که خطر بروز حرکات توده‌ای خاک وجود دارد و همچنین در زمین‌هایی که خاک سطحی دارای شوری زیادی هستند، نباید پیشنهاد شوند	-	متوسط تا زیاد	(۱۷، ۱۶، ۱۴، ۴)

آبگیر بر افزایش تولیدات کشاورزی گزارش شده است (۲، ۷، ۱۱). پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش سامانه‌های هلالی آبگیر در مدیریت و جمع‌آوری رواناب‌های موجود در منطقه و مقایسه عملکرد این سامانه‌ها با بندهای سنگی ملاتی در حوزه آبخیز چدرویه شهرستان جهرم از استان فارس انجام شد.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی

حوزه آبخیز چدرویه با مساحت ۴۵۷۹/۶۰ ha در محدوده شهرستان جهرم، دهستان خاوران و بخش کردیان قرار گرفته است. فاصله خروجی حوضه تا روستای چدرویه حدود ۴ Km است. مختصات جغرافیایی آن، طول ۷۳۸۷۳۰ تا ۷۳۹۰۹۲ شرقی و عرض ۳۱۹۷۴۳۱ تا ۳۱۹۸۰۳۶ شمالی زون ۳۹ می‌باشد (شکل ۱). این حوزه آبخیز که بخشی از حوضه سد سلمان فارسی می‌باشد، در سال ۱۴۰۲، توسط معاونت آبخیزداری استان فارس مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس این مطالعات، بیشینه و کمینه ارتفاع از سطح دریا ۲۰۴۲ و ۱۱۹۱ m است که اختلاف ارتفاع ۸۵۱ m را موجب می‌شود. شیب خالص آبراهه اصلی حوضه ۰/۰۹٪ است که با توجه به الگوی شبکه آبراهه‌ای و وجود آبراهه درجه پنج، تخلیه رواناب برای این حوضه به خوبی صورت خواهد پذیرفت. این حوضه به نُه

در تحقیقی در مراتع دشت ریحان شهرستان راور تأثیر عملیات هلالی آبگیر و تأثیر ابعاد و اندازه‌های آن‌ها روی پوشش گیاهی و خاک مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج این پژوهش، با توجه به حساسیت زیاد بوم-سازگان‌های مرتعی در مناطق خشک و نیمه خشک احداث هلالی آبگیر در ابعاد بزرگ می‌تواند موجب افزایش پوشش گیاهی در عرصه بشود (۱۸). در پژوهشی در منطقه بستک استان هرمزگان کارایی روش‌های ذخیره نزولات به دو طریق پخش سیلاب و هلالی آبگیر در بازسازی پوشش گیاهی مراتع خشک مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس این پژوهش، هر دو عملیات هلالی آبگیر و پخش سیلاب موجب ارتقا کمی و کیفی پوشش گیاهی شده‌اند (۸). طی پژوهشی در بستک استان هرمزگان تأثیر شیوه‌های ذخیره بارش بر ویژگی‌های خاک مراتع خشک مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس نتایج این پژوهش، عملکرد کل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه هلالی به ترتیب ۳۱ و ۱۱٪ است (۳). در منطقه زیرکوه استان خراسان جنوبی به بررسی و مقایسه تأثیر سامانه هلالی آبگیر بر پوشش گیاهی و سطوح رطوبت خاک در شرایط ترسالی و خشکسالی پرداخته شده است. نتایج نشان‌داد اجرای طرح هلالی آبگیر در منطقه باعث افزایش پوشش گیاهی نسبت به منطقه شاهد شده است (۱۹). افزون بر این، در برخی از پژوهش‌ها، اثربخشی سامانه‌های هلالی

استحصال می‌شود. به عبارت بهتر، سرانه تولید هر هکتار مراتع به طور متوسط معادل 84 t/ha ارزیابی شده است. ضمن اینکه مراتع توان بالقوه تولیدی حدود 271 t/year را دارا می‌باشند. تعداد 4202 دام موجود با توجه به مدت توقف دام روستایی در حوضه که 150 روز می‌باشد، نیاز به 1261 t علوفه دارد که با در نظر گرفتن مجموع کل تولید علوفه مرتعی 357 t ، میزان علوفه تولیدی در درون حوضه، کفاف نیاز 1189 واحد دامی را خواهد داد و $71/7\%$ از دام‌های حوضه مازاد بر ظرفیت حوضه در حال چرایی هستند.

برنامه‌های اجرایی مدیریت و جمع‌آوری رواناب در حوضه آبخیز چدوریه

به منظور مدیریت و جمع‌آوری رواناب موجود در حوضه چدوریه چهار برنامه اجرایی زیستی و زیست‌سازه‌ای در نظر گرفته شده است (جدول ۲). بر این اساس، گستره‌ای برابر با $1796/76 \text{ ha}$ برابر با $39/23\%$ از کل مساحت حوضه آبخیز چدوریه به عملیات ساخت سامانه‌های هلالی آبگیر همراه با بذرکاری تعیین شده است. افزون بر این، سه باب بند سنگی ملاتی و پنج بند خشکه‌چین با توجه به آورد سالیانه و مورفولوژی آبراهه اصلی، در خروجی حوضه، دو بند سنگی ملاتی برای کنترل رسوب و حفاظت خاک در بالادست حوضه؛ و در خروجی زیرحوضه‌های CH1 و CH2 یک بند سنگی ملاتی رسوبگیر طراحی شده است. این سازه‌ها در مجموع حجمی برابر با 88000 mm^3 مترمکعب در تراز نرمال ظرفیت آبیگری ایجاد می‌شود.

طبقه ارتفاعی 100 m توزیع شده است. شیب متوسط حوضه 31% می‌باشد. در حوضه مورد مطالعه شیب $5-2\%$ کمترین مساحت و شیب بیشتر از 60% ، بیشترین مساحت را به خود اختصاص می‌دهند. میانگین بارش سالانه حوضه $318/9 \text{ mm}$ و متوسط دمای سالانه در حوضه طرح برابر با 19°C می‌باشد. حوضه آبخیز چدوریه از نظر پهنه‌بندی زمین‌شناسی ساختمانی، در پهنه زاگرس چین‌خورده قرار دارد. سازندهای تربور، ساچون، بخش قربان، آغاچاری و بختیاری و پنج نوع از نهشته‌های کواترنر چینه‌شناسی حوضه آبخیز چدوریه را تشکیل می‌دهد. این حوضه به طور کلی، دارای نفوذپذیری متوسط تا خیلی کم، و از نظر حساسیت به فرسایش نیز از حساسیت کم تا متوسط برای فرسایش برخوردار است. حوضه چدوریه به وسیله دو تیپ مرتعی پوشیده شده است: تیپ I شامل گونه‌های تنگرس - جوخار - گون آنزروت^۱ و تیپ گیاهی II شامل گونه‌های آنزروت - خرکروس - تنگرس^۲ شناسایی گردید. مهمترین گونه‌های همراه مراتع هلیپه^۳، قیج^۴، آنقوزه^۵، لگجی^۶، اسفند^۷ و بهمن^۸ هستند. علوفه تولیدی تیپ I و II به ترتیب 98 و 74 kg/ha و وضعیت و گرایش آنها فقیر و منفی است. در مجموع 4202 واحد دامی در فصل چرای 150 روزه قادر به تغذیه هستند. در حال حاضر در کل حوضه، تعداد 4202 واحد دامی روستایی وجود دارد که با مناسب بودن علوفه مرتعی، تمام مدت سال را از علوفه مرتعی استفاده می‌کنند. از کل عرصه‌های مرتعی در طول یکسال در مجموع مقدار 357 t علوفه خشک مرتعی و زراعی



شکل ۱. موقعیت حوضه آبخیز مورد پژوهش

⁵ *Ferula assa foetida*

⁶ *Capparis spinosa*

⁷ *Peganum harmala*

⁸ *Stipa capensis*

¹ *Amygdalus lycioides-Ebenus Stellata-Astragalus sarcocolla*

² *Astragalus sarcocolla-Convolvulus virgatus-Amygdalus lycioides*

³ *Teucerium polium*

⁴ *Zygophyllum euryptherum*

هم‌چنین، پنج بند خشکه‌چین در پیرامون سازه‌های مذکور و در آبراهه‌های درجه دو و سه طراحی شد. مشخصات سازه‌های طراحی شده در حوضه مورد مطالعه (جدول ۳) و موقعیت پروژه‌های زیستی، زیست‌سازه‌ای و سازه‌ای در گستره‌ی حوزه آبخیز چدرویه (شکل ۲) نشان داده شده است.

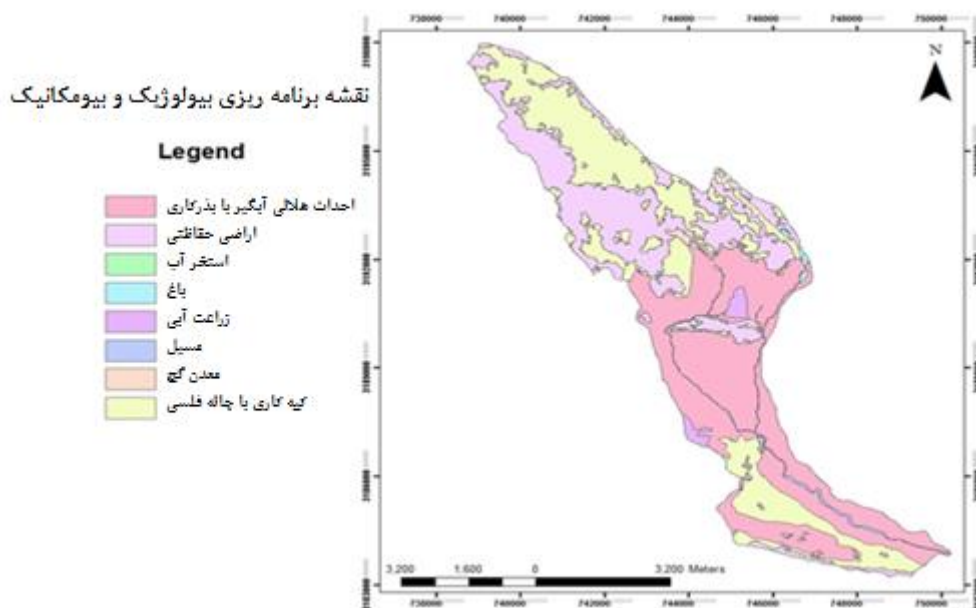
حجم سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف
 برای تعیین حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف از روش SCS استفاده شده است. نتایج حجم سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف به روش SCS نشان داده شده است (جدول ۴)، که اساس طراحی سازه‌ای سنگی ملاتی در این مطالعات دوره بازگشت ۲۵ ساله بود.

جدول ۲. سیاهه عملیات زیستی و زیست‌سازه‌ای

ردیف	نوع عملیات	درصد از کل حوضه	مساحت (ha)	ملاحظات
۱	ممیزی مراتع	بخش‌های شمالی حوضه	-	-
۲	کپه کاری توام با چاله فلسی	۳۱/۲۹	۱۴۳۲/۷۵	-
۳	احداث هلالی آبگیر با بذرکاری	۳۹/۲۳	۱۷۹۶/۷۶	-
۴	اراضی حفاظتی (حفاظت بلندمدت)	۲۶/۵۲	۱۲۱۴/۳۵	در اراضی بدون قابلیت اجرای طرح‌های بیولوژیک
۵	حفاظت و قرق از طرح‌های مرتعداری	۷۰/۵۲	۳۲۲۹/۵۱	-

جدول ۳. مشخصات سازه‌های طراحی شده در حوزه آبخیز چدرویه

ردیف	نوع سازه	نمایه سازه	UTM		نمایه زیر حوضه	حجم آبیگیری (m ³)	ارتفاع مفید سازه (m)
			عرض	طول			
۱	بند سنگی ملاتی	Ch1	۳۱۸۳۸۹۵	۷۵۰۱۰۰	CH-int	۴۲۷۸۵	۴
۲	بند سنگی ملاتی	Ch2	۳۱۸۴۰۳۰	۷۴۹۵۲۰	CH-int	۳۴۹۰۰	۴
۳	بند سنگی ملاتی	Ch3	۳۱۸۹۹۶۰	۷۴۳۴۸۵	CH-int	۱۰۳۰۵	۳/۵
۴	بند خشکه‌چین	Kh1	۳۱۸۴۰۰۰	۷۴۹۲۹۰	CH-int	-	-
۵	بند خشکه‌چین	Kh2	۳۱۸۴۱۰۰	۷۴۹۰۹۰	CH-int	-	-
۶	بند خشکه‌چین	Kh3	۳۱۸۴۲۰۰	۷۴۸۶۵۰	CH-int	-	-
۷	بند خشکه‌چین	Kh4	۳۱۹۰۳۷۰	۷۴۳۶۰۰	CH-int	-	-
۸	بند خشکه‌چین	Kh5	۳۱۹۰۲۰۰	۷۴۳۴۳۰	CH-int	-	-



شکل ۲. موقعیت پروژه‌های زیستی، زیست‌سازه‌ای و سازه در گستره‌ی حوزه آبخیز چدرویه

جدول ۴. نتایج حجم سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف به روش SCS

حجم سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف (m ³)						نمایه زیرحوضه
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۱۱۳۵۳۶۰	۹۳۳۵۳۵	۷۴۸۵۸۸	۵۰۶۵۲۴	۳۴۰۵۳۷	۱۱۶۸۴۵	کل حوضه
۳۷۷۸۶۰	۳۱۵۴۰۸	۲۵۵۰۹۸	۱۷۸۶۷۱	۱۲۲۲۹۰۹	۴۹۶۹۵	CH1
۱۲۸۴۵۳	۱۰۷۰۵۲	۸۶۴۱۰	۶۰۲۹۸	۴۱۲۹۶	۱۶۴۸۶	CH2

شده است. با ضرب تعداد هلالی‌های آبگیر در یک هکتار در مساحت هر رده شیب، تعداد هلالی‌های آبگیر هر رده شیب به دست می‌آید.

برآورد حجم آبگیری هلالی آبگیر

با توجه به ابعاد مختلف هلالی آبگیر که در جدول ۵، ارائه شده است، با استفاده از معادلات ۲ تا ۷، حجم آبگیری هلالی آبگیر برآورد می‌شود. مقطع طولی هلالی آبگیر و احجام آبگیری آن در شکل ۴، نشان داده شده است.

$$La = \pi \times r \quad (2)$$

$$Ss = La \times L \times \frac{1}{2} \quad (3)$$

$$Vs = Ss \times D \times \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$Dw = L \times Sa \quad (5)$$

$$Vw = \frac{(L \times La \times (\frac{Sa \times La}{2}))}{2} \quad (6)$$

$$TVs = Vs + Vw \quad (7)$$

که در آن‌ها:

La = طول کمان هلالی - m

π = عدد ثابت ۳/۱۴

r = شعاع هلالی m

Ss = سطح خاکبرداری m²

L = بیشترین طول خاکبرداری پشت هلالی m

D = بیشترین عمق خاکبرداری m

Dw = بیشترین عمق خاکبرداری m

Sa = شیب متوسط زمین %

Vw = حجم آبگیری پشت هلالی آبگیر m³

TVs = ظرفیت آبگیری یک باب هلالی آبگیر m³ می‌باشد.

برآورد مساحت هلالی آبگیر

هلالی‌های آبگیر به شکل نزدیک به نیم دایره طراحی شده‌اند. شعاع نیم‌دایره هلالی آبگیرهای طراحی شده برابر با ۲/۸ متر تعیین شده است. از این رو، با استفاده از رابطه (۱) مساحت هر یک از هلالی‌های آبگیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$S = \pi + r^2 / 2 \quad (1)$$

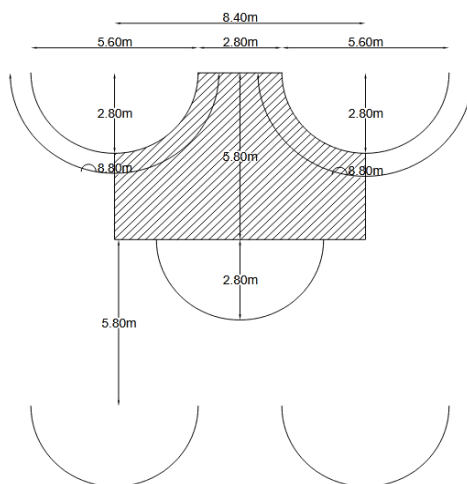
که در آن S = مساحت نیم‌دایره و r = شعاع نیم‌دایره می‌باشد.

برآورد تعداد هلالی‌های آبگیر در هر هکتار

آرایش کلی سامانه هلالی‌های آبگیر به صورت شکل ۳، بود. با توجه به شکل، آرایش هلالی‌های آبگیر نسبت به یکدیگر به صورت یک در میان زیگزاگی است. فاصله مرکز دو هلالی آبگیر مجاور هم در یک ردیف ۸/۴m و فاصله بین دو هلالی آبگیر در دو ردیف متوالی ۵/۸m متر در نظر گرفته شده است. فواصل با توجه به ملاحظات اجرایی و سطح مورد نیاز ماشین آلات اجرایی تعیین شده است. بر این اساس و با توجه به ابعاد یک هکتار می‌توان در طول و عرض (ستون) تعداد هلالی‌های آبگیر و پیرو آن تعداد هلالی‌های آبگیر در یک هکتار را تعیین کرد.

تعداد هلالی‌های آبگیر در هر طبقه شیب

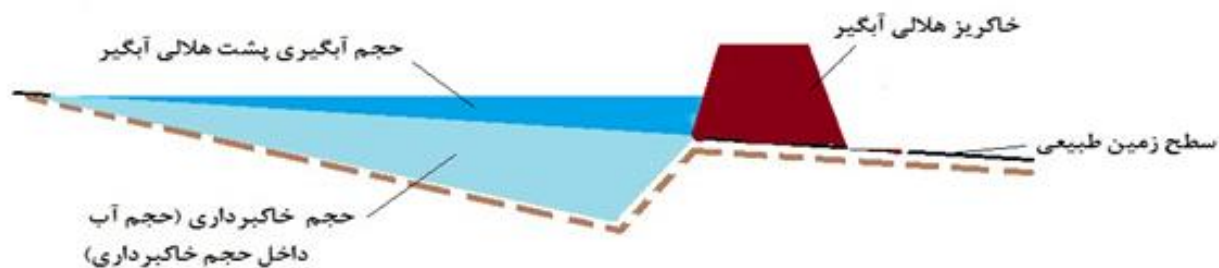
در بررسی انجام شده، شیب قابل اجرا برای سامانه‌های هلالی آبگیر شیب صفر تا ۲۵٪ در نظر گرفته شده است (۴، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷). این محدوده در حوزه آبخیز چدرویه در چهار رده صفر تا ۵، ۸-۵، ۱۲-۸ و ۲۵-۱۲٪ دسته‌بندی



شکل ۳. الگوی چیدمان سازه هلالی‌های آبگیر

جدول ۵. مقادیر ابعاد مختلف هلالی آبگیر در هر یک از رده‌های شیب

رده شیب (%)				یکا	بعد	ردیف
۱۲-۲۵	۸-۱۲	۵-۸	صفر-۵			
۱۰/۳۲	۴/۴۶	۳/۸	۱/۴	m ³	حجم خاکبرداری برای هر هلالی	۱
۵/۸	۵/۸	۸/۵	۵/۸	m	بیشترین طول خاکبرداری پشت هلالی	۲
۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	m	بیشترین عمق خاکبرداری	۳
۸/۷۹	۸/۷۹	۸/۷۹	۸/۷۹	m	طول کمان هلالی نیم‌دایره هلالی	۴
۰/۱۸۵	۰/۱۰۰	۰/۰۶۵	۰/۰۲۵	%	شیب متوسط زمین	۵



شکل ۴. مقطع طولی هلالی آبگیر و حجم‌های آبرگیری آن

جدول ۶. مساحت و تعداد هلالی آبگیر در هر یک از طبقات شیب

ردیف	کلاس شیب (%)	مساحت هلالی آبگیر در هر طبقه شیب (هکتار)	تعداد هلالی آبگیر در هر هکتار	تعداد هلالی آبگیر در هر طبقه شیب
۱	صفر تا ۵	۱۱۹۷/۳۳	۲۰۴	۲۴۴۲۵۵
۲	۵-۸	۲۶۵/۷۵	۲۰۴	۵۴۲۱۳
۳	۸-۱۲	۱۵۴/۹۲	۲۰۴	۳۱۶۰۴
۴	۱۲-۲۵	۱۷۸/۷۶	۲۰۴	۳۶۴۶۷
۵	جمع	۱۷۹۶/۷۶	-	۳۶۶۵۳۹

نتایج و بحث

۱۲/۳m² محاسبه شد. همچنین، تعداد هلالی‌های آبگیر در ۱ha با توجه به آرایش یک در میان یا زیگزگی و فاصله بین دو هلالی مجاور در یک ردیف ۸/۴m و در دو ردیف متوالی

مساحت گستره آبرگیری هر یک از هلالی‌های آبگیر، با در نظر گرفتن شعاع ۲/۸m و با استفاده از رابطه ۱، برابر با

ذخیره‌ای سه سازه بند سنگی ملاتی 88000 m^3 با دوره بازگشت ۲۵ ساله برآورد شده است که این مقدار فقط $11/9\%$ از کل حجم سیلاب ۲۵ ساله را استحصال و مدیریت می‌کند. این سازه‌ها در مجموع برای دوره بازگشت‌های ۲ و ۵ ساله به ترتیب $75/3\%$ و $25/8\%$ کل حجم سیلاب ایجاد شده در حوزه آبخیز چدرویه را مدیریت و ذخیره می‌کنند. درصد مجموع آبخیزی بندهای سنگی ملاتی در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شد (جدول ۸). در حالی که سامانه‌های هلالی آبگیر در دوره بازگشت‌های ۲ و ۵ ساله قادر به استحصال 100% حجم رواناب ایجاد شده در حوضه می‌باشند. افزون بر این، با بررسی انجام شده در زمینه سامانه‌های هلالی آبگیر که در رده شیب‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شوند، می‌توانند حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله را نیز به صورت 100% مدیریت و استحصال کنند. درصد آبخیزی هلالی‌های آبگیر در دوره بازگشت‌های مختلف در حوزه آبخیز چدرویه محاسبه شد (جدول ۹). باید به این نکته توجه داشت که حجم ظرفیت آبخیزی یک هلالی آبگیر، حجم خالص نبوده و بخشی هر چند کوچک از حجم ذخیره ای برآورد شده، صرف تبخیر، نفوذ اولیه در خاک، اختلاف محاسبه در سطح حوزه آبخیز اختصاصی بالادست هر هلالی آبگیر می‌شود. در صورت نیاز به حجم خالص برای هر هلالی آبگیر لازم است مقادیر تبخیر، نفوذ اولیه در خاک، اختلاف محاسبه در سطح حوزه آبخیز اختصاصی بالادست هر هلالی آبگیر اندازه‌گیری و از حجم اولیه کسر شود. در این پژوهش از این مقادیر جزئی صرف نظر شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به عملکرد سامانه‌های هلالی آبگیر در استحصال و مدیریت رواناب‌های سطحی تا سطح استحصال 100% درصد رواناب‌های ایجاد شده در سطح حوزه آبخیز چدرویه در دوره بازگشت‌های مختلف، اثربخشی بالای این روش در استحصال و مدیریت رواناب و سیلاب مشخص می‌شود. این مزیت در کنار دیگر مزیت‌های این روش از جمله کم بودن هزینه اجرا، همخوانی بیشینه با طبیعت، سادگی و سرعت عمل در اجرا، امکان کاشت نهال و بذر در محیط سامانه، مرطوب کردن خاک

$5/8$ متر برآورد شد. بدین ترتیب، تعداد هلالی‌های آبگیر در 1 ha یا $100 \times 100 \text{ m}^2$ ، برابر با حاصل ضرب 12 هلالی آبگیر در ردیف در تعداد 17 هلالی آبگیر در ستون معادل 204 باب برآورد شد. با توجه به تعداد 204 هلالی‌های آبگیر در هر هکتار و مساحت پهنه هر یک از رده‌های چهارگانه شیب، تعداد هلالی‌های آبگیر بدست می‌آید. مساحت و تعداد هلالی‌های آبگیر در هر یک از دسته‌بندی‌های شیب را ارائه داده است (جدول ۶). حجم آبخیزی هلالی آبگیر بر اساس مقادیر ابعاد اندازه‌گیری شده در رده‌های مختلف شیب (جدول ۵)، محاسبه شد. برای نمونه، محاسبات میزان ظرفیت آبخیزی یک هلالی آبگیر مربوط به رده شیب صفر تا 5% ، درصد به شرح معادلات 8 تا 13 به شرح زیر می‌باشد.

$$La = \pi \times r \rightarrow 3/14 \times 2/8 = 8/79 \quad (8)$$

$$Ss = La \times L \times \frac{1}{2} \rightarrow 1/79 \times 5/8 \times 0/5 = 25/488 \quad (9)$$

$$Vs = Ss \times D \times \frac{1}{2} \rightarrow (25/488 \times 0/11) \div 2 = 1/4 \quad (10)$$

$$Dw = L \times Sa \rightarrow 5/8 \times 0/25 = 0/15 \quad (11)$$

$$Vw = \frac{(L \times La \times (\frac{Sa \times La}{2}))}{2} \rightarrow \frac{(5/8 \times 7/89 \times ((0/25 \times 5/8) \div 2))}{2} \div 2 = 1/58 \quad (12)$$

$$Vw = \frac{(L \times La \times (\frac{Sa \times La}{2}))}{2} \rightarrow \frac{(5/8 \times 7/89 \times ((0/25 \times 5/8) \div 2))}{2} \div 2 = 1/58 \quad (13)$$

با توجه به تعداد 204 هلالی آبگیر در هر هکتار و ظرفیت آبخیزی هر یک از هلالی‌های آبگیر به مقدار $3/25 \text{ m}^3$ ، مقدار بیشینه آبخیزی در هر هکتار ناشی از عملکرد هلالی‌های آبگیر برابر با 663 m^3 برآورد شد. با توجه به محاسبه‌های انجام شده، مقدار حجم آبخیزی پهنه‌های هر یک از رده‌های چهارگانه شیب محاسبه و تعیین شد (جدول ۷). بدین ترتیب، با اجرای هلالی‌های آبگیر در سطح $1796/76 \text{ ha}$ حوزه چدرویه، سالیانه $2454515/79 \text{ m}^3$ از رواناب سطحی ذخیره می‌شود. حجم سیلاب‌های ایجاد شده در دوره بازگشت‌های مختلف همراه با درصد کنترل و استحصال رواناب به وسیله سامانه‌های هلالی آبگیر را ارائه شده است (جدول ۸). با توجه به مقدار حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوزه آبخیز چدرویه، مجموع حجم

جدول ۷. برآورد حجم آبیگری هلالی آبیگر در حوزه آبخیز چدرویه به تفکیک رده‌های شیب

ردیف	کلاس شیب (%)	تعداد هلالی آبیگر در هر رده شیب (تعداد)	ظرفیت آبیگری یک واحد هلالی (m ³)	حجم آبیگری هلالی‌ها در یک هکتار (m ³)	حجم آبیگری هلالی‌های آبیگر (m ³)
۱	صفر تا ۵	۲۴۴۲۵۵	۳/۲۵	۶۶۳	۷۹۳۸۲۹/۸
۲	۵-۸	۵۴۲۱۳	۷/۶	۱۵۵۰/۴	۴۱۲۰۱۸/۸
۳	۸-۱۲	۳۱۶۰۴	۱۱/۸۶	۳۲۴۱۵/۳۶	۳۷۴۱۸۷/۵۷
۴	۱۲-۲۵	۳۶۴۶۷	۲۳/۹۸	۴۸۹۱/۹۲	۸۷۴۴۷۹/۶۲
۵	جمع	۳۶۶۵۳۹	-	-	۲۴۵۴۵۵۱۵/۷۹

جدول ۸. درصد مجموع آبیگری بندهای سنگی ملاتی در دوره بازگشت‌های مختلف در حوزه آبخیز چدرویه

ردیف	دوره بازگشت (سال)	حجم سیلاب (m ³)	استحصال سیلاب (%)
۱	۲	۱۱۶۸۶۵	۷۵/۳
۲	۵	۳۴۰۵۳۷	۲۵/۸
۳	۱۰	۵۰۶۵۲۴	۱۷/۴
۴	۲۵	۷۴۸۵۸۸	۱۱/۹
۵	۵۰	۹۳۳۵۳۵	۹/۴
۶	۱۰۰	۱۱۳۵۳۶۰	۷/۸

جدول ۹. درصد آبیگری هلالی‌های آبیگر در دوره بازگشت‌های مختلف در حوزه آبخیز چدرویه

ردیف	دوره بازگشت (سال)	حجم سیلاب (m ³)	استحصال سیلاب (%)
۱	۲	۱۱۶۸۶۵	۱۰۰
۲	۵	۳۴۰۵۳۷	۱۰۰
۳	۱۰	۵۰۶۵۲۴	۱۰۰
۴	۲۵	۷۴۸۵۸۸	۱۰۰
۵	۵۰	۹۳۳۵۳۵	۱۰۰
۶	۱۰۰	۱۱۳۵۳۶۰	۱۰۰

و در مراتع زیرکوه استان خراسان جنوبی که همگی بر نقش و اثربخشی سامانه‌های هلالی آبیگر در ابعاد مختلف تأکید داشتند، همخوانی و همسویی دارد (۶، ۸، ۱۹).

■ سپاسگزاری

بدین‌وسیله از اداره محترم مهندسی و مطالعات اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس که اطلاعات مربوطه را در اختیار نویسندگان قرار داده است، نهایت سپاسگزاری می‌شود.

سطحی در گستره‌ای وسیع از حوزه آبخیز، ایجاد مکانی برای تأمین آب دام و وحوش، با رویداشت تقویت و احیا مراتع، جلوگیری از فرسایش خاک انتقال فعالیت‌های آبخیزداری از مسیر آبراهه‌ها به دامنه‌ها و سلامت و پایداری حوزه آبخیز و برتری نسبی آن نسبت به سازه‌های سنگی ملاتی در استحصال حجم بیشتری از رواناب‌های سطحی، اهمیت و کارایی این روش برای استحصال رواناب و سیلاب‌ها بیش از بیش اثبات می‌شود. نتیجه این مطالعات با پژوهش‌های انجام شده در مراتع نارون استان سیستان و بلوچستان، مراتع بستک استان هرمزگان

■ References

- Abdollahi, V., zolfaghari, F., Jabari, M., & Rafie Dehghan, M. (2015). Crescent pond's effect on Some Parameters of Vegetation Cover and Soil in Saravan Rangelands (Sistan and Baluchestan Province). *Range and Desert Research*, 22(4), 658-672. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2016.106038> [In Persian]
- Adimassu, Z., Langan, S., Johnston, R., Mekuria, W., & Amede, T. (2017). Impacts of soil and water conservation practices on crop yield, run-off, soil loss and nutrient loss in Ethiopia: review and synthesis. *Environmental Management*, 59(1), 87-101. DOI: 10.1007/s00267-016-0776-1
- Ahmadpour, H., Jahantab, E., Sharafatmandrad, M., & Khosravi Mashizi, A. (2022). The Effect of Rainfall Storage Methods on Soil Properties of Arid Rangelands (Case Study: Bastak, Hormozgan Province). *Desert Management*, 10(3), 37-48. DOI: 10.22034/JDMAL.2022.554711.1386 [In Persian]
- Anschutz, J., kome, A., Nederlof, M., Neef, R., & Ven. T. (2003). *Water harvesting and soil moisture retention*. Second Edition, Wageningen.

5. Bahmadi, M. J., & Shahriari, A. R. (2016). Effects of different rainfall storage methods on vegetation restoration (Case study: Romeh and Dehno watershed, Nehbandan city). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23(1), 51-57. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2016.106471> [In Persian]
6. Delavari, A., Bashari, H., Tarkesh, M., & Mosaddeghi, M. (2017). Effects of small micro-catchment semi-circular bunds on the diversity indices and frequency distribution models in Narron rangelands- (Sistan & Baluchistan Province). *Rangeland*, 11(3), 331-341. DOI: 20.1001.1.20080891.1396.11.3.6.7 [In Persian]
7. Geremu, T., Ararso, E., Mamo, D., Ayela, G., Diriba, A., Muleta, B., & Hussen, D. (2016). Effects of negarim and semi-circular structures on growth and yield of banana in moisture deficit area of DaroLabu District, West Hararghe Zone, Ethiopia. *Horticulture and Forestry*, 8(4), 32-36. DOI:10.5897/JHF2016.0428
8. KhosraviMashizi, A., Jahantab, E., Ahmadpoor, H., & Sherafatmand, M. (2022). Assessing vegetation rehabilitation under restoration operations in arid rangelands (Case study: Bastak, Hormozgan province). *Rangeland*, 16(4), 779-795. DOI: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.9.7 [In Persian]
9. Khaleghi, M. A., & Moghim, H. (2012). *Collecting precipitation with the help of a catchment crescent*. The 4th national training workshop on sustainable management of arid lands, Kausar watershed watershed station, Fasa, Iran. [In Persian]
10. Khadem, K., Farzam, M., & Mesdaghi, M. (2015). An investigation on the most suitable size of curved pits and the best plantation place inside the curves (Case study: Koomiran rangelands, Ghaen, southern Khorassan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22(2), 231-239. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2015.101643> [In Persian]
11. Kiggundu, N., Wanyama, J., Mfitumukiza, D., Twinomuhangi, R., Barasa, B., Katimbo, A., & BirungiKyazze, F. (2018). Rainwater harvesting knowledge and practice for agricultural production in a changing climate: A review from Uganda's perspective. *Agricultural Engineering International*, 20(1), 19-36.
12. Mahmoudi Moghaddam, G., Saghari, M., Rostampour, M., & CHakoshi, B. (2015). Effects of constructing small arc basins system on rangeland production and some soil properties in arid lands (case study: Steppic rangelands of Sarbishe, South Khorasan Province). *Rangeland*, 9(1), 66- 75. DOI: 20.1001.1.-20080891.1394.9.1.6.9 [In Persian]
13. Mahler, P. J. (1970). *Manual of land classification for irrigation: second approximation 1970*. Soil Institute of Iran. Publ. No. 205, Tehran, Iran, 103 p.
14. Metale, QH. (2007). *Rainfall storage (method of constructing a crescent water catchment)*. Technical Committee of the General office of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province.
15. Moghim, H. (2014), *Watershed Engineering: Sobeh-e-Entezar publications*. p.651. [In Persian]
16. Mohammadi, R. (2007). *Calibrating the design of catchment crescents in several watersheds of Fars province*, the fourth national conference of Iran watershed management engineering and science, Karaj, Iran. [In Persian]
17. Organization of parks and green spaces of Tehran city. (No year). *Forestry methods on sloping surfaces*: Publication of the Ministry of Education.
18. Rashtian, A., & Rohani, M. (2020). The effect of water storage in Arches pond and their dimensions on restoration of vegetation and soil (Case Study: Reyhan plains rangelands of Raver city). *Forest and Range Protection Research*, 18(1), 64-78. DOI: 10.22092/IJFRPR.2020.341843.1415 [In Persian]
19. Rostampour, M., Saghari, M., & ChabokEstend, H. (2023). Comparison of the effect of a semi-circular bunds system on vegetation and soil moisture levels in drought and wet conditions (Case study: Zirkouh rangelands - South Khorasan). *Rainwater Catchment Systems*, 3(11), 30-53. DOI: 20.1001.1.24235970.1402.11.3.3.3 [In Persian]
20. Sheidaei, G. 1987. *Rangeland Management in Iran*: Publication of Tehran University. [In Persian]

A Quantitative Assessment of The Impacts of Agricultural Development, With A Focus on Food Security and Desertification Risk in The Balajam Plain of Torbat Jam County, Khorasan Razavi Province

M. Rezvanimoghadam¹, M. Akbari^{2*}, M. Sabet Teimouri³, S. Zare⁴

1. MSc, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Associate Professor, Department of Desert and Arid Zones Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Tourism Management and Planning, ITOR, ACECR, Mashhad, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Economic, Social and Extension Research, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

* Corresponding Author: m-akbari@um.ac.ir

Received date: 04/08/2024

Accepted date: 11/09/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2037535.1475](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2037535.1475)

Abstract

Desertification poses a significant threat to ecosystems worldwide, particularly in arid and semi-arid regions. In recent decades, this issue has been exacerbated by intensified human activities, including agricultural expansion. This study investigates whether agricultural development, while contributing to food security, has simultaneously driven environmental degradation. To address this question, agricultural development was evaluated using key indicators such as crop yield and production, infrastructure investment, institutional development, employment, and mechanization. Desertification intensity was then assessed using the IMDPA model based on climate, soil, land use change, and groundwater indicators. The research was conducted in the Balajam Plain of Torbat Jam County, one of the primary agricultural regions in Khorasan Razavi Province, over the period from 2011 to 2021. Results indicate that the region experienced notable progress in agricultural development, including increased employment and income generation. During this period, investments in the agricultural sector rose from 1,560 million rials to 14,800 million rials, and approximately 24.95 km² of land was levelled and rehabilitated. These efforts led to enhanced production and yield per hectare for key crops, including wheat, barley, sugar beet, and fodder corn. However, findings on desertification revealed concerning trends: 37% of the region fell into the severe desertification category, while 63% was classified as moderate. The primary drivers of desertification were identified as climatic factors, groundwater depletion, land use changes, and soil quality degradation. These processes have resulted in the degradation of fundamental ecological resources and pose a significant threat to long-term food security in the region.

How to cite this article

Rezvanimoghadam, M., Akbari, M., Sabet Teimouri, M. and Zare, S. (2024). A Quantitative Assessment of The Impacts of Agricultural Development, With A Focus on Food Security and Desertification Risk in The Balajam Plain of Torbat Jam County, Khorasan Razavi Province. *Desert Management*, 12(3), 31-54. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2037535.1475](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2037535.1475)



Extended Abstract

Introduction

Desertification is a serious threat to both natural and human environments. UNCCD (1994) defines desertification as land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid areas that is caused by various factors, including climatic variations and human activities. Despite being an international definition, it does not address the decrease in biological diversity. Additionally, this process cannot be reversed and has expanded to other biological climates, including the European continent, resulting in deficiencies that require attention. The world's environment has become one of the most important concerns due to the changing land use since the last century (22, 29). The sustainability of the environment is threatened by many agricultural activities, even though agriculture is a vital factor in sustainable development and poverty reduction (19). The relationship between food security and basic resources such as water, soil, as well as natural resources and the environment is of particular importance (3, 9, 31). The expansion of desertification will occur when the productive capacity of land resources decreases. The objective of this research was to evaluate these two effects, namely Examining some criteria for agricultural development, as well as the key criteria for land degradation and desertification, and emphasizing the issue of food security in Balajam Plain, Torbat Jam County, in Khorasan Razavi province.

Material and Methods

This study evaluated and analyzed positive criteria for agricultural development, including performance, production, employment, and investment. The Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA) was used to assess desertification intensity based on key indicators such as climate, underground water, soil, agriculture and landuse changes criteria (2, 5, 33, 41). This research was carried out between 2011 and 2021. Finally, the outcomes obtained from the food security indicators supplied by FAO were compared and evaluated (16, 37, 40). No research has been conducted to assess the positive and negative aspects of agricultural development, with a focus on food security. This research was conducted in Balajam Plain in Torbat Jam county of Khorasan Razavi province.

Results

The foundation of economic, social, cultural, and political security is food security. Food security is based on ecological security, which is the security of fundamental natural resources and genetic diversity. The agricultural development sector has seen an increase in investment in institutions and human resources from 2011 to 2021. Over the past 10 years, from 2011 to 2021, agriculture has developed in Balajam Plain of Torbat Jam County, and the amount of investment in this sector has also increased (Tables 4-7). The results showed that the area under cultivation of crops in the Balajam plain has increased from 2011 to 2021, reaching from 50.25km² in 2011 to 77.76km² in 2021 (Table 8). The statistics on agricultural and horticultural crops indicate that some crops have seen a decrease in production and yield, while others have seen an increase. The increase in saffron cultivation has resulted in an upward trend in the added value of the products, which indicates increased income and increased food security. The results showed that land use change, a decrease in soil quality indicators and an increase in drought have reduced groundwater in terms of has reduced qualitatively and quantitatively (Figures 2 and 5). According to the IMDPA model's findings, desertification intensity in the study area has increased from moderate to moderate and severe in 2016 and 2021 (Figure 6). The desertification in Balajam Plain increased in 2016 and 2021, and many areas of the study areas are now dealing with an increased desertification phenomenon. The intensity of desertification in the Balajam Plain has increased despite the development of the agricultural sector in the past 10 years.

Discussion and Conclusion

FAO has emphasized the need to implement sustainable land management practices, food production, and prevent the expansion of desertification in order to achieve food security and agricultural development (12). Unsustainable agricultural development, climate change, soil degradation, and the reduction in the quantity and quality of groundwater resources are among the human factors affecting desertification (24). The results of some studies showed that agricultural development has improved food access and promoted food security (28), but the results of this study showed that despite agricultural development and increased investment in the Balajam Plain, desertification occurred between 2011 and 2021. The results of this study showed that land use changes to agricultural lands, soil degradation, quantitative and qualitative decline in groundwater, and climate change in the study area have caused desertification, and if current conditions continue, desertification will intensify. Although agricultural development has expanded between 2011 and 2021, the adverse consequences

of desertification, land degradation, and the reduction of the ecological capacity of water and soil resources have not been addressed. Therefore, implementing sustainable agricultural development is one of the important strategies for sustainable land management according to FAO (12). In the years 2011 to 2021, investment in agriculture and mechanization has increased and the cultivation pattern has changed. Currently, instead of plants with high water requirements, plants with low water requirements but high economic potential are used. Therefore, it is expected that by changing the cultivation pattern and achieving sustainable development in the future, the expansion of desertification will be reduced in the study area. Investment in institutional infrastructure, employment, and agricultural product yield all benefit from development in Balajam Plain, and is a key example of creating food security in society. The negative impacts of agricultural development, such as the quantitative and qualitative degradation of underground water, soil degradation, and the switch to agricultural land use, as well as the climatic expansion of desertification, are visible. Agriculture and food security are particularly important in the 7th five-year development plan of the country politicians, decision-makers should also consider knowledge-based agricultural development management plans and methods instead of source-oriented. According to these results, it can be seen that the Balajam Plain has been experiencing an increase in desertification between 2011 and 2021. Therefore, agricultural development is very effective in enhancing food security, and with development in this sector, food security will increase. But the region's production of agricultural products has decreased due to the intensity of desertification. The authors of this study suggest solutions such as - cultivating crops with low water requirements and modifying planting patterns, - investing in implementing projects to combat desertification and developing knowledge-based rather than resource-based agriculture.

Keywords: Ecological security; Land degradation; Land use changes; Human activities

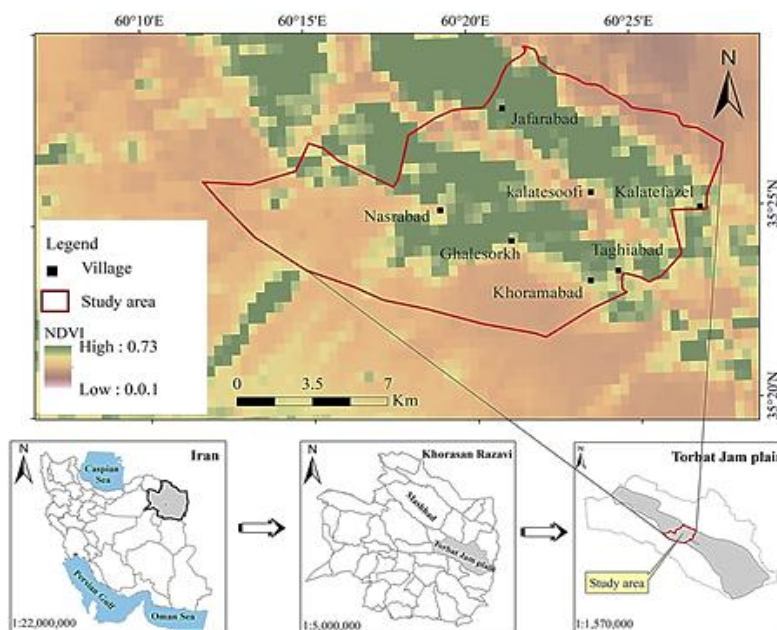


Fig 1. Geographical location of Balajam Plain in northeast Iran

Table 1. The evaluated criteria for agricultural development of the Balajam Plain from 2011 to 2021

Effect	Criteria	Index	Reference	FAO Indicators
Positive effects	Investment	Infrastructure development	(37, 16)	Access to improved water resources, the percentage of arable land equipped with irrigation
		Institutional development		
		Development of mechanization		
		Human resource development		
	Employment	Employment	(40, 22)	Average value of food production, diversity of food production per capita
	Production and efficiency	Cultivated area		
		Increase efficiency		

Table 2. Important criteria for evaluating the intensity of desertification in the Balajam Plain between 2011 and 2021 (2, 5, 41)

Indice	Sub Criteria	Criteria
Annual rainfall		Climate
Aridity Index		
Drought		
Groundwater level	Quantity	Groundwater
EC ($\mu\text{mohs/cm}$)	Quality	
SAR		
CL (mg/lit)		
Soil texture		Soil
EC (ds/m)		
SAR		
NDVI ¹		Land use change

Table 3. Desertification intensity classes based on IMDPA model (2, 5, 33, 41)

Class	Range	Desertification intensity class
I	0-1.5	Low
II	1.6-2.5	Moderate
III	2.6-3.5	High
IV	3.6-4	Very High

Table 4. Infrastructural development in the agricultural sector of Balajam Plain from 2011 to 2021

Year	New irrigation network (km ²)	Water transfer by pipe (m)	Land leveling (km ²)	Advanced channel development (m)	Investment (million Rials)
2011	0.6	4000	0.45	700	-
2012	0.7	6000	0.65	800	1560
2013	1.05	9000	0.9	1000	2610
2014	2	14000	1.2	1200	3320
2015	2.9	20000	1.6	1600	5100
2016	3.6	27000	2	2050	6250
2017	7.4	3500	2.5	2550	7300
2018	9.15	27500	3	3050	9700
2019	10.8	50500	3.6	3600	11300
2020	12.1	63500	4.2	4200	13400
2021	13.4	77000	4.85	4800	14800

Table 5. Institutional development of the agricultural sector in the Balajam Plain of Nasrabad District from 2011 to 2021.

Year	Vegetable greenhouse (m ²)	Rural cooperative company	Seed processing workshop	Non-governmental service center	Plant protection clinic	Agricultural equipment production workshop	Investment (million Rials)
2011	3000	1	0	0	1	1	2350
2012	4000	1	0	1	2	1	3400
2013	5000	2	1	1	2	1	2050
2014	6500	2	1	2	2	1	2000
2015	7500	3	1	2	2	2	3300
2016	9000	3	1	2	3	2	2800
2017	11000	3	1	2	4	2	3400
2018	13000	3	1	2	5	2	3650
2019	15500	3	1	3	6	2	5400
2020	18000	3	1	3	6	2	5000
2021	21000	3	1	3	7	2	7700

¹ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Table 6. The state of mechanization in the agricultural sector of Balajam Plain in Nasrabad District

Year	The variety of tractors	Number of implements	Number of grain harvesters	Mechanization level*	Investment (million Rials)
2011	215	340	0	1.2	1850
2012	220	346	0	1.27	2720
2013	236	366	0	1.35	13430
2014	242	371	0	1.41	3340
2015	252	377	0	1.47	5427
2016	287	390	0	1.53	18103
2017	306	408	0	1.6	19200
2018	339	416	0	1.71	24154
2019	349	437	1	1.89	28120
2020	370	464	2	2.1	47110
2021	396	488	2	2.13	53657

* The level of mechanization is Total power/Cultivated area

Table 7. Development of employment and active human in the agricultural sector of Balajam Plain, Nasrabad District

Year	Farmer	Agricultural expert and technician	Plant pathologists	Professional driver of agricultural machinery	Permanent labor	Seasonal labor
2011	1305	3	1	5	264	950
2012	1329	3	2	7	271	978
2013	1379	13	4	7	278	1046
2014	1415	13	4	8	291	1087
2015	1467	14	4	9	293	1135
2016	1519	14	5	13	298	1212
2017	1569	14	5	13	303	1231
2018	1608	16	6	16	321	1257
2019	1644	17	6	19	337	1301
2020	1683	18	7	21	341	1319

Table 8. Cultivated area, production and yield of agricultural products in the Balajam Plain

	2011			2016			2021		
	Cultivated area (km ²)	Production (ton)	Yield (ton/km ²)	Cultivated area (km ²)	Production (ton)	Yield (ton/km ²)	Cultivated area (km ²)	Production (ton)	Yield (ton/km ²)
Wheat	31.55	11044	350	18.90	7938	420	16.50	6600	400
Barley	13.20	4224	320	9.50	3325	350	9.40	2820	300
Sugar beet	4.35	18270	4200	3.50	21700	6200	3.10	16120	5200
Forage corn	3.15	16380	5200	2.20	11000	5000	1.20	7200	6000
Tomato	3.96	15048	3800	4.62	15708	3400	1.10	4950	4500
Potato	1.98	7326	3700	0.88	2904	3300	0.80	2800	3500
Saffron	5.10	1.02	0.2	8.65	2.42	0.28	12.80	5.38	0.42

Table 9. Climate indicators in the study area

Year	Annual rainfall (mm)	Average annual temperature (C)	Aridity index
2011	168	16.38	10.25
2012	108.5	15.87	6.83
2013	91.5	16.38	5.58
2014	121.9	17.23	7.07
2015	117.3	16.3	7.19
2016	101.6	17.12	5.93
2017	178.1	16.54	10.76
2018	246	16.24	15.14
2019	203.5	15.52	13.11
2020	111.5	17.22	6.47

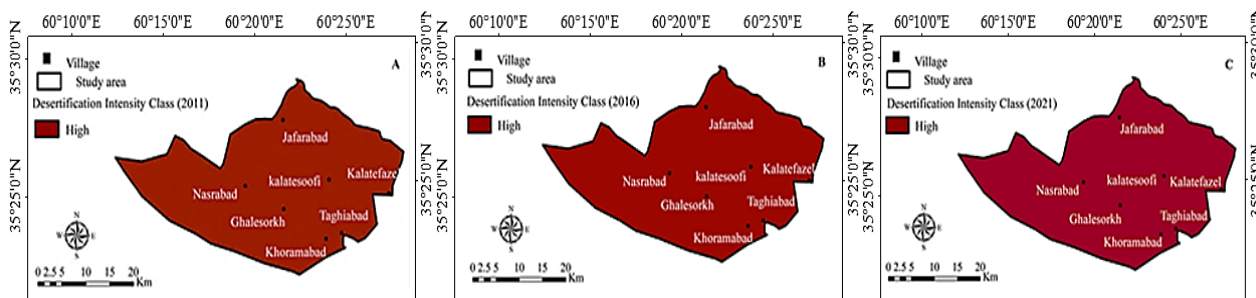


Fig 2. Desertification intensity map, based on the climate criteria with three indicators; annual precipitation, aridity and drought in the study area (2011-A, 2016-B and 2021-C)

Table 10. Changes in the cultivated area of agricultural products in the Balajam Plain

Year	Cultivated area (km ²)	Percent (%)
2011	50.26	28.36
2016	76.42	43.12
2021	77.67	43.83

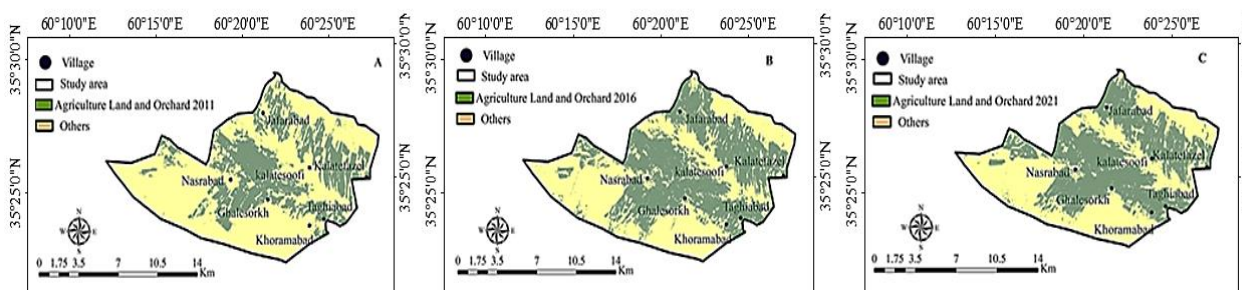


Fig 3. Map of changes in land use in Balajam Plain's agricultural lands during 2011(A), 2016(B), and 2021(C)

Table 11. Area and percent of desertification intensity classes based on the groundwater criteria

Year	Desertification Intensity Class	Area (km ²)	Percent (%)
2011	Moderate	14.73	8.31
	High	161.80	91.31
2016	High	177.20	100
2021	High	177.20	100

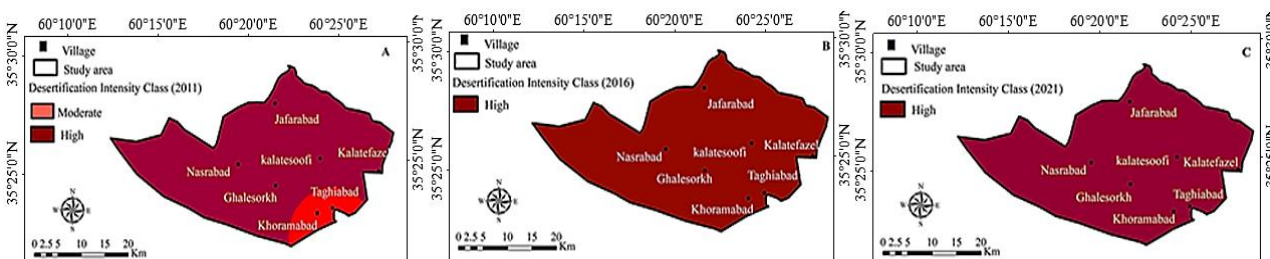


Fig 4. Desertification intensity map based on the underground water criteria for 2011(A), 2016(B), and 2021(C)

Table 12. The area and percent of desertification intensity classes determined by soil criteria.

Year	Desertification intensity class	Area (km ²)	Percent (%)
2011	Moderate	177.20	100
2016	Moderate	177.20	100
2021	Moderate	177.20	100

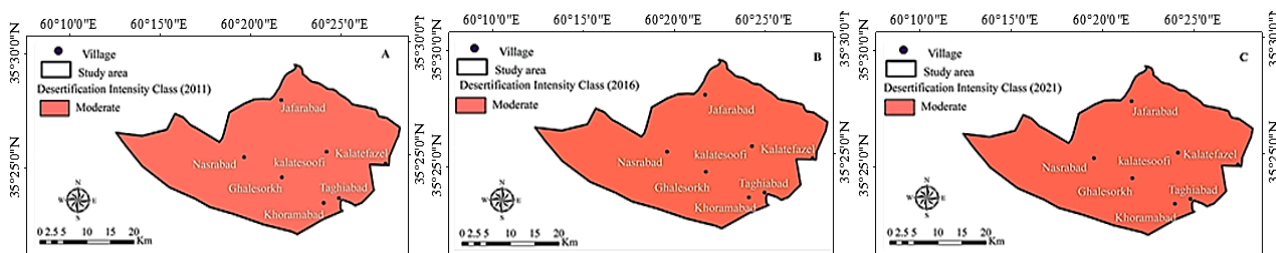


Fig 5. Desertification intensity map based on the soil criteria (2011-A, 2016-B and 2021-C

Table 13. The area and percent of desertification intensity class of Balajam Plain based on IMDPA model

Year	Desertification Intensity class	Area (km ²)	Percent (%)
2011	Moderate	177.20	100
	High	0	0
2016	Moderate	133.25	75.20
	High	43.29	24.43
2021	Moderate	111.96	63.18
	High	64.57	36.43

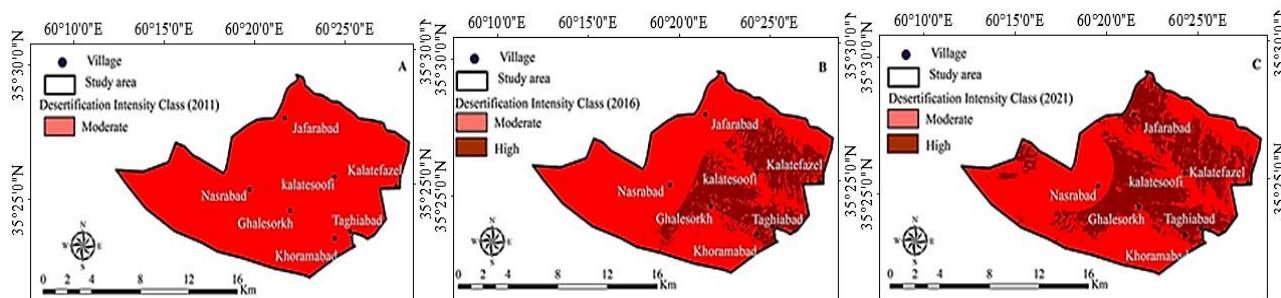


Fig 6. Desertification intensity zoning map based on the IMDPA model in the Balajam Plain for 2011(A), 2016(B), and 2021(C)



ارزیابی کمی تأثیر توسعه کشاورزی بر امنیت غذایی و خطر بیابان‌زایی در دشت بالاجام شهرستان تربت جام، استان خراسان رضوی

مصطفی رضوانی مقدم^۱، مرتضی اکبری^{۲*}، مژگان ثابت تیموری^۲، شجاعت زارع^۴

۱. کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
 ۲. دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
 ۳. استادیار گروه مدیریت و برنامه‌ریزی گردشگری، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران.
 ۴. استادیار بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
- * نویسنده مسئول: m-akbari@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۱

doi [10.22034/JDMAL.2024.2037535.1475](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2037535.1475)

چکیده

بیابان‌زایی، تهدیدی جدی برای تمامی بوم‌سازگان به‌ویژه مناطق خشک می‌باشد. به طوری‌که، امروزه با گسترش فعالیت‌های انسانی از جمله کشاورزی، بیابان‌زایی نیز شدت یافته‌است. لذا، پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این پرسش که آیا توسعه کشاورزی علاوه بر افزایش امنیت غذایی، تأثیرهای خسارت‌بار محیطی نیز به همراه خواهد داشت، انجام شد. بنابراین، در ابتدا تأثیر توسعه کشاورزی با استفاده از شاخص‌هایی همچون عملکرد و تولید، سرمایه‌گذاری در توسعه زیرساختی، نهادی، اشتغال و مکانیزاسیون انجام و سپس شدت بیابان‌زایی با استفاده از معیارهای اقلیم، خاک، تغییر کاربری‌اراضی و شاخص‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی با استفاده از مدل IMDPA محاسبه شد. این پژوهش در دشت بالاجام شهرستان تربت‌جام که از قطب‌های مهم کشاورزی در خراسان رضوی است، در دوره آماری ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ انجام شد. نتایج ارزیابی تأثیر توسعه کشاورزی نشان داد که منطقه مورد بررسی از نظر شاخص‌های توسعه‌ای کشاورزی، اشتغال و درآمدزایی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ روند افزایشی داشته است. در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ به ترتیب مقدار سرمایه‌گذاری از ۱۵۶۰ میلیون ریال به ۱۴۸۰۰ میلیون ریال رسیده و در حدود ۲۴/۹۵km² از اراضی نیز تسطیح و نوسازی شده‌اند. در نتیجه این اقدامات، مقدار تولید و عملکرد در هکتار برای محصولات کلیدی همچون گندم، جو، چغندر قند و ذرت علوفه‌ای افزایش یافته است. اما از بُعد تخریب سرزمین و بیابان‌زایی، نتایج بیانگر آن است که ۳۷ و ۶۳ درصد منطقه به ترتیب در طبقه شدید و متوسط بیابان‌زایی قرار دارند. به طوری‌که بیشترین تأثیر بر بیابان‌زایی دشت بالاجام به ترتیب مربوط به معیارهای اقلیمی، آب زیرزمینی، تغییر کاربری و کاهش کیفیت خاک بوده که موجب تخریب منابع پایه و بوم‌شناختی شده و در نتیجه امنیت غذایی را با خطر جدی مواجه ساخته است.

واژگان کلیدی: امنیت بوم‌شناختی؛ تخریب سرزمین؛ تغییر کاربری؛ فعالیت‌های انسانی

استناد به این مقاله

رضوانی مقدم، مصطفی، اکبری، مرتضی، ثابت تیموری، مژگان و زارع، شجاعت. (۱۴۰۳). ارزیابی کمی تأثیر توسعه کشاورزی بر امنیت غذایی و خطر بیابان‌زایی در دشت بالاجام شهرستان تربت جام، استان خراسان رضوی. مدیریت بیابان، ۳(۱۲)، ۳۱-۵۴.

DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2037535.1475](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2037535.1475)



■ مقدمه

از قرن گذشته تاکنون، بیابان‌زایی به عنوان مخاطره محیطی موجب کاهش توان بوم‌شناختی سرزمین در بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه شده است (۳۵، ۳۷). نتیجه وقوع و گسترش این فرآیند، تخریب شدید سرزمین و از بین رفتن بیشتر منابع بوم‌شناختی بوده است (۱۴، ۲۵). کاهش توان اراضی به دلیل عملکرد فرآیندهای مخربی همچون کاهش کمیت و کیفیت منابع آب، فرسایش آبی و بادی، از بین رفتن پوشش گیاهی، ماندابی شدن، شور و قلیایی شدن خاک رخ داده و سبب تشدید بیابان‌زایی خواهد شد (۳، ۲۲). نتایج گزارش‌های رسمی نشان می‌دهد که یک چهارم اراضی خشک جهان تحت تأثیر فرآیند بیابان‌زایی است (۵، ۳۳). کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل^۱ (۱۹۹۴)، بیابان‌زایی را تخریب سرزمین در نتیجه عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی در مناطق خشک، نیمه خشک و خشک جنب مرطوب، تعریف نمود (۳۴، ۳۵)، که تأثیرهای جدی بر جمعیت‌های آسیب‌پذیر کشورهای در حال توسعه داشته است (۱۰، ۳۸، ۷). در حال حاضر، فعالیت‌های گسترده و نابخرادانه انسانی مانند؛ تغییر کاربری اراضی طبیعی و تبدیل آنها به کشاورزی و مناطق مسکونی به یکی از نگرانی‌های مهم محیط زیستی در جهان تبدیل شده است (۲۲، ۲۹). براساس گزارش بین‌المللی در دوره آنتروپوسن، تخریب سرزمین عمدتاً نتیجه اقدام‌ها و فعالیت‌های انسانی بوده که با بهره‌برداری نامناسب، موجب کاهش مطلوبیت، تنوع زیستی، حاصلخیزی خاک و سلامت کلی زمین شده است. امروزه، زمین در سراسر جهان به سرعت در حال تخریب است. با این حال، شیوه‌های کشاورزی کنونی موجب شده خاک‌ها در سرتاسر جهان ۱۰۰ برابر سریع‌تر از فرآیندهای طبیعی فرسایش پیدا کنند (۳۶). هرچند تأثیر کشاورزی بر کاهش فقر و گرسنگی و نقش آن در توسعه پایدار، بسیار کلیدی است، اما هنوز بسیاری از فعالیت‌های مبتنی بر کشاورزی تهدیدی برای پایداری بلند مدت محیطی محسوب می‌شوند (۳۲، ۱۹) به طوریکه، از

مهمترین نشانه‌های آن می‌توان به استفاده نامتوازن از منابع آبی، از بین رفتن اراضی کشاورزی و خسارت به زیستگاه‌های طبیعی اشاره نمود (۳، ۹، ۳۱). براساس پژوهش‌های انجام شده توسط فائو^۲ و برنامه محیط زیست ملل متحد^۳ در دهه‌های گذشته، بیش از ۱۳۸ کشور و بیش از ۳۳٪ از سطح اراضی جهان از تخریب سرزمین و بیابان‌زایی متاثر شده‌اند و در حدود ۹۳٪ از مراتع در مناطق خشک و ۴۷٪ از اراضی کشاورزی دیم در معرض تخریب قرار گرفته‌اند (۸). در حدود ۵۰۰ میلیون نفر از مردم جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که از دهه هشتاد میلادی تاکنون، اشکال مختلف تخریب سرزمین و بیابان‌زایی را تجربه کرده‌اند. امروزه، بیابان‌زایی مشکلات موجود اجتماعی-اقتصادی و محیطی مانند؛ فقر، سلامت، امنیت غذایی، کاهش تنوع زیستی، کمبود آب، مهاجرت اجباری و کاهش تاب‌آوری را تشدید می‌کند (۳۶، ۲۷).

نتایج پژوهش‌های انجام شده در جهان نشان می‌دهند که در حال حاضر بیش از دو میلیارد نفر در شرایط ناامنی غذایی شدید زندگی می‌کنند و به طور منظم به غذای ایمن، مغذی و کافی دسترسی ندارند (۱۵). گزارش هیات بین دول تغییرات آب و هوایی سازمان ملل^۴ نیز به افزایش شدت تخریب سرزمین به دلیل گسترش اراضی تولیدی کشاورزی در جهان اشاره نموده است (۳۰، ۲۴). با توجه به اهمیت موضوع، هدف آرمانی کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل، آینده‌ای است که در آن از وقوع و گسترش بیابان‌زایی جلوگیری شده، شدت آن کاهش و یا روند آن معکوس شود. در آن زمان جهان، به بیلان صفر تخریب سرزمین منطبق با اهداف ۲۰۳۰ سازمان ملل برای توسعه پایدار دست خواهد یافت (۳۶) اما، امروزه در مقیاس جهانی، کشاورزی سنتی و صنعتی، افزایش تقاضا برای محصولات حیوانی به‌طور قابل توجهی سیمای سرزمین طبیعی را تغییر داده است (۳۰). توسعه این شرایط باعث شدت تخریب بیشتر و گسترش بیابان‌زایی در مناطق مختلف جهان شده است (۳۷).

³ United Nations Environment Programme (UNEP)

⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC)

¹ United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)

² Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

علاوه بر تاکید بر جنبه‌های مثبت آن یعنی بهبود شرایط اجتماعی-اقتصادی، باید تأثیرهای توسعه کشاورزی بر گسترش تخریب سرزمین و بیابان‌زایی نیز مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این پرسش که آیا توسعه کشاورزی علاوه بر افزایش امنیت غذایی، اثرات خسارت‌بار محیطی نیز به همراه خواهد داشت، انجام شد. این پژوهش دارای نوآوری بوده و نتایج آن می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آینده منطقه مورد مطالعه و دیگر اراضی مشابه با اقلیم خشک از بُعد توسعه کشاورزی با حفظ منابع زیستی و طبیعی، موثر و مفید واقع شود.

■ مواد و روش

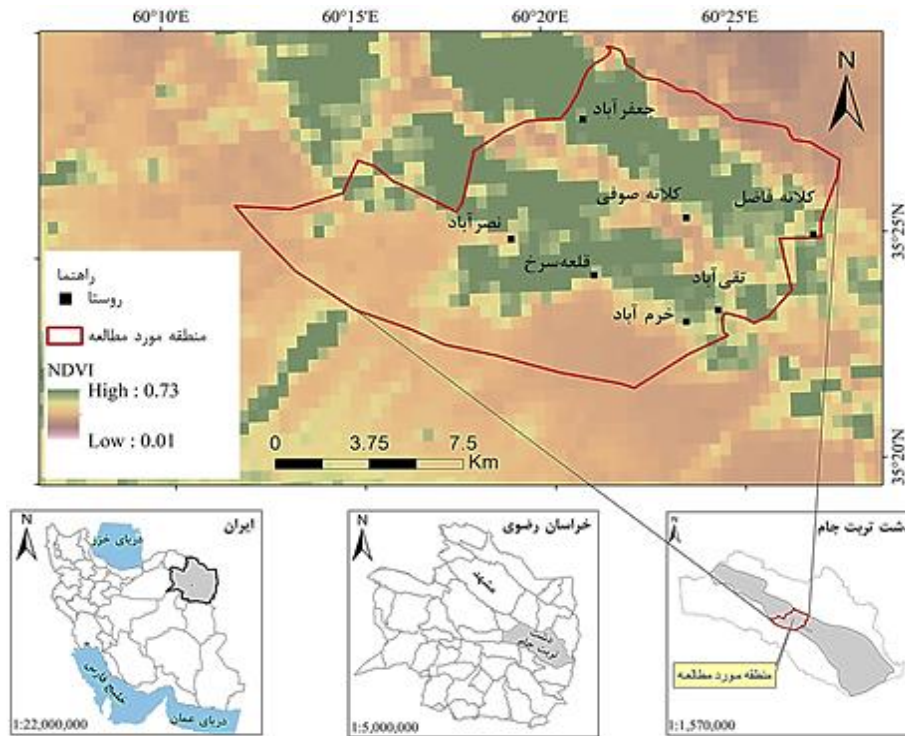
معرفی منطقه مورد بررسی

شهرستان تربت جام در شرق استان خراسان رضوی در $35^{\circ}20'$ تا $35^{\circ}30'$ شمالی و $60^{\circ}12'$ تا $60^{\circ}28'$ شرقی واقع شده است. بخش نصرآباد در این شهرستان، در ارتفاع 1060 m از سطح آب‌های آزاد، در حدود 2200 km^2 وسعت داشته و دارای دو دهستان به نام‌های بالاچام به مرکزیت شهر نصرآباد و کاریزان به مرکزیت روستای کاریزان می‌باشد (شکل ۱). دشت بالاچام در دهستان بالاچام از شمال به دهستان کاریزان و از جنوب به شهر تربت جام مشرف بوده که دارای آب و هوای خشک می‌باشد. تعداد روستاهای واقع در این دشت ۲۵ روستا با جمعیتی بالغ بر ۱۹ هزار نفر بوده که ۸۸٪ جمعیت منطقه مورد مطالعه به کشاورزی و دامداری مشغول می‌باشند. دشت بالاچام بخش نصرآباد با وجود ۱۲۷ حلقه چاه عمیق، ۱۷ دهنه قنات و یک رشته رودخانه دائمی و اراضی مرغوب نقش مهمی در تولید و درآمد مردمان شهرستان تربت جام دارد. تعداد ۳۴۵۰ نفر بهره‌بردار کشاورزی در بخش‌های زراعت، دامداری و باغداری فعالیت دارند. وسعت اراضی کشاورزی منطقه جمعاً $167/5\text{ km}^2$ است که 80 km^2 را اراضی آبی و بالغ بر $87/5\text{ km}^2$ را کشت دیم تشکیل داده است (۱).

دشت پهناور بالاچام با منابع آب فراوان، خاک غنی و حاصلخیز یکی از قطب‌های مهم کشاورزی خراسان رضوی و شهرستان تربت جام محسوب می‌شود.

در ارتباط با تاثیر توسعه کشاورزی و فعالیت‌های مرتبط با آن بر گسترش بیابان‌زایی، پژوهش‌های بسیاری در ایران و سایر کشورهای جهان انجام شده است که می‌توان به ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی طبس در شرق ایران براساس شاخص‌های بیابان‌زایی تکنوژنیک و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اشاره نمود. در آن پژوهش، ارزش کمی شدت بیابان‌زایی برای شهرستان طبس در سال ۱۹۸۶، $1/89\%$ اراضی در کلاس متوسط بیابان‌زایی و در سال ۲۰۱۷، $7/13\%$ در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار گرفته‌اند (۲۱). علاوه بر آن در پژوهشی دیگر در شمال استان خوزستان در ارتباط بین معیارهای بیابان‌زایی، تغییر کاربری اراضی و ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA، نتایج، بیانگر افزایش شدت بیابان‌زایی از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۲ بوده و تغییر کاربری مراتع به اراضی کشاورزی و سکونتگاهی، بیشترین تأثیر را در گسترش بیابان‌زایی شمال استان خوزستان داشته است (۶). نتایج پژوهشی که با موضوع بیابان‌زایی و توسعه کشاورزی در هند انجام شده است، نشان داد که تأثیر بیابان‌زایی بر کاهش کیفیت زمین و اثرات اقتصادی آن جدی بوده و برای کاهش و جلوگیری از شدت بیابان‌زایی، نیاز به توجهات جهانی دارد (۸). گزارش UNCCD (۲۰۲۰)، با موضوع کشاورزی و چالش‌های بیابان‌زایی در قاره آفریقا بیانگر آنست که امروزه تغییر اقلیم و گرمایش زمین، چهره اراضی را دچار دگرگونی ساخته و اگر با سایر عوامل تخریبی همچون بیابان‌زایی همراه گردد باعث از بین رفتن بیشتر محصولات کشاورزی، دامداری و منابع آبی خواهد شد (۳۵). در کشورهای اسپانیا و ایتالیا (۲۰، ۲۶، ۲۷) و همچنین در کشورهای اطراف دریای مدیترانه (۴۰)، نیز فعالیت‌های کشاورزی سبب کاهش کیفیت و کمیت منابع آب و خاک در آن منطقه شده است.

امنیت غذایی و ارتباط آن با منابع پایه از جمله آب، خاک، منابع طبیعی و محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برای کارشناسان منابع زمینی برخوردار است. وقتی توان تولیدی منابع بوم‌شناختی همچون آب، خاک و پوشش گیاهی به‌طور کمی و کیفی کاهش یابد، بیابان‌زایی گسترش خواهد یافت. لذا، براساس ضرورت و اهمیت امنیت غذایی و توسعه کشاورزی در برنامه‌های مدیریتی پنج ساله کشور،



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت بالاجام، در شمال شرق ایران

انتخاب معیارهای مناسب برای ارزیابی اثرات توسعه کشاورزی با تأکید بر امنیت غذایی و همچنین ارزیابی خطر بیابان‌زایی در این مرحله برای سنجش و ارزیابی اثر توسعه کشاورزی از معیارهای تولید و عملکرد، سرمایه‌گذاری و اشتغال استفاده شد (جدول ۱). تجزیه و تحلیل آماری در پژوهش حاضر در مدت ۱۰ سال از ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ انجام شده است. برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی نیز از معیارهای اقلیم، آب، خاک و کشاورزی برای دشت بالاجام استفاده شد. انتخاب این معیارها، علاوه بر کلیدی و تاثیرگذار بودن در منطقه مورد مطالعه براساس داده‌های موجود و قابل دسترس انجام شده است (جدول ۲). لازم به توضیح است که در انتخاب شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش خواه در ارزیابی اثر توسعه کشاورزی در امنیت غذایی و خواه در ارزیابی شدت بیابان‌زایی، علاوه بر بررسی انجام شده، بازدید میدانی، از نظرات کارشناسان اجرایی نیز استفاده شده است.

تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی

در این مرحله، هریک از معیارهای بیابان‌زایی اشاره شده در جدول ۲، بررسی، ارزیابی و با استفاده از مدل IMDPA با یکدیگر ادغام شدند و نقشه نهایی پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی دشت بالاجام طبق رابطه ۱ به دست آمد.

با توجه به اینکه اصلی‌ترین منبع تامین‌کننده آب کشاورزی تربت‌جام، سفره‌های زیرزمینی و چاه‌های عمیق کشاورزی است، افزایش برداشت آب و کاهش بارندگی موجب شده است هر ساله سطح آب ۱m تا ۱/۵m افت داشته باشد که در صورت عدم مدیریت مناسب و ادامه روند فعلی، کشاورزی تربت‌جام با چالش جدی روبرو خواهد شد (۱).

روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر در دو گام اصلی انجام شد؛ گام اول؛ ارزیابی تأثیر و جنبه‌های مثبت توسعه کشاورزی و گام دوم؛ ارزیابی ارزیابی شدت بیابان‌زایی ناشی از توسعه کشاورزی است که در مدت ۱۰ سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ صورت گرفت. با بررسی این دو گام، نتایج به دست آمده با شاخص‌های فائو در موضوع امنیت غذایی متناسب با شرایط منطقه مورد بررسی مورد تحلیل و ارزیابی قرار خواهد گرفت. آمار و اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش، با استفاده از منابع موجود در ادارات و سازمان‌های اجرایی مانند؛ سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، اداره جهاد کشاورزی شهرستان تربت جام و همچنین بازدید مکرر میدانی جمع‌آوری شد.

جدول ۱. معیارهای مورد ارزیابی در توسعه کشاورزی دشت بالاجام در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

تاثیر	معیار	شاخص	منبع	شاخص‌های فائو
اثرات مثبت	سرمایه‌گذاری	توسعه زیرساختی توسعه نهادی توسعه مکانیزاسیون توسعه نیروی انسانی	(۳۷، ۱۶)	دسترسی به منابع آب بهبود یافته، درصد زمین‌های زراعی مجهز به آبیاری
	اشتغال تولید و عملکرد	اشتغال سطح زیر کشت افزایش عملکرد	(۴۰، ۱۲)	ارزش متوسط تولید مواد غذایی، تنوع تولید سرانه مواد غذایی

جدول ۲. معیارهای مهم برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت بالاجام در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ (۲، ۵، ۴۱)

معیار	زیر معیار	شاخص
اقليم	كمی	بارش سالانه شاخص خشکی خشكسالی
		سطح آب زیرزمینی EC (μmohs/cm)
آب زیرزمینی	كیفی	SAR Cl (mg/lit)
		بافت خاک EC (ds/m)
خاک	تغییر کاربری اراضی	SAR NDVI ¹

با توجه به اینکه پژوهش حاضر از دو جنبه به اثر توسعه کشاورزی پرداخته است و نتایج بدست آمده نیز با شاخص‌های فائو از منظر امنیت غذایی مقایسه می‌شوند، لذا، در ابتدا نتایج مربوط به معیارها و شاخص‌های توسعه کشاورزی ارائه شده است.

ارزیابی اثرات توسعه کشاورزی

معیار سرمایه‌گذاری و شاخص‌های توسعه زیرساختی

نتایج بررسی زیرساخت‌های بخش کشاورزی نشان داد که در دشت بالاجام در مدت سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ زیرساخت‌هایی همچون شبکه آبیاری، انتقال آب، تسطیح اراضی، توسعه کانال‌ها و سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی، توسعه یافته و روند اجرای پروژه‌ها در این بخش در منطقه مورد مطالعه نیز روند صعودی داشته است (جدول ۴). سرمایه‌گذاری در این بخش بیشتر به علت اهمیت بسیار فراوان زیرساخت‌های مورد نیاز کشاورزی بوده است.

تمامی مراحل تجزیه و تحلیل داده‌ها و فرآیند درون‌یابی در محیط نرم‌افزاری GIS صورت گرفت. ساختار لایه‌های اطلاعاتی به صورت رستری بوده و ضرب شاخص‌ها برای محاسبه ارزش عددی و کلاس معیارها، به صورت میانگین هندسی انجام شد. ارزش‌گذاری هریک از طبقه‌های شدت بیابان‌زایی براساس مدل IMDPA طبق جدول ۳ انجام شد.

$$DIM = (C * GW * S * LU)^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

در این رابطه:

C معیار اقلیم، GW معیار آب زیرزمینی، S معیار خاک و LU معیار کاربری اراضی است که به صورت میانگین هندسی در یک دیگر ضرب شده‌اند. نتیجه رابطه فوق، نقشه شدت بیابان‌زایی DIM^۲ است.

نتایج

¹ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

² Desertification Intensity Map

براساس نتایج جدول ۴، در مدت ده سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰، میزان سرمایه‌گذاری در کشاورزی دشت بالاجام از ۱۵۶۰ میلیون ریال به ۱۴۸۰۰ میلیون ریال افزایش یافته است. روند تسطیح و نوسازی اراضی نیز صعودی بوده و در این مدت، از $۰/۴۵\text{km}^2$ به $۴/۸۵\text{km}^2$ رسیده است. بررسی توسعه کانال‌های پیشرفته انتقال آب در منطقه مورد مطالعه نشان داد که در سال ۱۳۹۰، به طول ۷۰۰ m بوده و در سال ۱۴۰۰ این مقدار به ۴۸۰۰ m رسیده و توسعه انتقال آب با لوله نیز از ۴ km به ۷۷ km در مدت ۱۰ سال رخ داده است.

معیار سرمایه‌گذاری و شاخص توسعه نهادی میزان توسعه و سرمایه‌گذاری نهادی در بخش کشاورزی نیز در بازه زمانی ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ در دشت بالاجام روند صعودی داشته و میزان توسعه و سرمایه‌گذاری در بخش‌های دولتی-خصوصی و در بخش‌های مختلف نهادی همچون توسعه گلخانه‌ای، شرکت‌های تعاونی، کارگاهی و کلینیکی افزایشی بوده است (جدول ۵).

جدول ۳. کلاس‌های شدت بیابان‌زایی براساس مدل IMDPA (۲، ۵، ۳۳ و ۴۱)

کلاس	دامنه طبقات	طبقات شدت بیابان‌زایی
I	صفر تا ۱/۵	کم و ناچیز
II	۱/۵ - ۲/۵	متوسط
III	۲/۵ - ۳/۵	شدید
IV	۳/۵ - ۴	خیلی شدید

جدول ۴. توسعه زیرساختی در بخش کشاورزی دشت بالاجام در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

سال	شبکه آبیاری نوین (km^2)	انتقال آب با لوله (m)	تسطیح و نوسازی اراضی (km^2)	توسعه کانال پیشرفته (m)	سرمایه‌گذاری (میلیون ریال)
۱۳۹۰	۰/۶	۴۰۰۰	۰/۴۵	۷۰۰	-
۱۳۹۱	۰/۷	۶۰۰۰	۰/۶۵	۸۰۰	۱۵۶۰
۱۳۹۲	۱/۰۵	۹۰۰۰	۰/۹	۱۰۰۰	۲۶۱۰
۱۳۹۳	۲	۱۴۰۰۰	۱/۲	۱۲۰۰	۳۲۲۰
۱۳۹۴	۲/۹	۲۰۰۰۰	۱/۶	۱۶۰۰	۵۱۰۰
۱۳۹۵	۳/۶	۲۷۰۰۰	۲	۲۰۵۰	۶۲۵۰
۱۳۹۶	۷/۴	۳۵۰۰	۲/۵	۲۵۵۰	۷۳۰۰
۱۳۹۷	۹/۱۵	۲۷۵۰۰	۳	۳۰۵۰	۹۷۰۰
۱۳۹۸	۱/۰۸	۵۰۵۰۰	۳/۶	۳۶۰۰	۱۱۳۰۰
۱۳۹۹	۱۲/۱	۶۳۵۰۰	۴/۲	۴۲۰۰	۱۳۴۰۰
۱۴۰۰	۱۳/۴	۷۷۰۰۰	۴/۸۵	۴۸۰۰	۱۴۸۰۰

جدول ۵. توسعه نهادی بخش کشاورزی دشت بالاجام بخش نصرآباد در مدت سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

سال	گلخانه سبزی و صیفی (m^2)	تعداد شرکت تعاونی روستایی	تعداد کارگاه بوجاری بذر	تعداد مرکز خدمات غیر دولتی	تعداد کلینیک گیاهپزشکی	تعداد کارگاه تولید ادوات کشاورزی	سرمایه‌گذاری (میلیون ریال)
۱۳۹۰	۳۰۰۰	۱	صفر	صفر	۱	۱	۲۳۵۰
۱۳۹۱	۴۰۰۰	۱	صفر	۱	۲	۱	۳۴۰۰
۱۳۹۲	۵۰۰۰	۲	۱	۱	۲	۱	۲۰۵۰
۱۳۹۳	۶۵۰۰	۲	۱	۲	۲	۱	۲۰۰۰
۱۳۹۴	۷۵۰۰	۳	۱	۲	۲	۲	۳۳۰۰
۱۳۹۵	۹۰۰۰	۳	۱	۲	۳	۲	۲۸۰۰
۱۳۹۶	۱۱۰۰۰	۳	۱	۲	۴	۲	۳۴۰۰
۱۳۹۷	۱۳۰۰۰	۳	۱	۲	۵	۲	۳۶۵۰
۱۳۹۸	۱۵۵۰۰	۳	۱	۳	۶	۲	۵۴۰۰
۱۳۹۹	۱۸۰۰۰	۳	۱	۳	۶	۲	۵۰۰۰
۱۴۰۰	۲۱۰۰۰	۳	۱	۳	۷	۲	۷۷۰۰

مکانیزاسیون به شرط رعایت اصول توسعه پایدار، عامل اصلی تحرک در رشد مداوم سطوح کمی و کیفی تولید در تمامی بخش‌ها است. به منظور دستیابی به امنیت غذایی برای جامعه، باید بخش کشاورزی از مرحله تولید سنتی و معیشتی گذرکرده و به تولید تجاری-صنعتی دست یابد. کاربرد ماشین‌آلات می‌تواند موجب افزایش تولید و درآمد کشاورزان در این بخش شود. نتایج نشان داد که میزان سرمایه‌گذاری، توسعه ضریب مکانیزاسیون و افزایش ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی در دوره زمانی ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ افزایشی بوده است (جدول ۶).

علت اصلی سرمایه‌گذاری نهادی عمدتاً به دلیل اهمیت کشاورزی به‌عنوان منبع درآمد خانوارهای روستایی بوده است.

نتایج جدول ۵ بیانگر آن است که توسعه سطح گلخانه‌ها در دشت بالاچام طی مدت ۱۰ سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰، از ۳۰۰۰ مترمربع به ۲۱۰۰۰ مترمربع افزایش یافته و سرمایه‌گذاری نهادی نیز در این مدت از ۲۳۵۰ میلیون ریال به ۷۷۰۰ میلیون ریال رسیده است.

معیار سرمایه‌گذاری و شاخص توسعه شاخص مکانیزاسیون

جدول ۶. وضعیت مکانیزاسیون بخش کشاورزی دشت بالاچام بخش نصرآباد

سال	تعداد انواع تراکتور	تعداد ادوات	تعداد کمباین برداشت غلات	*ضریب سطح مکانیزاسیون	سرمایه‌گذاری (میلیون ریال)
۱۳۹۰	۲۱۵	۳۴۰	صفر	۱/۲	۱۸۵۰
۱۳۹۱	۲۲۰	۳۴۶	صفر	۱/۲۷	۲۷۲۰
۱۳۹۲	۲۲۶	۳۶۶	صفر	۱/۳۵	۱۳۴۳۰
۱۳۹۳	۲۴۲	۳۷۱	صفر	۱/۴۱	۳۳۴۰
۱۳۹۴	۲۵۲	۳۷۷	صفر	۱/۴۷	۵۴۲۷
۱۳۹۵	۲۸۷	۳۹۰	صفر	۱/۵۳	۱۸۱۰۳
۱۳۹۶	۳۰۶	۴۰۸	صفر	۱/۶	۱۹۲۰۰
۱۳۹۷	۳۳۹	۴۱۶	صفر	۱/۷۱	۲۴۱۵۴
۱۳۹۸	۳۴۹	۴۳۷	۱	۱/۸۹	۲۸۱۲۰
۱۳۹۹	۳۷۰	۴۶۴	۲	۱/۲	۴۷۱۱۰
۱۴۰۰	۳۹۶	۴۸۸	۲	۲/۱۳	۵۳۶۵۷

*واحد ضریب مکانیزاسیون (اسب بخار در سیستم متریک/سطح کل کشت) می‌باشد.

جدول ۷. توسعه اشتغال و نیروی انسانی فعال بخش کشاورزی دشت بالاچام بخش نصرآباد

سال	تعداد بهره بردار زراعی	تعداد کارشناس و تکنسین زراعی	تعداد گیاهپزشک	تعداد راننده حرفه‌ای ماشین‌های کشاورزی	تعداد نیروی کارگری ثابت	تعداد نیروی کارگری فصلی
۱۳۹۱	۱۳۰۵	۳	۱	۵	۲۶۴	۹۵۰
۱۳۹۲	۱۳۲۹	۳	۲	۷	۲۷۱	۹۷۸
۱۳۹۳	۱۳۷۹	۱۳	۴	۷	۲۷۸	۱۰۴۶
۱۳۹۴	۱۴۱۵	۱۳	۴	۸	۲۹۱	۱۰۸۷
۱۳۹۵	۱۴۶۷	۱۴	۴	۹	۲۹۳	۱۱۳۵
۱۳۹۶	۱۵۱۹	۱۴	۵	۱۳	۲۹۸	۱۲۱۲
۱۳۹۷	۱۵۶۹	۱۴	۵	۱۳	۳۰۳	۱۲۳۱
۱۳۹۸	۱۶۰۸	۱۶	۶	۱۶	۳۲۱	۱۲۵۷
۱۳۹۹	۱۶۴۴	۱۷	۶	۱۹	۳۳۷	۱۳۰۱
۱۴۰۰	۱۶۸۳	۱۸	۷	۲۱	۳۴۱	۱۳۱۹

بیانگر توسعه دانش در کشاورزی دشت بالاچام در سال‌های اخیر است. همچنین، کاهش سطح تراز آب‌های زیرزمینی و روند رو به کاهش آب‌دهی چاه‌های عمیق موجب شده تا سطح زیر کشت محصولات در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ کاهش یابد و به تبع آن تولید نیز با کاهش روبرو شده است. اما عملکرد به دلیل استفاده از ارقام گواهی شده از طریق اصلاح ژنتیکی شده که در برابر بیماری‌ها و تنش‌های خشکی مقاوم هستند، با افزایش روبرو و آن نشان دهنده استفاده از روش‌های نوین کشاورزی در دشت است. همچنین افزایش سطح زیر کشت زعفران نیز بیانگر گرایش الگوی کشت به سمت محصولات کم آب‌خواه ولی با ارزش اقتصادی بیشتر است که نشان از سرمایه‌گذاری در این بخش از توسعه کشاورزی می‌باشد.

ارزیابی اثرات توسعه کشاورزی با تاکید بر شاخص‌های امنیت غذایی

تحلیل و ارزیابی اثرات توسعه کشاورزی و نقش آن در افزایش امنیت غذایی نشان داد که در دشت بالاچام شهرستان تربت جام، سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغات از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ افزایش و از $50/25 \text{ km}^2$ در سال ۱۳۹۰ به $77/67 \text{ km}^2$ در سال ۱۴۰۰ رسیده است.

تحلیل اطلاعات آماری در خصوص مساحت اراضی باغی و زراعی، بیانگر آنست که تولید و عملکرد در برخی محصولات کاهش و در برخی محصولات دیگر روند افزایشی داشته است. ولی بررسی ارزش افزوده تولیدات با توجه به افزایش سطح کشت زعفران روند صعودی داشته است که خود بیانگر درآمد بیشتر و در نتیجه افزایش امنیت غذایی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. سطح سرمایه‌گذاری در نهاده‌ها و اشتغال نیروی انسانی نیز در بخش توسعه کشاورزی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ نیز افزایش یافته است. علاوه بر این، پیشرفت در پروژه‌های حفاظت آب و خاک همچون توسعه سامانه‌های آبیاری نوین تحت فشار و لوله‌های انتقال آب چشمگیر بوده است. بنابراین، موارد اشاره شده فوق، بیانگر آن است که در مدت ۱۰ سال از ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ در دشت بالاچام تربت جام، کشاورزی توسعه یافته و میزان سرمایه‌گذاری در این بخش نیز روند افزایشی و صعودی داشته است. این توسعه فارغ از توجه مسئولین به منابع بوم‌شناختی آب و خاک بوده است.

معیار سرمایه‌گذاری و شاخص نیروی انسانی و اشتغال‌زایی نتایج پژوهش حاضر بیانگر رشد صعودی تعداد بهره‌برداران و شاغلین، اعم از کارشناسان و نیروهای فنی و کارگران ساده در سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ در حوزه کشاورزی بوده و بیانگر افزایش میزان اشتغال در دشت بالاچام است (جدول ۷). علاوه بر آن، نتایج به دست آمده نشان داد که با توسعه و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در زمینه‌های کشاورزی و صنایع و خدمات وابسته، روند بکارگیری و اشتغال نیروهای متخصص، تکنسین‌های کشاورزی، نیروی کارگری ماهر و ساده در دشت بالاچام روند صعودی داشته است. این موضوع بیانگر اهمیت بخش کشاورزی در اشتغال‌زایی منطقه می‌باشد.

معیار تولید و عملکرد با استفاده از شاخص سطح زیر کشت و عملکرد

مقدار سطح زیر کشت محصولات زراعی، عملکرد و تولید محصول در دشت بالاچام در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج حاکی از وجود نوسانات بسیار در سطح زیر کشت محصولات کشاورزی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ بوده است. به طوریکه، سطح زیرکشت و به تبع آن مقدار تولید برخی محصولات روند کاهش داشته ولی در مقدار تولید برخی محصولات تا سال ۱۳۹۵ افزایشی و پس از آن بدون تغییر باقی مانده است. بیشترین عملکرد محصولات زراعی مربوط به چغندر قند و مربوط به سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ بوده است. با توجه به تغییراتی که در سطح محصولاتی چون گندم، جو و چغندر قند مشاهده می‌شود می‌توان چنین استنباط کرد که در این دوره به دلیل کاهش آب زیرزمینی و کیفیت آن و تغییر شرایط اقلیمی، الگوی کشت به سمت محصول زعفران که آب‌بری کمتر، ارزش افزوده بیشتر و ارزش اقتصادی بالایی دارد، تغییر داده شده و محصول تولیدی نیز در این دوره روند صعودی داشته است. تغییر الگوی کشت و کاشت گیاهان کم آب‌خواه با ارزش اقتصادی بالا نشان‌دهنده توسعه کشاورزی در دشت بالاچام در بهبود شرایط اقتصادی و افزایش امنیت غذایی برای مردمان منطقه مورد مطالعه بوده است. همچنین رشد عملکردی در واحد سطح نیز در بعضی از محصولات، نشان‌دهنده استفاده از ارقام اصلاح شده ژنتیکی با توان تولیدی زیاد و مقاوم نسبت به خشکی و بیماری‌های گیاهی است که

ارزیابی شدت بیابان‌زایی براساس معیارهای اقلیم، تغییر کاربری اراضی، آب زیرزمینی و خاک معیار اقلیم و شاخص‌های بارش سالانه، ضریب خشکی و استمرار خشکسالی

بر اساس آمار به دست آمده و تجزیه و تحلیل آنها از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰، نتایج حکایت از کاهش متوسط بارش سالانه در این منطقه داشته و تنها در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ مقدار آن بالاتر از سال ۱۳۹۱ بوده است (جدول ۹). شاخص خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده^۱ محاسبه شد که نشان از استمرار خشکسالی در منطقه مورد مطالعه دارد. شدت بیابان‌زایی به دست آمده از شاخص‌های بارش سالیانه، ضریب خشکی و استمرار خشکی در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ در طبقه شدید قرار گرفت که این شرایط نشان از نامناسب بودن شاخص‌های اقلیمی همچون بارندگی، خشکی و خشکسالی برای توسعه کشاورزی در دشت بالاجام بوده است. شکل ۲ بیانگر طبقه‌های بیابان‌زایی براساس شاخص‌های معیار اقلیم است.

معیار تغییر کاربری اراضی

ارزیابی تغییر کاربری زمین در دشت بالاجام در طی سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ نشان داد که اراضی از کاربری مرتعی با توپوگرافی پست، مسطح و با پوشش گیاهی فقیر و کم‌تراکم به زمین‌های باغی و کشاورزی آبی تبدیل شده‌اند (شکل ۳). مساحت زیرکشت محصولات عمده کشاورزی در طی سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ نیز در جدول ۱۰ ارائه شده است. با نگاهی به نقشه کاربری زمین‌های کشاورزی، زراعت آبی و باغات در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ بیشترین مساحت منطقه را به خود اختصاص داده که این شرایط منجر به حفر چاه‌های جدید برای آبیاری مزارع و باغات شده است. نتایج نشان داد که درصد تغییرات کاربری از حدود ۲۸٪ در سال ۱۳۹۰ به حدود ۴۴٪ در سال ۱۴۰۰ رسیده است که این تغییرات عمدتاً به دلیل افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی با تبدیل اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی آبی، در مدت ۱۰ سال بوده است.

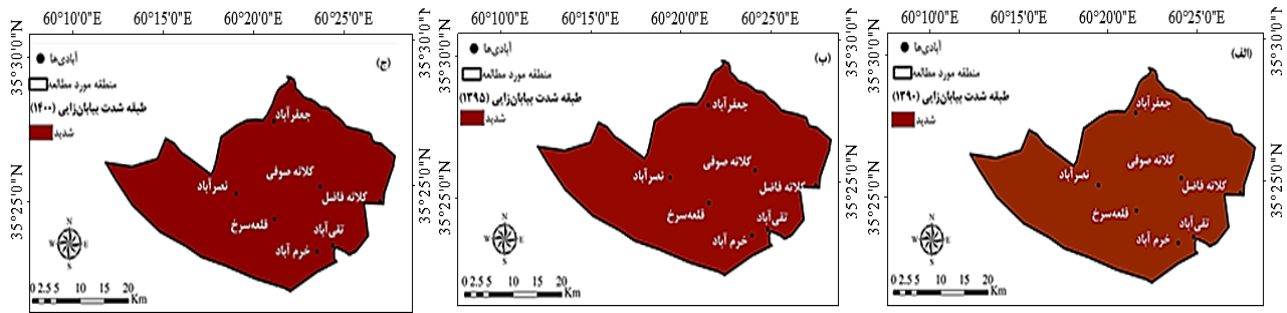
جدول ۸. سطح زیرکشت، تولید و عملکرد محصولات کشاورزی در دشت بالاجام

محصول	۱۳۹۰		۱۳۹۵		۱۴۰۰	
	تولید (ton)	عملکرد در سطح کشت (ton/km ²)	تولید (ton)	عملکرد در سطح کشت (ton/km ²)	تولید (ton)	عملکرد در سطح کشت (ton/km ²)
گندم	۱۱۰۴۴	۳۵۰	۷۹۳۸	۴۲۰	۶۶۰۰	۴۰۰
جو	۴۲۲۴	۳۲۰	۳۳۲۵	۳۵۰	۲۸۲۰	۳۰۰
چغندر قند	۱۸۲۷۰	۴۲۰۰	۲۱۷۰۰	۶۲۰۰	۱۶۱۲۰	۵۲۰۰
ذرت علوفه‌ای	۱۶۳۸۰	۵۲۰۰	۱۱۰۰۰	۵۰۰	۷۲۰۰	۶۰۰۰
گوجه فرنگی	۱۵۰۴۸	۳۸۰۰	۱۵۷۰۸	۳۴۰۰	۴۹۵۰	۴۵۰۰
سیب زمینی	۷۳۲۶	۳۷۰۰	۲۹۰۴	۳۳۰۰	۲۸۰۰	۳۵۰۰
زعفران	۱/۰۲	۰/۲	۲/۴۲	۰/۲۸	۵/۳۸	۰/۴۲

جدول ۹. شاخص‌های معیار اقلیم در منطقه مورد مطالعه

سال	بارندگی سالانه (mm)	میانگین دمای سالانه (°C)	شاخص خشکی
۱۳۹۱	۱۶۸	۱۶/۳۸	۱۰/۲۵
۱۳۹۲	۱۰۸/۵	۱۵/۸۷	۶/۸۳
۱۳۹۳	۹۱/۵	۱۶/۳۸	۵/۵۸
۱۳۹۴	۱۲۱/۹	۱۷/۲۳	۷/۰۷
۱۳۹۵	۱۱۷/۳	۱۶/۳	۷/۱۹
۱۳۹۶	۱۰۱/۶	۱۷/۱۲	۵/۹۳
۱۳۹۷	۱۷۸/۱	۱۶/۵۴	۱۰/۷۶
۱۳۹۸	۲۴۶	۱۶/۲۴	۱۵/۱۴
۱۳۹۹	۲۰۳/۵	۱۵/۵۲	۱۳/۱۱
۱۴۰۰	۱۱۱/۵	۱۷/۲۲	۶/۴۷

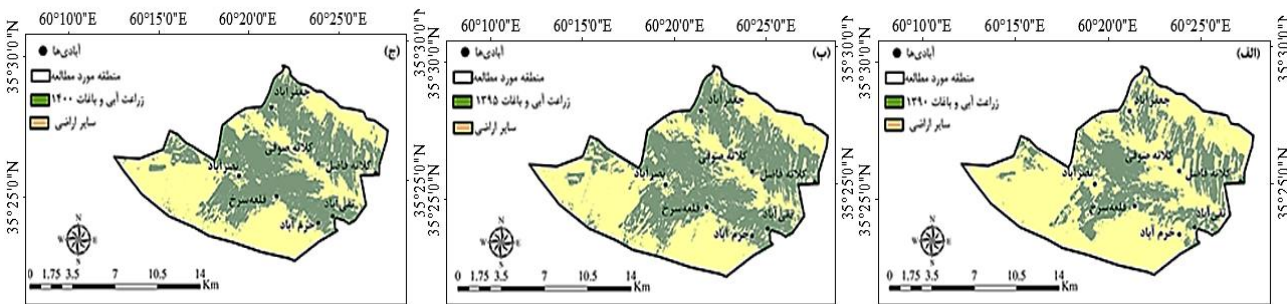
^۱ Standardized Precipitation Index



شکل ۲. نقشه طبقات شدت بیابان‌زایی، مبتنی بر معیار اقلیم و سه شاخص بارش سالانه، خشکی و خشکسالی در منطقه مورد مطالعه (الف-۱۳۹۰، ب-۱۳۹۵ و ج-۱۴۰۰)

جدول ۱۰. تغییر مساحت زیر کشت محصولات کشاورزی در دشت بالاجام

سال	مساحت زیر سطح کشت (km ²)	مساحت (%)
۱۳۹۰	۵۰/۲۶	۲۸/۳۶
۱۳۹۵	۷۶/۴۲	۴۳/۱۲
۱۴۰۰	۷۷/۶۷	۴۳/۸۳



شکل ۳. نقشه تغییرات کاربری در زمین‌های کشاورزی دشت بالاجام (الف-۱۳۹۰، ب-۱۳۹۵ و ج-۱۴۰۰)

(جدول ۱۱). نقشه پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی براساس معیار آب زیرزمینی در شکل ۴ نشان داده شده است.

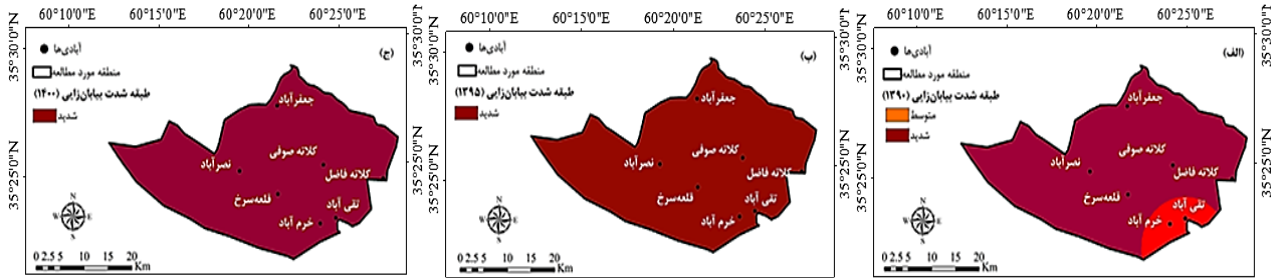
معیار خاک و شاخص‌های بافت، کلر، EC و SAR

نتایج نشان داد که منطقه مورد بررسی از نظر معیار و شاخص‌های خاک و شدت بیابان‌زایی در طبقه متوسط قرار داشته و در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ افزایش و تغییر طبقه شدت بیابان‌زایی به شدید و خیلی شدید وجود دارد. به ویژه از نظر شاخص شوری خاک. طبقه و مساحت شدت بیابان‌زایی در دهستان بالاجام از نظر خاک در جدول ۱۲ ارائه شده است. نتایج بیانگر آنست که ۱۰۰ درصد منطقه در دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ از نظر شدت بیابان‌زایی در طبقه متوسط قرار گرفته است. نقشه پهنه‌بندی بیابان‌زایی بر اساس معیار خاک در شکل ۵ ارائه شده است.

معیار آب زیرزمینی (تغییر شاخص‌های کیفی و کمی) یکی از معیارهای تعیین‌کننده در تمامی مدل‌های ارائه‌شده بیابان‌زایی در کشور بویژه در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک، بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی است. در این معیار از دو شاخص کمیت و کیفیت آب زیرزمینی استفاده شده است. شاخص کمیت شامل افت آب زیرزمینی و شاخص کیفیت در برگیرنده، SAR، EC و میزان کلر می‌باشد. نتایج نشان داد که در سال ۱۳۹۰ مساحت طبقه‌های متوسط و شدید بیابان‌زایی در دشت بالاجام بر مبنای معیار به ترتیب مقدار $14/73 \text{ km}^2$ و $161/8 \text{ km}^2$ بوده است. در سال ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ روند بیابان‌زایی شدت بیشتری گرفته و در سال ۱۴۰۰ تمام سطح منطقه مورد بررسی به مقدار $177/2 \text{ km}^2$ را در بر گرفته است

جدول ۱۱. مساحت و درصد مساحت طبقه‌های شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار آب زیرزمینی

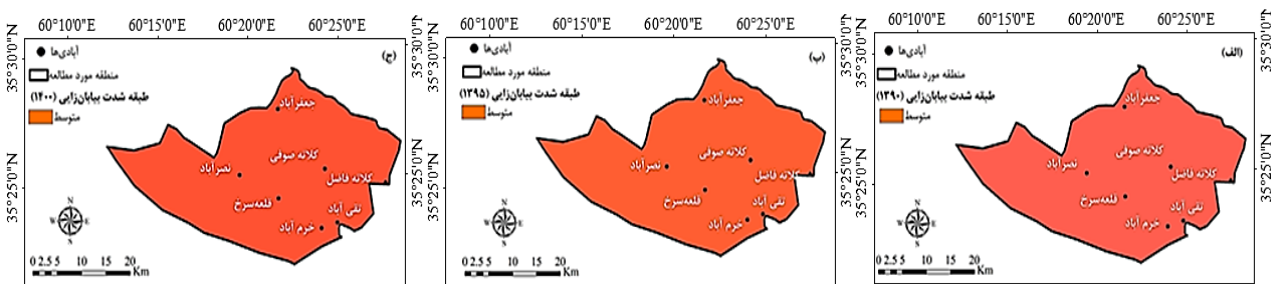
سال	طبقه شدت بیابان‌زایی	مساحت (km ²)	مساحت (%)
۱۳۹۰	متوسط	۱۴/۷۳	۸/۳۱
۱۳۹۵	شدید	۱۶۱/۸۰	۹۱/۳۱
۱۴۰۰	شدید	۱۷۷/۲۰	۱۰۰
۱۴۰۰	شدید	۱۷۷/۲۰	۱۰۰



شکل ۴. نقشه طبقه‌های شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار آب زیرزمینی (الف) ۱۳۹۰، (ب) ۱۳۹۵ و (ج) ۱۴۰۰

جدول ۱۲. مساحت و درصد مساحت طبقه‌های شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار خاک

سال	طبقه شدت بیابان‌زایی	مساحت (km ²)	مساحت (%)
۱۳۹۰	متوسط	۱۷۷/۲۰	۱۰۰
۱۳۹۵	متوسط	۱۷۷/۲۰	۱۰۰
۱۴۰۰	متوسط	۱۷۷/۲۰	۱۰۰



شکل ۵. نقشه طبقه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار خاک (الف) ۱۳۹۰، (ب) ۱۳۹۵ و (ج) ۱۴۰۰

مورد مطالعه در طبقه شدید بیابان‌زایی قرار گرفتند. در سال ۱۴۰۰ نیز بر مساحت طبقه بیابان‌زایی شدید افزوده شده است. مساحت و درصد مساحت طبقه‌های شدت بیابان‌زایی دهستان بالاچام براساس مدل IMDPA در جدول ۱۳ ارائه شده است. به طوریکه در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ بر روند شدت بیابان‌زایی منطقه افزوده شده است. نقشه پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی دهستان بالاچام در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ در شکل ۶ نشان داده شده است.

تجزیه و تحلیل معیارها و شاخص‌های ارزیابی شدت بیابان‌زایی در دشت بالاچام با استفاده از مدل IMDPA همانطور که قبل‌تر نیز اشاره شد برای تعیین شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه، از میانگین هندسی لایه‌های رستری معیارهای اقلیم، آب زیرزمینی، خاک و تغییر کاربری اراضی استفاده شد. نتایج نشان داد که در سال ۱۳۹۰ منطقه مورد بررسی در طبقه متوسط از نظر شدت بیابان‌زایی بوده و از مساحت طبقه متوسط شدت بیابان‌زایی در سال ۱۳۹۵ کاسته شده و بسیاری از بخش‌های منطقه

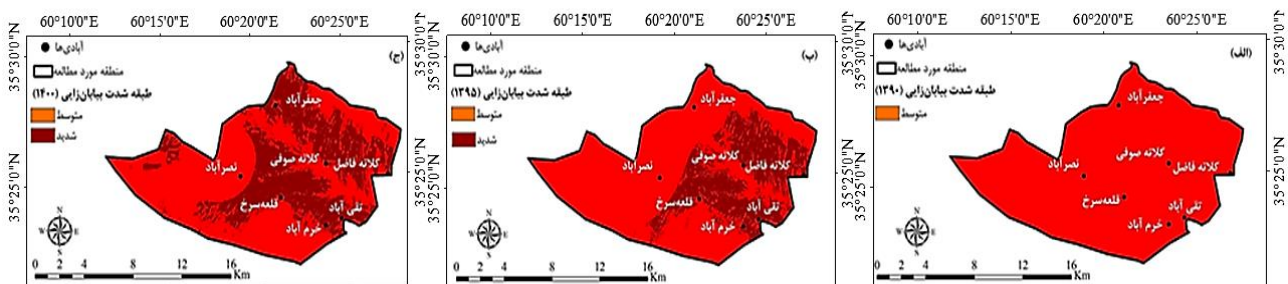
فائو در گزارشات رسمی خود با موضوع امنیت غذایی و توسعه کشاورزی، به اجرای درست شیوه‌های مدیریت پایدار سرزمین، تولید غذا و جلوگیری از گسترش بیابان‌زایی تاکید می‌کند (۱۲). در این راستا، یکی از عوامل انسانی موثر بر بیابان‌زایی را می‌توان توسعه ناپایدار کشاورزی، همزمان با تغییر متغیرهای اقلیمی، تخریب خاک به همراه کاهش کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دانست (۲۴). اهمیت توجه به مساله امنیت غذایی در این است که از یک سو تولید بیشتر مواد غذایی و قدرت خرید تمامی اقشار به ویژه قشر آسیب‌پذیر را افزایش داده و سوء تغذیه را برطرف می‌کند و از طرف دیگر شرایط سطح بهره‌وری و اشتغال‌زایی بخش کشاورزی را بهبود می‌بخشد (۲۵، ۲۷). اهمیت جایگاه و موضوع امنیت غذایی در مقوله امنیت انسانی، اهمیت بخش کشاورزی را در تامین و امنیت غذایی روشن می‌کند. نتایج برخی از پژوهش‌های انجام شده نشان داد که توسعه کشاورزی موجب بهبود دسترسی غذا و ارتقای امنیت غذایی شده است (۲۸)، اما نتایج پژوهش حاضر بیانگر آنست که با وجود آنکه در دشت بالاجام توسعه کشاورزی و رشد سرمایه‌گذاری انجام شده، اما بر شدت بیابان‌زایی منطقه در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ افزوده شده است.

نتایج حاصل از مدل IMDPA نشان داد که شدت بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه از طبقه متوسط در سال ۱۳۹۰ به طبقه متوسط تا شدید در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ تغییر یافته است. به نحویکه، بیابان‌زایی در دشت بالاجام در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ شدت بیشتری داشته و بسیاری از مناطق دشت در حال حاضر با پدیده بیابان‌زایی شدید روبرو هستند. با وجود آنکه در دوره ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰، بخش کشاورزی توسعه یافته اما شدت بیابان‌زایی در دشت بالاجام روند افزایشی داشته است. این شرایط بر میزان آب استفاده شده در بخش کشاورزی تأثیر زیادی گذاشته است. به طوریکه، برخی محصولات که مقدار آب بیشتری نیاز دارند تولید به طور تقریبی به صفر رسیده است. بنابراین، توسعه کشاورزی بر امنیت غذایی بسیار موثر است و با توسعه در این بخش امنیت غذایی افزایش می‌یابد. اما با وقوع و شدت بیابان‌زایی، منطقه شاهد کاهش تولید برخی محصولات کشاورزی بوده است. این شرایط بر عرضه و تنوع مواد غذایی در منطقه و همچنین منابع آب که از شاخص‌های تأثیرگذار بر امنیت غذایی هستند، تأثیر گذاشته و امنیت غذایی منطقه مورد مطالعه را با چالش جدی مواجه ساخته است.

■ بحث و نتیجه‌گیری

جدول ۱۳. مساحت و درصد مساحت طبقه شدت بیابان‌زایی دشت بالاجام بر اساس مدل IMDPA

سال	طبقه شدت بیابان‌زایی	مساحت (km ²)	مساحت (%)
۱۳۹۰	متوسط	۱۷۷/۲۰	۱۰۰
۱۳۹۵	متوسط	۱۳۳/۲۵	۷۵/۲۰
	شدید	۴۳/۲۹	۲۴/۴۳
۱۴۰۰	متوسط	۱۱۱/۹۶	۶۳/۱۸
	شدید	۶۴/۵۷	۳۶/۴۳



شکل ۶. نقشه پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی دشت بالاجام بر اساس مدل IMDPA (الف) ۱۳۹۰، (ب) ۱۳۹۵ و (ج) ۱۴۰۰

زیرزمینی و همزمان، تغییر پارامترهای اقلیمی در منطقه، بیابان‌زایی را گسترش داده که در صورت ادامه شرایط موجود، بر شدت بیابان‌زایی نیز افزوده خواهد شد. نتایج دیگر بررسی‌های انجام شده در مناطق خشک شمال و شمال شرق ایران نیز تغییر کاربری اراضی طبیعی به کشاورزی را از عوامل مهم وقوع و گسترش بیابان‌زایی ذکر نموده‌اند (۲۲، ۲۸). با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان دریافت که دشت بالاجام در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ با پدیده بیابان‌زایی روبرو بوده است. توسعه کشاورزی در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته ولی به پیامدهای گسترش بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و کاهش توان منابع بوم‌شناختی آب و خاک به واسطه توسعه کشاورزی توجه نشده است. به طوریکه، اجرای توسعه پایدار کشاورزی از راهبردهای مهم مدیریت پایدار از دیدگاه فائو می‌باشد (۱۲). لذا، در این راستا می‌توان پیشنهادهایی به منظور بهبود وضعیت موجود در منطقه مورد مطالعه ارائه نمود:

- کشت محصولات زراعی با نیاز آبی کم و اصلاح الگوی کاشت

- در حوزه زیرساخت‌ها و پیشرفت پروژه‌های آب و خاک نشان داده شد که در منطقه مورد مطالعه، جایگزینی آبیاری نوین با آبیاری سنتی و بهبود مکانیزاسیون صورت گرفته است. اما هنوز هم می‌توان تا حد امکان اراضی کشاورزی و باغی را به سامانه‌های نوین آبیاری مجهز و در بخش‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی، برنامه‌های آموزشی و طرح‌های اجرایی در منطقه اجرا شود.

- سرمایه‌گذاری در اجرای پروژه‌های مقابله با بیابان‌زایی به‌منظور کاهش شدت آن مانند؛ توسعه گلخانه‌ای محصولات کشاورزی.

- نهادهای دولتی، سیاستگذار، تصمیم‌گیرنده و اجرا کننده طرح‌ها و برنامه‌ها در زمینه مقابله با بیابان‌زایی هستند. بنابراین لازم است نهادهای دولتی با سیاستگذاری صحیح، آمایش سرزمین و اجرا نکردن پروژه‌های مخرب در دشت بالاجام و دیگر مناطق مشابه از نظر اقلیم و شرایط طبیعی از بیابان‌زایی جلوگیری کنند.

بنابراین، با توجه به آنکه کشاورزی و امنیت غذایی در برنامه پنج ساله هفتم توسعه کشور از اهمیت ویژه‌ای

این موضوع به نوبه خود قادر خواهد بود توسعه کشاورزی در این منطقه را تحت تاثیر قرار دهد و موجب تخریب بیشتر اراضی شود. همچنین پژوهش‌های انجام شده در ایران، الگوی کشت را راهکاری مناسب برای کاهش مخاطرات امنیت غذایی دانسته و متغیرهای مؤثر بر انتخاب الگوی کشت را به ترتیب مکانیزاسیون زراعی، خاک و اقلیم، مدیریت کلان دولت، پشتیبانی تولید و فاکتورهای اجتماعی اعلام کردند (۲۷، ۲۹)، در دشت بالاجام در مدت سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ با افزایش سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی و مکانیزاسیون، الگوی کشت تغییر نموده است. به نحویکه برخی از گیاهانی که نیاز آبی زیادی داشتند در منطقه کمتر کشت شده یا تولید آن به صفر رسیده است و به جای آنها محصول‌های کم آب‌خواه و با پتانسیل اقتصادی بیشتر مانند زعفران کشت شده‌اند. لذا، با تغییر الگوی کشت و رسیدن به هدف توسعه پایدار در آینده می‌توان امیدوار بود با کاهش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، روند تخریب سرزمین و گسترش بیابان‌زایی در دشت بالاجام نیز کاهش یابد. علاوه بر آن، افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نهادی، اشتغال و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی از تأثیرهای مثبت توسعه در دشت بالاجام است. سرمایه‌گذاری و اشتغال با توجه به اینکه موجب افزایش سرانه درآمدی خانوار روستایی شده است که از مصادیق مهم افزایش امنیت غذایی در جامعه است.

نتایج پژوهش انجام شده در دشت مهران استان ایلام با هدف ارزیابی شدت بیابان‌زایی مبتنی بر تغییرات آب زیرزمینی با استفاده از مدل IMDPA (۳۰)، نیز بیانگر آنست که شاخص‌های افت آب زیرزمینی و سیستم آبیاری بیشترین تأثیر را در روند بیابان‌زایی منطقه داشته‌اند. به نحوی که، نتایج پژوهش حاضر نیز مؤید این نتایج بوده و کاهش کیفیت و کمیت در منابع آب زیرزمینی را همراه با تغییر فاکتورهای اقلیمی، مهمترین و موثرترین عامل در گسترش بیابان‌زایی دشت بالاجام دانسته است. این نتایج با دیگر پژوهش‌های انجام شده در ارزیابی توسعه کشاورزی و افزایش شدت بیابان‌زایی (۵، ۱۳) مطابقت دارد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییر کاربری اراضی طبیعی به کشاورزی، تخریب خاک، افت کمی و کیفی آب

■ سپاسگزاری

این پژوهش مربوط به بخشی از نتایج طرح پژوهشی با کد ۵۹۳۱۱ در دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. بنابراین، نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب قدردانی خود را از کسانی که با ارائه داده‌ها و یا کمک در بهبود تجزیه و تحلیل نتایج، محققان پژوهش را یاری نمودند، ابراز نمایند

برخوردار است و یکی از سیاست‌های کلی آن توسعه پایدار کشاورزی می‌باشد. سیاست‌مداران و تصمیم‌گیرندگان نیز باید نسبت به ارائه برنامه‌ها و روش‌های مدیریتی که باعث حفاظت منابع پایدار آب و خاک شده و از تخریب منابع طبیعی جلوگیری کند، با رویکرد رونق و توسعه کشاورزی دانش-محور به جای منبع-محور، اهتمام ورزند.

■ References

1. Agriculture Organization of Khorasan Razavi province. (2021). *Agricultural development reports*. Torbat Jam County in Khorasan Razavi province. Khorasan Razavi province, Iran. [In Persian]
2. Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H. R., Sadoddin, A., & Khosravi, H. (2016). Desertification risk assessment and management program. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2(4), 365 -380. DOI: 10.22034/gjesm.2016.02.04.006
3. Akbari, M., Jafari Shalamzari, M., Memarian, H., & Gholami, A. (2020a). Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran. *Ecological Indicators*, 111,106011. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.106011
4. Akbari, M., Memarian, H., Neamatollahi, E., Jafari Shalamzari, M., Alizadeh Noughani, M., & Zakeri, D. (2020b). Prioritizing policies and strategies for desertification risk management using MCDM–DPSIR approach in northeastern Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 2503–2523. DOI: 10.1007/s10668-020-00684-3
5. Akbari, M., Talebanfard, A., Pakdin, M., & Shahrokhi, M. (2024). Developing and Prioritizing Desertification Risk Management Strategies Using Scenario Planning in Khorasan Razavi province. *Desert Ecosystem Engineering*, 12(39), 1-22. DOI: 10.22052/deej.2024.253646.1023 [In Persian]
6. Behnia, M., Zehtabian, G., Khosravi, H., Ahmadali, K., Nazari Samani, A., & Mesbahzadeh, T. (2021). Investigating the relationship between desertification criteria and land use change and providing operational monitoring methodology Using IMDPA. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(29), 69-86. DOI: 10.22111/jneh.2020.33487.1630 [In Persian]
7. Byron-Cox, R. (2020). *From Desertification to Land Degradation Neutrality: The UNCCD and the Development of Legal Instruments for Protection of Soils*. In Legal Instruments for Sustainable Soil Management in Africa. Cham: Springer International Publishing.
8. Chaudhuri, S., Roy, M., McDonald, L. M., & Emendack, Y. (2023). Land degradation–desertification in relation to farming practices in India: An overview of current practices and agro-policy perspectives. *Sustainability*, 15(8), 6383. DOI: 10.3390/su15086383
9. Demir, Y., Erşahin, S., Güler, M., Cemek, B., Günal, H., & Arslan, H. (2009). Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated ustifluvents in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 158, 279-294. DOI: 10.1007/s10661-008-0582-1
10. D'Ettorre, U. S., Liso, I. S., & Parise, M. (2024). Desertification in karst areas: A review. *Earth-Science Reviews*, 253, 104786. DOI: 10.1016/j.earscirev.2024.104786
11. Egidi, G., & Salvati, L. (2020). Desertification risk, economic resilience and social issues: From theory to practice. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 18(2), 155-163. DOI: 10.1016/j.cjpre.2021.04.022

12. FAO. (2002). *Land Degradation Assessment in Dry land- (Land Project)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 49p.
13. Feyzi Koushki, F., Akbari, M., Memarian, H., & Azamirad, M. (2019). Identifying and Ranking Important Factors of Desertification in Khorasan Razavi Province using Delphi Method. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 8(3), 205-225. DOI: 10.22067/geo.v0i0.84127 [In Persian]
14. Heydari, C. L., Mohammadinejad, A. Zeraatkish, S., Y. & Moghaddsi, R. (2021). The Impact of Agricultural Development on Different Dimensions of Food Security in Developing Countries. *Agricultural Extension and Education Research*, 13(4), 15-30. [In Persian]
15. Hossain, A., Krupnik, T. J., Timsina, J., Mahboob, M. G., Chaki, A. K., Farooq, M. & Hasanuzzaman, M. (2020). *Agricultural land degradation: processes and problems undermining future food security*. In Environment, climate, plant and vegetation growth. Cham: Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-49732-3_2
16. Jamshidi, B., Saeidirad, M. H., Zarifneshat, S., & Azadshahraki, F. (2020). Identification and Prioritization of the Appropriate Technologies for Saffron Corm Sorting Based on Analytical Hierarchy Process (AHP). *Journal of Saffron Research*, 8(2), 301-315. DOI: 10.22077/jsr.2020.3521.1136 [In Persian]
17. Juntti, M. (2022). *Desertification: Competing knowledge claims and land-management agendas*. In Routledge Handbook of Global Environmental Politics (pp. 579-592). Routledge.
18. Kairis, O., Karavitis, C., Salvati, L., Kounalaki, A., & Kosmas, K. (2015). Exploring the impact of overgrazing on soil erosion and land degradation in a dry Mediterranean agro-forest landscape (Crete, Greece). *Arid land research and management*, 29(3), 360-374. DOI: 10.1080/15324982.2014.968691
19. Kenawy, I., & Al-Hegazi, S. (2017). *Desertification and city resilience in Siwa, Egypt*. Passive Low Energy Architecture-Design to Thrive, 3-5.
20. Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R. A., & Rutigliano, F. A. (2010). Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology*, 44(3), 205-212. DOI: 10.1016/j.apsoil.2009.12.007
21. Nadi, M., Kalantari, S., Khavaninzadeh, A., & Tazeh, M. (2022). Evaluation of desertification situation in Tabas city based on technogenic desertification indicators using satellite images. *Management of Natural Ecosystems*, 2(2), 34-45. [In Persian]
22. Nasrian, A., Akbari, M., Faridhosseini, A., Neamatollahi, E., & Davari, S. (2019). Quantitative Assessment of Desertification Intensity Indices in the Agricultural Lands of Dargaz Plain, Khorasan Razavi Province. *Desert Management*, 7(13), 149-170. DOI: 10.22034/jdmal.2019.36537 [In Persian]
23. Ogundipe, A. A., Obi, S., & Ogundipe, O. M. (2020). Environmental degradation and food security in Nigeria. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(1), 316-324. DOI: 10.32479/ijeep.8083
24. Osman, A. K., & Ali, A. M. (2021). *Sudan-Land, Climate, Energy, Agriculture and Development: A Study in the Sudano-Sahel Initiative for Regional Development, Jobs, and Food Security* (January 19, 2021). zef Working Paper 203. DOI: 10.2139/ssrn.3769148
25. Rosen, A. M., Janz, L., Dashzeveg, B., & Odsuren, D. (2022). Holocene desertification, traditional ecological knowledge, and human resilience in the eastern Gobi Desert, Mongolia. *The Holocene*, 32(12), 1462-1476. DOI: 10.1177/09596836221121777

26. Rubio, J. L., & Bochet, E. (1998). Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe. *Journal of Arid Environments*, 39(2), 113-120. DOI: 10.1006/jare.1998.0402
27. Sabzevari, A., Rajabipour, A., Bagheri, N., & Omid, M. (2020). Determining the Cropping Pattern of Agricultural Products as a Strategy to Reduce Food Security Disaster in Iran. *Environmental Management Hazards*, 7(1), 23-38. DOI: 10.22059/jhsci.2020.298174.542 [In Persian]
28. Sarbazi, M., Ownegh, M., Mohammadian Behbahani, A., & Akbari, M. (2022). Quantitative Assessment of the Desertification Intensity and Risk: A Case study of Sarakhs City. *Desert Ecosystem Engineering*, 10(31), 15-30. DOI: 10.22052/deej.2021.10.31.11 [In Persian]
29. Shahini, Z., Faramarzi, M., Garaee, P., & Alimoradi, S. (2021). Evaluating Desertification Intensity with Emphasis on Groundwater Criteria Using IMDPA Model (Case Study: Mehran Plain in Ilam Province). *Integrated Watershed Management*, 1(1), 17-28. DOI: 10.22034/iwm.2021.247940 [In Persian]
30. Singh, V., & Chaudhary, N. (2023). *Land degradation, desertification, and food security in North-East India: Present and future scenarios*. In Sustainable development goals in Northeast India: Challenges and achievements (pp. 153-166). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: 10.1007/978-981-19-6478-7_8
31. Symeonakis, E., Karathanasis, N., Koukoulas, S., & Panagopoulos, G. (2016). Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: the case of Lesbos Island. *Land Degradation & Development*, 27(6), 1562-1573. DOI: 10.1002/ldr.2285
32. Taghavi, A.N. (2001). *Population and Family Planning*, Danial press. 178 p. [In Persian]
33. Talebanfard, A. A., Akbari, M., & Azami rad, M. (2022). Sensitivity Areas Assessment of Desertification Using ESAs Model and Prioritizing Management Strategies (Case study: Kavir-e- Namak Basin, Khorasan Razavi Province). *Desert Management*, 10(2), 1-20. DOI: 10.22034/jdmal.2022.549710.1377 [In Persian]
34. UNCCD. (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification*, particularly in Africa.
35. UNCCD. (2020). *Report on progress in the implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification communication plan and the United Nations Decade for Deserts and the Fight against Desertification (2010–2020)*. Conference of the Parties. Fifteenth session. ICCD/COP (15)/3.
36. UNCCD. (2024). *Desertification*. <https://www.unccd.int/land-and-life/desertification/overview>.
37. UNCCD. (2024). *Food security & agriculture*. <https://www.unccd.int/land-and-life/food-security-agriculture/overview>.
38. Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Azizi, M. 2009. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1), 285-292. [In Persian]
39. Woodruff, S., Bowman, A. O. M., Hannibal, B., Sansom, G., & Portney, K. (2021). Urban resilience: Analyzing the policies of US cities. *Cities*, 115, 103239. DOI: 10.1016/j.cities.2021.103239
40. Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., & Misopolinos, N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 137-146. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)-00249-3
41. Zehtabian, G. R., Khosravi, H., & Azareh, A. (2014). The effect of agricultural activities on land degradation in Khatam. *Journal of Rangeland and Watershed Management*, 67(1), 61-72. [In Persian]

Habitat Suitability Modelling of Persian Gazelle Using Maxent Model in Hormod Protected Area, Fars Province, Iran

B. Yusefi¹, A. Jafari^{2*}, A.A. Naghipour³

1. MSc Graduated, Department of Environment Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
 2. Associate Professor, Department of Environment Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
 3. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
- * Corresponding Author: Jafari.ali@sku.ac.ir

Received date: 10/05/2024

Accepted date: 22/08/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465)

Abstract

This study employed the Maximum Entropy (MaxEnt) model to assess the habitat suitability of the Persian gazelle (*Gazella bennettii*) within the Hormood Protected Area. Habitat modeling was conducted using 45 occurrence points of the species and a range of environmental variables, including topographic, climatic, vegetation cover, and anthropogenic factors. All environmental datasets and species occurrence points were prepared in a standardized ASCII format and input into the MaxEnt software. The model was executed with 10,000 background points and a maximum of 15 iterations. Model performance was evaluated using the Area Under the Curve (AUC) of the Receiver Operating Characteristic (ROC), while the Jackknife test was applied to identify the relative importance of environmental variables in predicting habitat suitability. Results from the Jackknife test highlighted that the most influential variables were distance from villages (41.1%), vegetation cover (16.6%), slope (13.7%), and mean daily temperature (10.3%). The study estimated that 17.6% of the total area constitutes suitable habitat for the Persian gazelle, while 82.4% was categorized as unsuitable. The model's accuracy, reflected by an AUC value of 0.87, indicates its robust ability to differentiate between suitable and unsuitable habitats. Given the significant role of anthropogenic factors, particularly proximity to villages, in influencing habitat suitability, the study recommends implementing targeted management strategies. These should prioritize environmental education and raising conservation awareness among local communities residing within and around the study area to mitigate human-induced pressures on gazelle habitats.

Keywords: Species distribution modeling; environmental variables; anthropogenic; species response curves

How to cite this article

Yousefi, B., Jafari, A. and Naghi Poor, A. A. (2024). Habitat Suitability Modelling of Persian Gazelle Using Maxent Model in Hormod Protected Area, Fars Province, Iran. *Desert Management*, 12(3), 55-72. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465)



Extended Abstract

Introduction

The conservation of species depends on the protection of their natural habitats, and this is possible with a more detailed analysis of habitats (15, 31). In this regard, habitat suitability modeling is a scientific and practical solution to estimate the distribution range of species (12). Modeling allows ecologists and wildlife experts to gain knowledge about the ecological needs of species, barriers and factors limiting their distribution, predicting the effects of climate change, habitat destruction, and species invasion. One of the most widely used and best methods for modeling the habitat suitability of species that only uses presence data is the maximum entropy (MaxEnt) method (24). Studying the habitats of all species on a large scale is challenging due to budget and time limitations. It is imperative to direct the limited budgets and efforts towards conservation of greater ecological significance or at greater risk. The Persian Gazelle, *Gazella bennettii shikarii*, is an important hereditary mammal species that is part of the Bovidae family and the antelope subfamily. It can be found in India, Pakistan, southern Afghanistan, and Iran. In Iran, Persian gazelle prefers dry and very dry plains with an average annual rainfall of 50-250 mm and usually hills (2). Several studies conducted on the habitat suitability of this species in Iran protected areas including Kavir national park (18), Naybandan wildlife refuge (3) and Copper Ore Protected Area (22). To conduct a more comprehensive analysis of meta populations, we need to address the gaps in the distribution and habitat requirements of this species in peripheral areas, including the study area. The present study aims to evaluate the suitability of existing habitats and to identify the potential habitats of Persian gazelle (*Gazella bennettii*) in Hormod protected area using the MaxEnt method, so that its results can be used for better conservation and management of this species meta populations.

Material and Methods

Study area: Hormod protected area with an area of 208,731 hectares located in southeast of Fars province, Iran (Fig.1). Most important threat factors of this area, are the droughts, illegal hunting, illegal grazing, crossing the area by Shiraz-Bandar Abbas Road, agriculture and harvesting edible mushrooms by local peoples.

Recording species presence points: during the extensive field visits in different seasons of 2022-23, along the specific routes of the plain and hilly areas as the actual habitats of the species, using a Global Positioning System (GPS) 45 presence points was recorded (Fig. 1).

Environmental data: based on the literature review, four groups of environmental variables including climatic factors (Tables 1 and 2), vegetation cover, topographical factors (slope, aspect and elevation) and human factors (distance from the village, water sources, road, agricultural lands and environmental checkpoints) which are effective in determining the habitat suitability of this species were used in the modeling.

Modeling: Species presence points were converted into digital layers in ArcGIS 10.3 software, then these presence points were considered as dependent variables and selected environmental data (layers) as independent variables. To run the model, 10,000 background points and a maximum of 15 repetitions were considered. Also, 70% of presence points were used to build the model and the remaining 30% were used to evaluate the modeling results.

Model evaluation: In this study, the area under the curve (AUC) of the receiver operating characteristic (ROC) was used to check the validity of the results obtained from the model, which is one of the most common methods for evaluating predictive models (8). Jackknife test was also used to determine the importance of each environmental variable in predicting the suitability of the habitat of the species.

Results

Habitat desirability: According to the results, about 36746 hectares equivalent to 17.6% of Hormod protected area is considered as a suitable habitat and about 171985 hectares equivalent to 82.4% is an unsuitable habitat for the Persian gazelle (Fig. 2).

Model evaluation: In this study, the value of the area under the curve (AUC) calculated equal to 0.87, that indicates the "very good" predictive performance of the model (20) (Fig. 3).

The participation of variables in model: in Hormod protected area, the variables of distance from the villages, vegetation cover, slope and average daily temperature with 41.1, 16.6, 13.7 and 10.3 percent of influence are the most important variables affecting the suitability of Persian gazelle habitat, respectively (Fig. 4). However, according to the jackknife test, the average daily temperature variable has the highest power to predict the suitability of the Persian gazelle habitat in the Hormod protected areas (Fig. 5), in the other words

by removing this variable, the predictive power of the model decreases more than removing any other variables.

Species response curves: Finally, the response curves of the species to the four main environmental variables that affect its habitat suitability were examined (Fig. 6).

Discussion and Conclusion

In this study, the habitat suitability of Persian gazelle was mapped within the protected area of Hormod using MaxEnt software. The suitable habitats of species are located in the northern and northeastern parts of the study area, which have the greatest distance from human factors, especially villages. The distance from the village has the most importance on the desirability of Persian gazelle habitat in the study area. Based on the results, with increasing the distance from the village, the habitat desirability for Persian gazelle increases. According to the response curves, with an increase in the distance of 10 km from the village, the habitat suitability for the species increases. It seems that moving away from the village in order to find a shelter to prevent hunting is very important as one of the parameters of habitat selection in terms of the species of Persian gazelle in the study area. In a study conducted in the southern regions of Tunisia on *Gazella dorcas* (5), it was found that human variables and especially the distance from agricultural lands were the most important factors shaping the distribution pattern of this species. Also, the study conducted on the condition of the gazelle (*Gazella cuvieri*) habitat in North Africa (14) also showed that the presence and distribution of this species is affected by the increasing distance from human settlements and areas with low human population density. The results of the present study showed that vegetation plays a role as the second most important factor in the desirability of the habitat of this species, and the highest presence of the species is in the type of salt desert rangeland (*Salsola tomentosa*). In similar studies, the importance of vegetation in the desirability of the habitats of Persian Gazelle and other wildlife species has also been confirmed (13, 18, 19, 29). Considering the drastic decrease in the population size and the range of distribution of the Persian gazelle in Iran (3) and that this type of prey is used by important carnivores such as leopards and cheetahs, we suggest to preventing the habitat destruction and proper protection of the suitable habitat of this species in the study area.

Keywords: Species distribution modeling; Environmental variables; Human variables; Species response curves

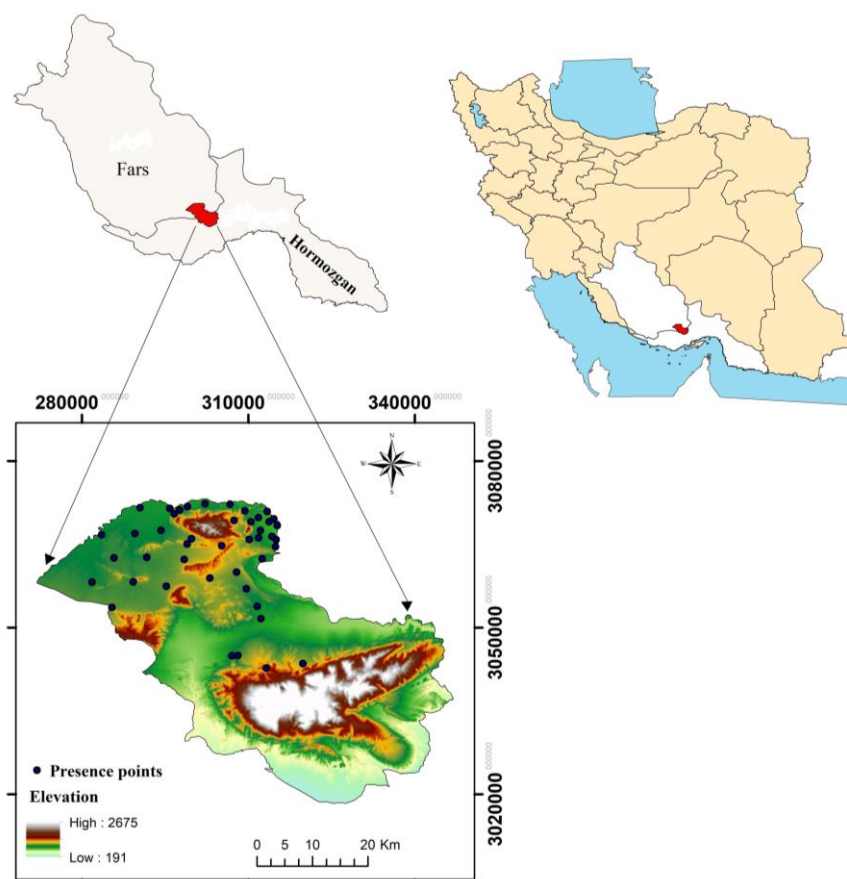


Fig 1. The location of Hormod protected area in Iran, as well as the species' presence

Table 1. Meteorological stations used in the research

Row	Stations name	Station type	UTM
1	Haji-Abad	synoptic	393133.15-3132025.55
2	Bastak	synoptic	238505.99-3012450.97
3	Bandar-Lenge (coastal)	synoptic	290833.19-2940525.29
4	Bandar-Khamir	synoptic	358050.84-2981700.00
5	Bandar-Khamir	synoptic	283783.92-2936209.58
6	Tange zagh	climatology	394762.33-3094340.03
7	Genou	climatology	417943.10-3031013.72
8	Tashkuye (Kaleghah)	climatology	347758.86-3111466.22
9	Zarrin Dasht	synoptic	247913.09-3139771.27
10	Lar	synoptic	231751.87-3061719.87
11	Darz & Sayban	climatology	344438.91-3082696.51
12	Garash	climatology	288657.76-3063457.34

Table 2. Description of the environmental variable

Abbreviation	Climatic description	Dimention	Abbreviations	Climatic description	Dimention
Bio1	Annual Mean Temperature	°C	Bio11	Mean Temp. of Coldest Season	°C
Bio2	Mean Diurnal Range	°C	Bio12	Annual Precipitation	mm
Bio3	Isothermality	°C	Bio13	Precipitation of Wettest Month	mm
Bio4	Temp. Seasonality	°C	Bio14	Precipitation of Driest Month	mm
Bio5	Max Temp. of Warmest Month	°C	Bio15	Precipitation Seasonality	%
Bio6	Min Temp. of Coldest Month	°C	Bio16	Precipitation of Wettest Season	mm
Bio7	Annual Temp. Range (BIO5-BIO6)	°C	Bio17	Precipitation of Driest Season	mm
Bio8	Mean Temp. of Wettest Season	°C	Bio18	Precipitation of Warmest Season	mm
Bio9	Mean Temp. of driest Season	°C	Bio19	Precipitation of Coldest Season	mm
Bio10	Mean Temp. of Warmest Season	°C			

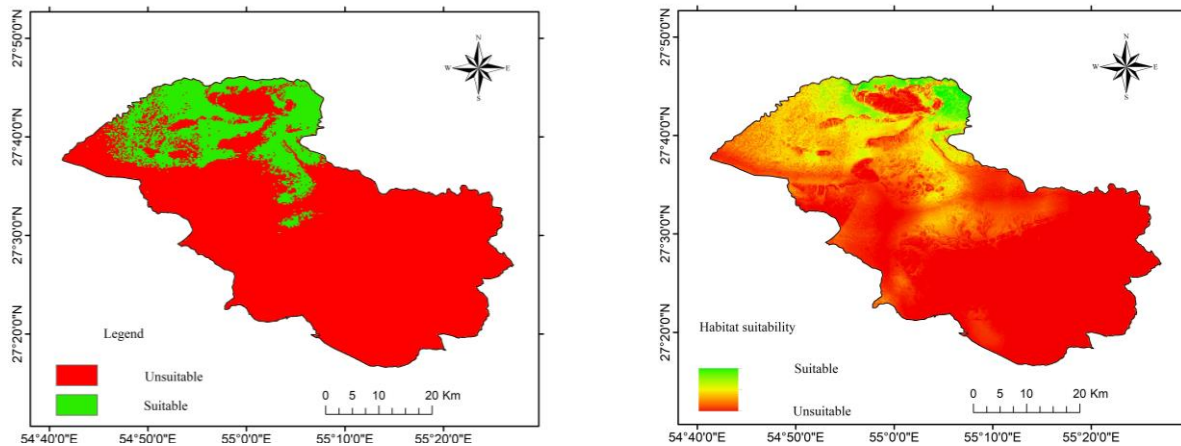


Fig 2. Habitat suitability classification map (Boolean, right) and habitat suitability map (continuous, left)

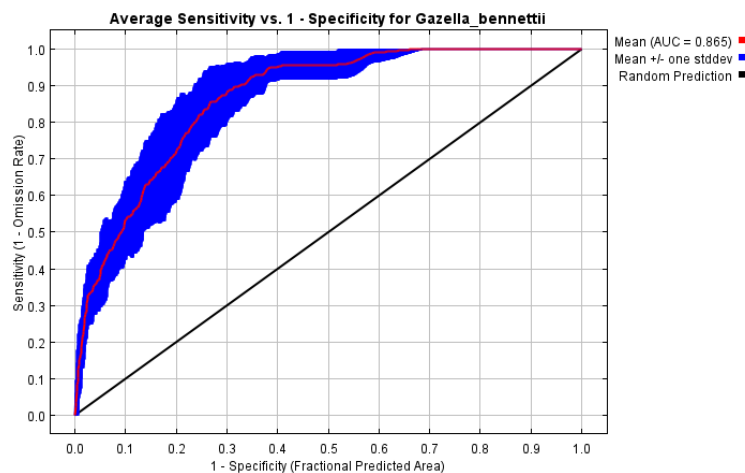


Fig 3. ROC curve calculated by MaxEnt

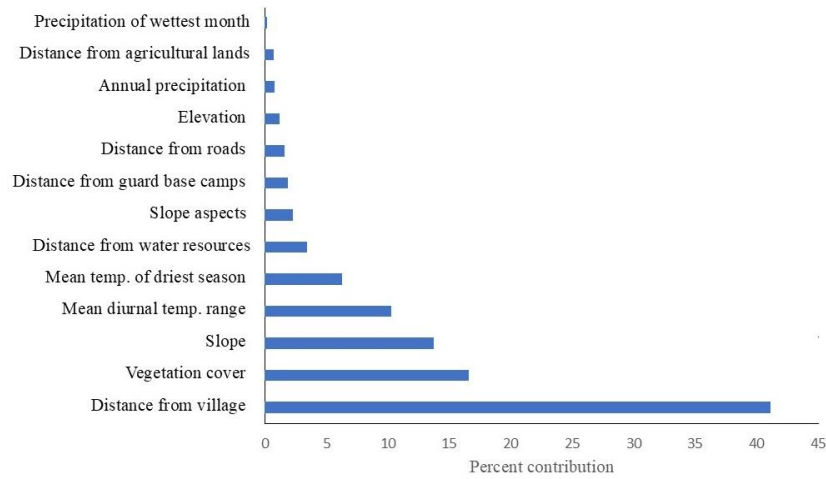


Fig 4. Environmental variables contribute to species habitat suitability modeling

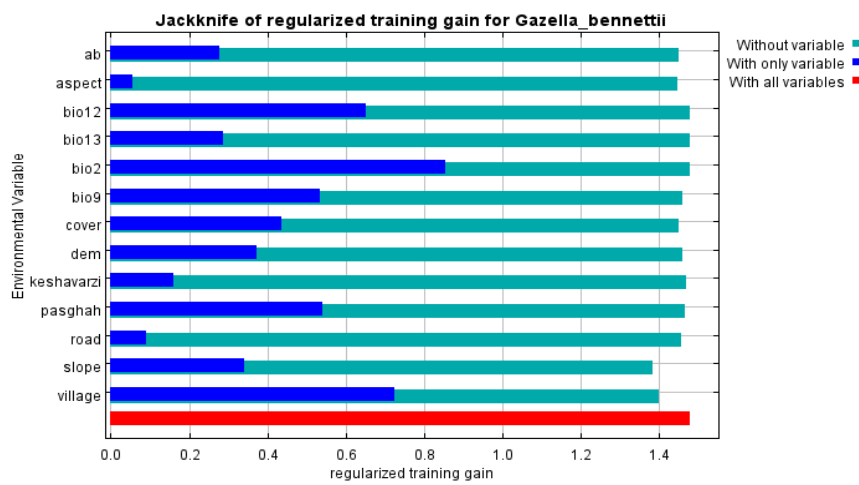


Fig 5. The importance of environmental variables in species habitat suitability modelling based on the Jackknife test

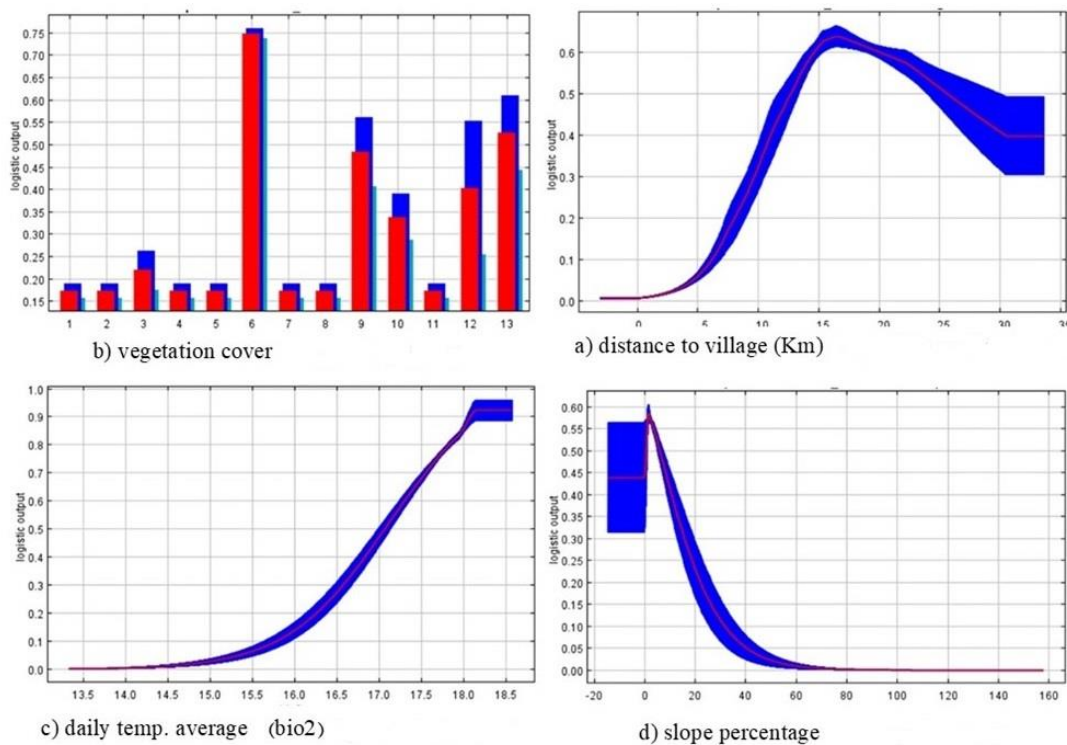


Fig 6. Species response curve of the four most important variables a) distance to village, b) vegetation cover, c) daily temperature average (bio2), and d) slope



مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جبیر با بهره‌گیری از مدل آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت‌شده هرمود استان فارس

برهان یوسفی^۱، علی جعفری^{۲*}، علی اصغر نقی پور^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
 ۲. دانشیار گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
 ۳. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
- * نویسنده مسئول: Jafari.ali@sku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۱

doi [10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465)

چکیده

در پژوهش حاضر مطلوبیت زیستگاه جبیر با نام علمی *Gazella bennettii shikarii* با بهره‌گیری از مدل آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت‌شده هرمود تعیین شد. برای اجرای مدل بر اساس ۴۵ نقطه حضور گونه از چهار گروه متغیر محیطی شامل اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و فاصله از عوامل انسان‌ساخت بهره‌گیری شد. همه داده‌ها به‌همراه نقاط حضور گونه برای مدل‌سازی به نقشه با فرمت یکسان تبدیل و وارد نرم‌افزار آنتروپی بیشینه شدند. مدل با ۱۰۰۰۰ نقطه پس‌زمینه و بیشینه ۱۵ اجرا شد. از شاخص سطح زیر منحنی نمودار ROC برای ارزیابی نتایج مدل و از آزمون جک‌نایف برای تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گونه استفاده شد. بر اساس نتایج آزمون جک‌نایف و جدول سهم نسبی متغیرها، متغیرهای فاصله از روستا، پوشش گیاهی، شیب و میانگین دمای روزانه به ترتیب با ۴۱/۱٪، ۱۶/۶٪، ۱۳/۷٪ و ۱۰/۳٪ دارای بیشترین اهمیت در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گونه بودند. مساحت زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب به ترتیب ۱۷/۶٪ و ۸۲/۴٪ از کل منطقه مطالعاتی برآورد شد. سطح زیر منحنی برابر ۰/۸۷ نشان‌دهنده دقت زیاد مدل در تعیین زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب گونه است. با توجه به تأثیر فاصله از روستا در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه جبیر، آموزش و افزایش فرهنگ محیط زیستی روستائیان ساکن در داخل و مجاور منطقه مورد مطالعه به‌عنوان راهکار مدیریتی ضروری پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای؛ متغیرهای محیطی؛ متغیرهای انسانی؛ منحنی‌های پاسخ گونه‌ای

استناد به این مقاله

یوسفی، برهان، جعفری، علی و نقی پور، علی اصغر. (۱۴۰۳). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جبیر با بهره‌گیری از مدل آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت‌شده هرمود استان فارس. *مدیریت بیابان*، ۱۲(۳)، ۵۵-۷۲. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465)



■ مقدمه

هستند، مانع از خطاهای ناشی از داده‌های عدم حضور اشتباه می‌شود (۱۶). در حال حاضر، یکی از پرکاربردترین و بهترین روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها که فقط از داده‌های حضور استفاده می‌کند، روش آنتروپی بیشینه یا MaxEnt است (۲۴). به دلیل محدودیت‌های بودجه، نیروی انسانی و زمان، مطالعه زیستگاه‌های همه گونه‌ها در مقیاس وسیع با مشکل مواجه است، لذا لازم است که بودجه‌های محدود حفاظتی و تلاش‌های مدیران و برنامه‌ریزان حفاظت به سمت گونه‌های بااهمیت اکولوژیک بیشتر یا در معرض خطر بیشتر سوق پیدا کند.

جیبر با نام علمی *Gazella bennettii shikarii* گونه پستاندار علفخوار مهم از خانواده گاوسانان و زیر خانواده آنتیلوپ‌ها است که از غرب و مرکز هندوستان به سمت پاکستان، جنوب افغانستان و تا ایران گسترش دارد. دامنه پراکنش جیبر در ایران شامل مرکز، جنوب و جنوب شرقی کشور و از جنوب رشته کوه البرز تا شرق زاگرس و به سمت جنوب تا جزایر خلیج فارس و به سمت جنوب شرقی تا نواحی مرزی سیستان و بلوچستان می‌شود (۱۸). جیبر در ایران دشت‌های خشک و خیلی خشک با میانگین بارندگی سالانه ۲۵۰-۵۰ mm و به‌طورمعمول تپه‌ماهورها را ترجیح می‌دهد (۲). از جمله بررسی انجام‌شده بر روی این‌گونه می‌توان به بررسی تأثیر عوامل محیطی بر مطلوبیت زیستگاه جیبر در پارک ملی کویر (۱۸)، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جیبر در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان (۳) و مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جیبر در منطقه حفاظت‌شده سنگ مس کرمان با استفاده از روش Hep (۲۲) اشاره نمود. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی مطلوبیت زیستگاه‌های موجود و شناخت زیستگاه‌های بالقوه جیبر در منطقه حفاظت‌شده هرمود با استفاده از روش آنتروپی بیشینه است تا بتوان از نتایج آن در حفاظت و مدیریت مطلوب‌تر این‌گونه استفاده نمود.

■ مواد و روش

منطقه حفاظت‌شده هرمود لارستان با وسعت تقریبی ۲۰۸۷۳۱ هکتار بین عرض جغرافیایی ۱۵' ۲۷° تا ۴۵' ۲۷° شمالی و طول جغرافیایی ۳۷' ۵۴° تا ۱۵' ۵۵°

انقراض بسیاری از گونه‌ها و تغییرات عمده در زیستگاه‌های طبیعی به دلیل رشد چشمگیر جمعیت انسان و در نتیجه توسعه کشاورزی و شهرها بوده است (۲۱). چالش اصلی که مدیران و برنامه‌ریزان حفاظت تنوع زیستی در قرن ۲۱ با آن مواجه هستند، تخریب و فروافت کیفیت زیستگاه‌ها به دلیل تغییر اقلیم است (۱۷). حفاظت گونه‌ها، وابسته به حفاظت زیستگاه‌های طبیعی آن‌ها است و این امر با شناخت دقیق‌تر زیستگاه‌ها امکان‌پذیر است (۱۵ و ۳۱). تاکنون بررسی‌های زیادی درباره ارتباط بین گونه‌های حیات‌وحش و محیط زیستگاهی آن‌ها انجام‌شده است که پیدا کردن این ارتباط با مدل‌سازی زیستگاه و تعیین الگوی توزیع گونه نسبت به عوامل محیطی ممکن می‌شود (۳). برای شناسایی، حفاظت و مدیریت زیستگاه، ارزیابی مطلوبیت آن‌ها اطلاعات مفیدی را در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان قرار می‌دهد (۲۷). در این راستا، بررسی و مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه یک راه‌حل علمی و عملی جهت برآورد محدوده پراکنش گونه‌ها است (۱۲)؛ زیرا مدل‌سازی این امکان را به بوم‌شناسان و کارشناسان حیات‌وحش می‌دهد تا درباره نیازهای اکولوژیکی گونه‌ها، موانع و عوامل محدودکننده پراکنش آن‌ها، جغرافیای زیستی، پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم، تخریب زیستگاه و هجوم گونه‌ها شناخت کسب کنند. کسب دانش و اطلاعات کافی از زیستگاه‌هایی که گونه‌های وحشی به‌نوعی به آن‌ها وابسته‌اند، کمک شایانی به انتخاب نوع مدیریت در جهت حفظ و پایداری جمعیت آن‌ها می‌کند. مدل‌های توزیع گونه‌ای جزو ابزارهای ضروری و مهم در بوم‌شناسی و جغرافیای زیستی هستند و به‌صورت گسترده‌ای در تحلیل اثرات طبیعی و انسانی بر روی گونه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲۶). این مدل‌ها از طریق همبستگی بین اطلاعات توزیع گونه و متغیرهای محیطی مربوطه می‌توانند توزیع بالقوه گونه را از طریق خوارزمیک-های (الگوریتم) متعدد مبتنی بر تئوری آشپان بوم‌شناختی (اکولوژیک) برآورد کنند (۷). مدل‌های مذکور به دو دسته شامل مدل‌های مبتنی بر داده‌های حضور-عدم حضور و مدل‌های مبتنی بر داده‌های حضور تقسیم‌بندی می‌شوند. استفاده از خوارزمیک‌هایی که با داده‌های حضور سازگار

طی بازدیدهای گسترده میدانی در فصل‌های مختلف سال ۱۴۰۲، نقاط حضور گونه در منطقه مورد مطالعه با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی^۱، در طول مسیرهای مشخصی از مناطق دشتی و تپه‌ماهوری ثبت شد. جهت کاهش همبستگی مکانی، در ثبت نقاط حضور گونه، حداقل فاصله ۱ km بین افراد مشاهده‌شده بر پایه میانگین گستره خانگی و تحرک گونه مدنظر قرار گرفت. همچنین برای یک یا چند فرد از گونه که با هم مشاهده شدند، به‌عنوان یک نقطه حضور ثبت گردید. بر این اساس، تعداد ۴۵ نقطه برای حضور جبیر در منطقه حفاظت‌شده هرمود ثبت شد.

داده‌های محیطی مورد استفاده

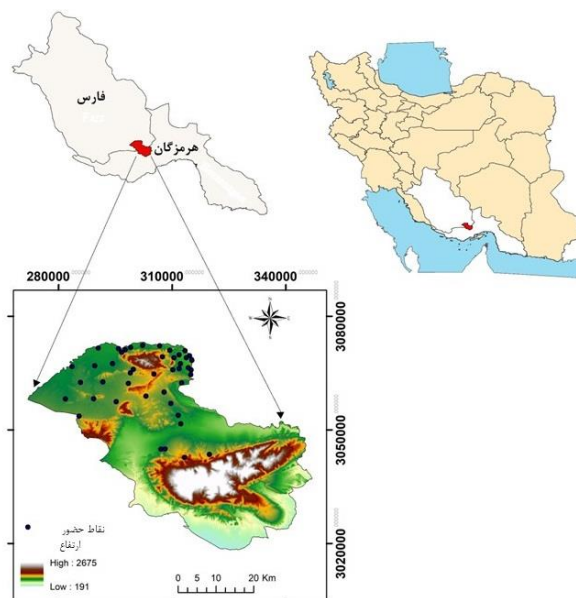
بر اساس منابع علمی و بوم‌شناسی گونه، چهار گروه متغیر محیطی شامل عوامل اقلیمی، پوشش گیاهی، عوامل توپوگرافی و عوامل انسانی که در تعیین مطلوبیت زیستگاه این گونه مؤثر می‌باشند، در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. داده‌های اقلیمی شامل میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهانه و مجموع بارش ماهانه در طی بازه زمانی حداکثر ۳۰ ساله از ۱۲ ایستگاه هواشناسی همدیدی^۲ و اقلیم‌شناسی موجود در داخل و مجاور منطقه مورد بررسی از سازمان هواشناسی دریافت شد (جدول ۱).

در جنوب شرقی استان فارس و به فاصله ۴۰ km تا شهر لار، در جنوب رشته‌کوه‌های زاگرس قرار گرفته است (شکل ۱). مرتفع‌ترین نقطه این منطقه، کوه شب با ارتفاع ۲۶۸۱ m در ضلع جنوبی منطقه است و کمترین ارتفاع در آن ۱۹۱ m می‌باشد. این منطقه بین دو استان هرمزگان و فارس قرار دارد و از سال ۱۳۵۳ در فهرست مناطق حفاظت‌شده به ثبت رسیده است. آب و هوای منطقه گرم و خشک است و بارندگی بسیار کم و به‌صورت سیلابی رخ می‌دهد. تنوع گیاهی و جانوری منطقه حفاظت‌شده هرمود به‌دلیل تنوع اقلیمی و توپوگرافی منطقه، زیاد می‌باشد، به‌طوری‌که بیش از ۱۰ گونه پستاندار، انواع پرندگان خشکی‌زی بومی و مهاجر و انواع خزندگان از خانواده افعی‌ها، مارها و مارمولک‌ها را می‌توان در این منطقه مشاهده کرد (۲۸).

از عوامل تهدید این منطقه می‌توان به خشکسالی‌های متناوب، شکار غیرمجاز، چرای غیرمجاز، وجود جاده شیراز- بندرعباس، وجود کشاورزی در اطراف، تصرف اراضی و ورود انسان به منطقه در فصل رویش انواع قارچ‌های خوراکی و گیاهان داروئی اشاره کرد.

روش پژوهش

تهیه نقاط حضور گونه جبیر



شکل ۱. موقعیت منطقه حفاظت‌شده هرمود در ایران به همراه نقاط حضور گونه

² Synoptic

¹ Global Positioning System (GPS)

داده‌های اقلیمی شامل میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهانه و مجموع بارش ماهانه در طی بازه زمانی حداکثر ۳۰ ساله از ۱۲ ایستگاه هواشناسی همدیدی^۱ و اقلیم‌شناسی موجود در داخل و مجاور منطقه مورد بررسی از سازمان هواشناسی دریافت شد (جدول ۱). برای ایجاد متغیرهای زیست‌اقلیمی در نرم‌افزار R از تابع biovars در محیط Rstudio و پکیج dismo استفاده شد و نقشه متغیرهای اقلیمی با نام Bio که شامل Bio1-Bio19 است، استخراج شد (جدول ۲). سپس با استفاده از روش میان‌یابی فاصله معکوس وزنی (IDW) در نرم‌افزار ArcGIS10.3 نقشه‌های زیست‌اقلیمی تولید شدند.

داده‌های توپوگرافی منطقه شامل درصد شیب، جهت شیب و ارتفاع، با به‌کارگیری مدل رقومی ارتفاع (DEM) با اندازه سلول ۸۵m در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تولید و به‌عنوان متغیرهای توپوگرافی مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه پوشش گیاهی نیز با تعیین تیپ‌های غالب گیاهی موجود در منطقه تهیه شد (۲۸). بر این اساس، منطقه به ۱۳ طبقه شامل (۱) تیپ آکاسیا-کهور (*Ac.to-*)، پوشش (صخره‌ها، مناطق مسکونی، اراضی بایر)؛ (۴) ارس (*Ju.ex*)؛ (۵) باغ؛ (۶) شور بیابانی (*Sa.to*)؛ (۷) شور بیابانی-درمنه دشتی (*Sa.to-Ar.si*)؛ (۸) شور بیابانی-گون (*Sa.to-*)

داده‌های اقلیمی شامل میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهانه و مجموع بارش ماهانه در طی بازه زمانی حداکثر ۳۰ ساله از ۱۲ ایستگاه هواشناسی همدیدی^۱ و اقلیم‌شناسی موجود در داخل و مجاور منطقه مورد بررسی از سازمان هواشناسی دریافت شد (جدول ۱). برای ایجاد متغیرهای زیست‌اقلیمی در نرم‌افزار R از تابع biovars در محیط Rstudio و پکیج dismo استفاده شد و نقشه متغیرهای اقلیمی با نام Bio که شامل Bio1-Bio19 است، استخراج شد (جدول ۲). سپس با استفاده از روش میان‌یابی فاصله معکوس وزنی (IDW) در نرم‌افزار ArcGIS10.3 نقشه‌های زیست‌اقلیمی تولید شدند.

داده‌های توپوگرافی منطقه شامل درصد شیب، جهت شیب و ارتفاع، با به‌کارگیری مدل رقومی ارتفاع (DEM) با اندازه سلول ۸۵m در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تولید و به‌عنوان متغیرهای توپوگرافی مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه پوشش گیاهی نیز با تعیین تیپ‌های غالب گیاهی موجود در منطقه تهیه شد (۲۸). بر این اساس، منطقه به ۱۳ طبقه شامل (۱) تیپ آکاسیا-کهور (*Ac.to-*)، پوشش (صخره‌ها، مناطق مسکونی، اراضی بایر)؛ (۴) ارس (*Ju.ex*)؛ (۵) باغ؛ (۶) شور بیابانی (*Sa.to*)؛ (۷) شور بیابانی-درمنه دشتی (*Sa.to-Ar.si*)؛ (۸) شور بیابانی-گون (*Sa.to-*)

جدول ۱. ایستگاه‌های هواشناسی (اقلیم‌شناسی و همدیدی) مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	مختصات جغرافیایی ایستگاه
۱	حاجی‌آباد هرمزگان	همدیدی	۳۹۳۱۳۳/۱۵-۳۱۳۲۰۲۵/۵۵
۲	بستک	همدیدی	۲۳۸۵۰۵/۳۰-۱۲۴۵۰-۹۹/۹۷
۳	بندرلنگه (ساحل)	همدیدی	۲۹۰۸۳۳/۲۹۴۰۵۲۵-۱۹/۲۹
۴	بندر خمیر	همدیدی	۳۵۸۰۵۰/۲۹۸۱۷۰۰-۸۴
۵	بندرلنگه	همدیدی	۲۸۳۷۸۳/۲۹۳۶۲۰۹-۹۲/۵۸
۶	تنگ زاغ	اقلیم‌شناسی	۳۹۴۷۶۲/۳۰۹۴۴۰-۳۳/۰۳
۷	گنو	اقلیم‌شناسی	۴۱۷۹۴۳/۳۰۳۱۰۱۳-۱۰/۷۲
۸	تاشکویه (کاله گاه)	اقلیم‌شناسی	۳۴۷۷۵۸/۳۱۱۱۴۶۶-۸۶/۲۲
۹	زرین‌دشت	همدیدی	۲۴۷۹۱۳/۳۱۳۹۷۷۱-۰۹/۲۷
۱۰	لار	همدیدی	۲۳۱۷۵۱/۳۰۶۱۷۱۹-۸۷/۸۷
۱۱	درز و سایبان	اقلیم‌شناسی	۳۴۴۴۳۸/۳۰۸۲۶۹۶-۹۱/۵۱
۱۲	گراش	اقلیم‌شناسی	۲۸۸۶۵۷/۳۰۶۳۴۵۷-۷۶/۳۴

^۱ Synoptic

جدول ۲. توصیف متغیرهای زیست‌اقليمی

واحد‌ها	توصیف اقلیمی	نماینه متغیر	واحد‌ها	توصیف اقلیمی	نماینه متغیر
°C	میانگین دمای سردترین فصل سال	Bio11	°C	میانگین دمای سالانه	Bio1
mm	مجموع بارندگی سالانه	Bio12	°C	میانگین دامنه دمای روزانه	Bio2
mm	مجموع بارندگی پر بارش‌ترین ماه	Bio13	°C	شاخص هم‌دمایی	Bio3
mm	مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین ماه	Bio14	°C	تغییرات فصلی دما	Bio4
%	تغییرات فصلی بارندگی (ضریب تغییرات)	Bio15	°C	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال	Bio5
mm	مجموع بارندگی پر بارش‌ترین فصل سال	Bio16	°C	حداقل دمای سردترین ماه سال	Bio6
mm	مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال	Bio17	°C	دامنه سالانه دما (Bio5-Bio6)	Bio7
mm	مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل سال	Bio18	°C	میانگین دمای پر بارش‌ترین فصل سال	Bio8
mm	مجموع بارندگی سردترین فصل سال	Bio19	°C	میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال	Bio9
			°C	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	Bio10

مدل‌سازی

نقاط حضور گونه در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 به‌عنوان متغیر وابسته تبدیل به لایه رقومی شد. لایه‌های محیطی نیز به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. در ادامه با استفاده از مدل‌سازی در نرم‌افزار MaxEnt، نمودارهای پاسخ گونه به متغیرهای محیطی به‌دست‌آمده و نقشه توزیع مکانی و مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه تهیه شد. برای اجرای مدل، از ۱۰۰۰۰ نقطه به‌عنوان پس‌زمینه و حداکثر ۱۵ تکرار استفاده شد. همچنین، ۷۰٪ از نقاط حضور برای ساختن مدل و ۳۰ درصد دیگر برای ارزیابی نتایج مدل استفاده شد. برای تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گونه نیز از آزمون جک‌نایف استفاده شد. برای مشخص کردن حد آستانه زیستگاه مطلوب و نامطلوب برای گونه جبیر یعنی تهیه نقشه دوتایی، از حد آستانه ۱۰٪ و داده‌های حضور آموزشی^۱ استفاده شد (۲۵).

ارزیابی مدل

در پژوهش حاضر از سطح زیر منحنی^۲ (AUC) نمودار ویژگی عامل پذیرنده^۳ (ROC) برای بررسی اعتبار نتایج مدل استفاده شد که یکی از متداول‌ترین روش‌های ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی است (۸). در این روش، نتایج ارزیابی نسبتاً واقعی هستند زیرا مقدار سطح زیر منحنی تحت تأثیر آستانه قرار نمی‌گیرد و به همین دلیل به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی اعتبار نتایج مدل‌های پراکنش گونه‌ای استفاده

می‌شود (۱۰). در واقع، قدرت تشخیص میان نقاط حضور و عدم حضور برابر با سطح زیر منحنی (AUC) مدل است (۲۳). خودکفایی ارزیابی مدل یکی از نقاط قوت مدل حداکثر آنتروپی است (۱۷). در صورتی که عدد سطح زیر منحنی (AUC) کمتر از ۰/۷ باشد نشان‌دهنده توانایی ضعیف مدل در پیش‌بینی، مقادیر ۰/۸-۰/۷ نشان‌دهنده یک پیش‌بینی قابل قبول، مقادیر ۰/۹-۰/۸ نشان‌دهنده پیش‌بینی خوب و مقدار بیشتر از ۰/۹ نشان‌دهنده توانایی پیش‌بینی عالی مدل است (۹). مقدار سطح زیر منحنی ROC همواره مقداری بین ۰/۵ تا ۱ را شامل می‌شود. مقدار ۰/۵ نشان‌دهنده این است که قدرت پیش‌بینی مدل معادل با زمانی است که پیش‌بینی به‌صورت تصادفی انجام شده باشد و مقدار ۱ نشان‌دهنده بالاترین درجه اطمینان به نتایج مدل است (۲۳).

نتایج

مطلوبیت زیستگاه

نقشه خروجی مطلوبیت زیستگاه دامنه‌ای از مطلوبیت را به شکل پیوسته از مقادیر صفر تا یک برای نمایش مطلوبیت زیستگاه ارائه می‌کند. عدد یک نشان‌دهنده بالاترین مطلوبیت و صفر نشان‌دهنده پایین‌ترین مطلوبیت می‌باشد (۲۰). از این‌رو با استفاده از آستانه مطلوبیت، نقشه خروجی مدل طبقه‌بندی شد و نقشه مطلوب و نامطلوب زیستگاه تهیه گردید (شکل ۲). درصد مساحت عرصه‌های زیستگاه مطلوب

³ Receiver operating characteristics curve

¹ 10 Percentile training presence Logistic threshold

² Area Under the Curve (AUC)

مدل‌سازی و دیگری آزمون جک‌نایف است که هر دو توسط نرم‌افزار تعیین می‌شوند (۷). بر اساس ضرایب اهمیت، در منطقه حفاظت‌شده هرمود، متغیرهای فاصله از روستا، پوشش گیاهی، شیب و میانگین دمای روزانه به ترتیب با ۴۱٪، ۱۶٪، ۱۳٪ و ۱۰٪ مهم‌ترین متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه جیبر هستند (شکل ۴). باین‌حال، مطابق آزمون جک‌نایف، متغیر میانگین دمای روزانه به‌تنهایی بیشترین قدرت پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه جیبر را دارد؛ بنابراین، با حذف این متغیر، قدرت پیش‌بینی مدل بیشتر از حذف سایر متغیرها کاهش می‌یابد (شکل ۵). به‌عبارت‌دیگر، طبق آزمون جک‌نایف، اگر قرار باشد تنها با یک متغیر مطلوبیت زیستگاه جیبر را تعیین یا پیش‌بینی کرد، متغیر میانگین دمای روزانه در اولویت اول قرار خواهد گرفت.

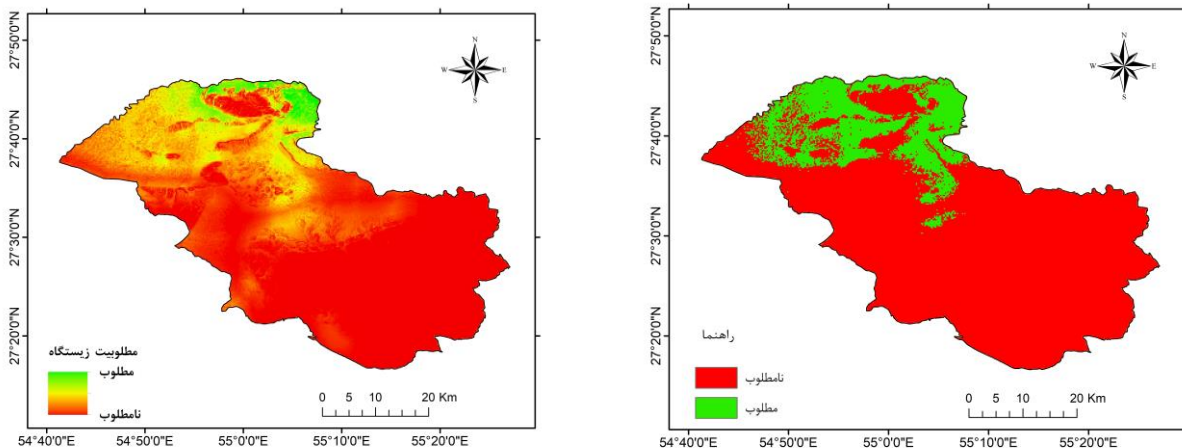
معادل ۱۷/۶٪ و زیستگاه نامطلوب معادل ۸۲/۴٪ از منطقه حفاظت‌شده هرمود برآورد شد.

اعتبارسنجی مدل

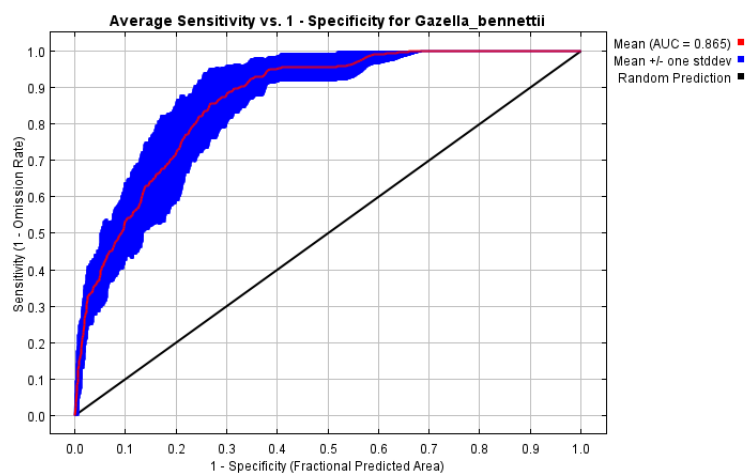
شاخص سطح زیر منحنی پلات ROC برابر با حدود ۰/۸۷ محاسبه شد که با توجه به اینکه بین عدد ۰/۸ و ۰/۹ است، در طبقه خوب قرار می‌گیرد (۲۰) (شکل ۳).

اهمیت متغیرهای محیطی در مطلوبیت زیستگاه گونه

یکی از اهداف مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها، شناسایی متغیرهای زیستگاهی است که اهمیت بیشتری در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه دارند. نرم‌افزار MaxEnt این اهمیت را به دو روش مشخص می‌کند: یکی بررسی ضرایب اهمیت یا سهم نسبی^۱ متغیرهای مشارکت‌کننده در

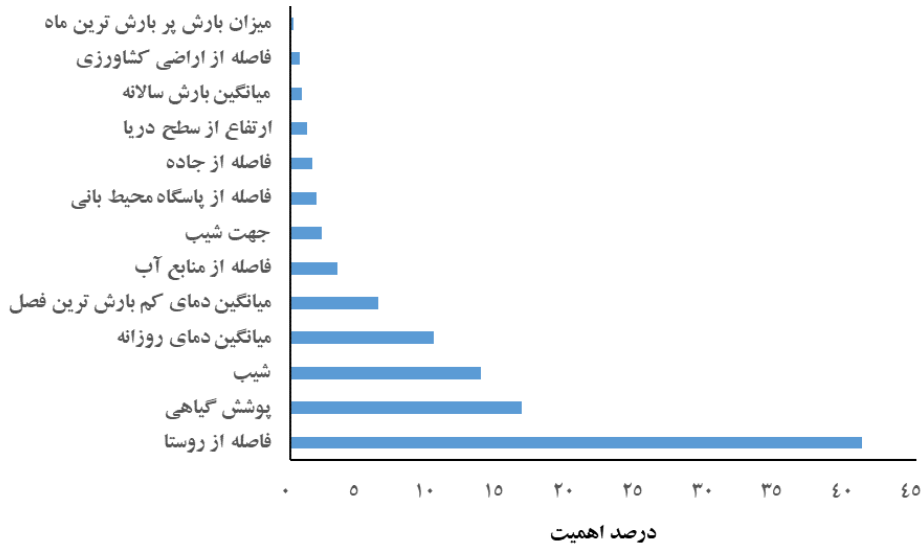


شکل ۲. نقشه طبقه‌بندی مطلوبیت زیستگاه (صفر و یک، سمت راست) و نقشه مطلوبیت زیستگاه (پیوسته، سمت چپ)

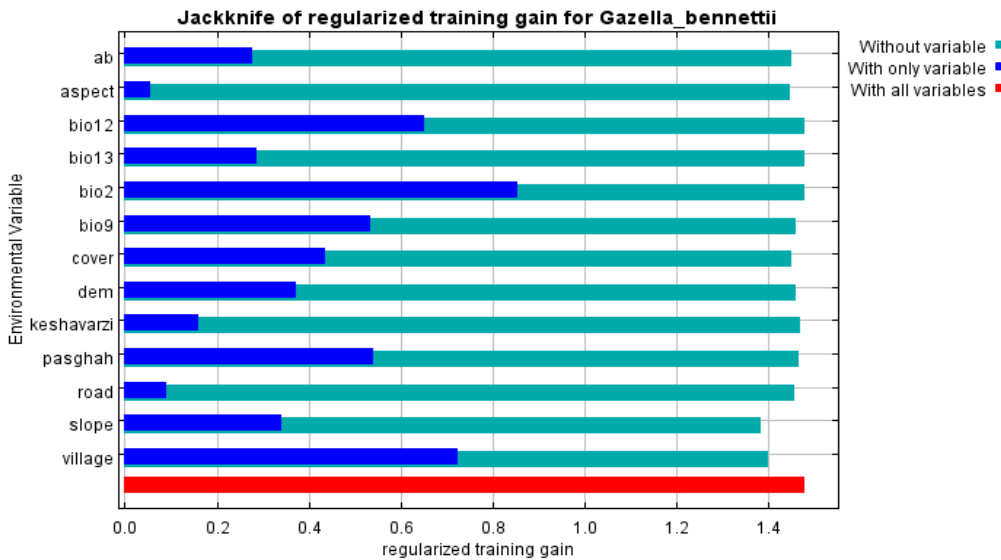


شکل ۳. منحنی ROC محاسبه‌شده توسط مدل MaxEnt

¹ Relative Contribution



شکل ۴. درصد مشارکت متغیرهای محیطی در مدل سازی مطلوبیت زیستگاه گونه جبیر



شکل ۵. اهمیت متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه جبیر بر اساس نمودار جک‌نایف

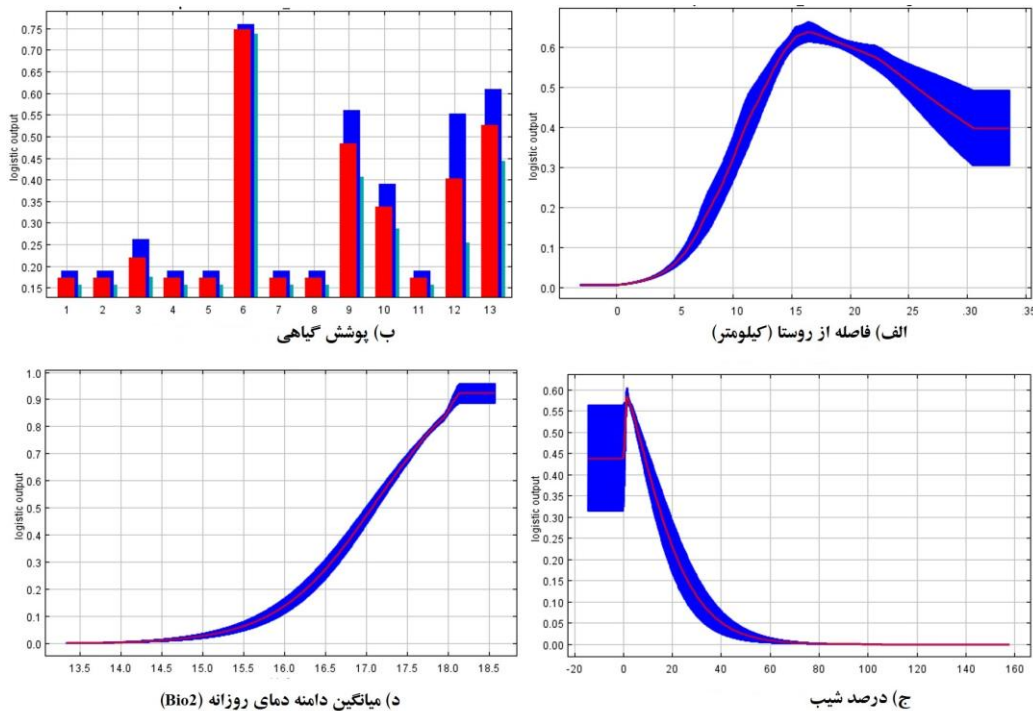
منحنی‌های پاسخ گونه

منحنی‌های پاسخ گونه‌ای مربوط به متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل سازی گونه بررسی شد (شکل ۶). این منحنی‌ها، پاسخ حضور گونه را در مقابل گرادیان یا شیب تغییرات یک عامل محیطی نشان می‌دهند. مطابق منحنی‌های پاسخ، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از روستا و میانگین دمای روزانه، احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد. بیشترین حضور گونه در محدوده بین ۱۷/۵ °C تا ۱۸/۵ °C میانگین دمای روزانه است. از طرفی، با افزایش شیب، احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد. از نظر متغیر

پوشش گیاهی، بیشترین حضور گونه در تیپ مرتعی *Sa.to* با غالبیت گونه شور بیابانی (*Salsola tomentosa*) می‌باشد. همچنین مطابق منحنی پاسخ، عدم قطعیت مدل در حد بالای دامنه مطلوبیت افزایش یافته و قدرت پیش‌بینی مدل کاهش می‌یابد (شکل ۶).

■ بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر نقشه مطلوبیت زیستگاه جبیر در محدوده منطقه حفاظت‌شده هرمود با استفاده از روش بیشینه آنتروپی (نرم‌افزار MaxEnt) تهیه شد.



شکل ۶. منحنی‌های پاسخ چهار متغیر مهم در پراکنش جیبر شامل فاصله از روستا (الف)، پوشش گیاهی (ب)، میانگین دمای روزانه (ج) و درصد شیب (د)

روستاها دارند. فاصله از روستا بیشترین اهمیت را بر مطلوبیت زیستگاه جیبر در منطقه مورد مطالعه دارد. بر اساس نتایج، با افزایش فاصله از روستا، میزان مطلوبیت زیستگاه برای جیبر افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد فاصله گرفتن از روستا به منظور یافتن پناه‌گاهی برای جلوگیری از شکار، به‌عنوان یکی از متغیرهای انتخاب زیستگاه از نظر گونه جیبر در منطقه مورد بررسی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در بررسی‌ای که در مناطق جنوبی کشور تونس روی آهوی دورکاس (*Gazella dorcas*) انجام شد (۵) مشخص شد که متغیرهای انسانی و به‌ویژه فاصله از اراضی کشاورزی مهم‌ترین عوامل شکل‌دهنده الگوی توزیع این‌گونه بودند. همچنین، مطالعه صورت گرفته روی وضعیت زیستگاه آهوی کوپیری (*Gazella cuvieri*) در شمال آفریقا (۱۴) نیز نشان داد که حضور و پراکنش این‌گونه، تحت تأثیر افزایش فاصله از سکونتگاه‌های انسانی و مناطق با تراکم جمعیت کم انسانی می‌باشد. در پژوهش مذکور، چرای بی‌رویه که ناشی از باز شدن جاده‌های جدید و حضور دامداران محلی در آن منطقه بوده و تحت تأثیر عوامل انسانی قرار دارد، به‌عنوان یکی از عوامل تهدیدکننده زیستگاه ذکر شده است. این نتایج با یافته‌های پژوهش

نتایج نشان داد که مقدار سطح زیر منحنی (AUC) در محدوده خوب قرار دارد. بررسی‌های مختلف نیز نشان داده‌اند که خوارزمیک آنتروپی بیشینه در بین مدل‌های موجود در خصوص مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، یکی از کارآمدترین روش‌های مؤثر می‌باشد (۳۰).

مدل آنتروپی بیشینه به دلیل دقت زیاد آن در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها و توانایی آن برای کار با داده‌های محدود انتخاب شد (۳۰) اگرچه استفاده از چندین مدل یا مدل‌های اجماعی می‌تواند نتایج متنوعی به دست دهد، هدف پژوهش حاضر ساده‌سازی فرایند و ارائه نتایجی روشن و قابل تفسیر بود.

مدل آنتروپی بیشینه به‌عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند و معتبر در بوم‌شناسی گونه‌ها، توسط بسیاری از محققان برجسته مورد استفاده قرار گرفته و نتایج دقیق و قابل اعتمادی در مطالعات مختلف ارائه شده است (۱۱، ۳۰). بر اساس نتایج، ۳۶۷۴۶ha معادل ۱۷/۶٪ از منطقه حفاظت شده هرمود، زیستگاه مطلوب و ۱۷۱۹۸۵ha معادل ۸۲/۴٪ به‌عنوان زیستگاه نامطلوب برای جیبر شناخته شد. مناطق مطلوب جیبر در بخش‌های شمال و شمال شرقی منطقه قرار دارند که بیشترین فاصله را با عوامل انسانی به‌ویژه

یکی از عوامل اصلی مطلوبیت زیستگاه جبیر در مناطق مذکور تشخیص داده شده‌اند؛ اما در منطقه حفاظت‌شده هرمود، به دلیل وجود منابع آب کافی در سراسر محدوده، پراکنش جبیر، مشکلی از لحاظ کمبود آب وجود ندارد. این منابع شامل چشمه‌های طبیعی و آبشخورهای مصنوعی است که با حمایت مالی خیران منطقه توسط محیط‌زیست احداث شده‌اند. هرچند جبیر می‌تواند بدون نیاز به آب آزاد به حیات خود ادامه دهد و با تغذیه از گیاهان دارای محتوای آب زیاد نیاز آبی خود را تأمین کند (۱۸). توزیع این گونه در بوم‌سازگان‌های دشتی و تپه‌ماهوری موجب دسترسی آسان به زیستگاه و در نتیجه افزایش آسیب‌پذیری نسبت به شکار می‌شود؛ بنابراین، کنترل ورود و خروج افراد متفرقه به‌ویژه در فصل رویش انواع قارچ‌های خوراکی و گیاهان دارویی به منطقه، آموزش و ترویج دانش و فرهنگ محیط زیستی جامعه محلی ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به کاهش شدید جمعیت و محدوده پراکنش جبیر در ایران (۳) و اهمیت آن در تأمین خوراک دیگر گوشت‌خواران مهمی همچون پلنگ، جلوگیری از تخریب و حفاظت مناسب از زیستگاه مطلوب این گونه در منطقه مورد بررسی بسیار اهمیت دارد. این اقدام شامل عدم صدور مجوز توسعه جاده‌ها، بهره‌برداری از معادن موجود در منطقه و انجام بررسی تکمیلی برای تعیین مسیر و کریدورهای جابجایی جمعیت این گونه به مناطق خارج از منطقه حفاظت‌شده می‌باشد. جبیر گونه‌ای ویژه‌خوار است و بقاء آن متکی به وضعیت رستنی‌های طبیعی در زیستگاهش می‌باشد (۶). از طرفی، تعدادی از افراد بومی مجاور منطقه به نگهداری دام اهلی شتر مشغول‌اند؛ بنابراین، حفاظت از وضع طبیعی زیستگاه، به‌ویژه پیشگیری از چرای غیرمجاز و بی‌رویه شتر در منطقه اهمیت زیادی دارد، زیرا گیاهان مصرفی جبیر مورد علاقه شتر نیز هستند (۲، ۳۲) تغذیه این گیاهان توسط شتر منجر به افزایش مهاجرت جبیر به خارج از منطقه حفاظت‌شده و فراهم کردن زمینه شکار آن‌ها توسط شکارچیان غیرمجاز می‌شود. همچنین، ورود و خروج شتر به منطقه می‌تواند انتقال بیماری به حیات‌وحش را محتمل کند که این مورد نیز باید مدنظر مدیران منطقه قرار گیرد.

حاضر در مورد تأثیر عوامل انسانی همخوانی دارد. همچنین مطالعه دیگری (۴) نشان داد که سازمان جمعیتی آهوها تحت تأثیر حضور انسان به اشکال مختلف از جمله اماکن مسکونی قرار دارد.

پوشش گیاهی تأثیر زیادی بر بوم‌سازگان‌ها و جمعیت‌های حیات‌وحش دارد، زیرا تأمین‌کننده منابع غذایی، مکان‌های استراحت و پناه‌گاه‌های حیوانات است. گونه‌های مختلف گیاهی، با توجه به ساختار و ترکیب خود، شرایط زیستی متفاوتی را برای گونه‌های جانوری فراهم می‌کنند (۱۸، ۲۹). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پوشش گیاهی به‌عنوان دومین عامل مهم در مطلوبیت زیستگاه این گونه نقش دارد و بیشترین حضور گونه نیز در تیپ مرتعی شور بیابانی (*Salsola tomentosa*) می‌باشد. در بررسی‌های مشابه، اهمیت پوشش گیاهی در مطلوبیت زیستگاه‌های جبیر و دیگر گونه‌های حیات‌وحش نیز مورد تأیید قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، در پژوهشی در پارک ملی کویر، نتایج نشان داد که تیپ پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین متغیرهای تأثیرگذار (سومین عامل) بر ساخت مدل پراکنش جمعیت جبیر است (۱۸). علاوه بر این، در پژوهشی در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان، پوشش گیاهی به‌عنوان دومین متغیر اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاه جبیر معرفی شد (۲۹). در بررسی دیگر، زیستگاه تابستانه جبیر در پارک ملی خبر کرمان بررسی شد و نتایج نشان داد که پوشش گیاهی به‌ویژه گونه‌های شورپسند اهمیت زیادی در زیستگاه جبیر در آن منطقه دارد (۱۹). همچنین، مطالعه‌ای در پناه‌گاه حیات‌وحش موته نشان داد که جامعه گیاهی شوره‌زار با تنوع بالایی از گونه‌های مقاوم به شوری در تمام فصول، به‌خصوص در فصل زمستان، بیشترین میزان استفاده توسط آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa*) را دارد (۱۳). این بررسی‌ها همگی نشان‌دهنده اهمیت زیاد پوشش گیاهی و به‌خصوص گیاهان شورپسند در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه جبیر هستند و تأکیدی بر نقش کلیدی این عامل در مدل‌سازی زیستگاه‌های مختلف دارند. از طرفی، در پژوهش‌هایی که در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان (۲۹) و پارک ملی کویر (۱۸) روی گونه جبیر انجام گرفته است، منابع آب به‌عنوان

مدل‌های متعدد و ترکیب آن‌ها با مدل آنتروپی بیشینه می‌تواند به کاهش عدم قطعیت‌ها کمک کرده و نتایج قابل اطمینان‌تری به دست آورد.

■ سپاسگزاری

نویسندگان پژوهش حاضر مراتب سپاس و قدردانی خود را از مدیریت و محیط‌بانان زحمتکش منطقه حفاظت‌شده هرمود که در مرحله برداشت نقاط حضور گونه صمیمانه همکاری نمودند، اعلام می‌دارند.

تغذیه دستی موقت و پایش مداوم آبشخورها و در صورت نیاز، آبرسانی به آبشخورهای مصنوعی در خشک‌سالی‌ها نیز برای جلوگیری از مهاجرت بیشتر جمعیت جیبر به خارج از منطقه حفاظت‌شده پیشنهاد می‌شود.

در پژوهش حاضر، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جیبر با استفاده از مدل آنتروپی بیشینه انجام شد که نتایج ارزشمندی ارائه داد. با این حال، با توجه به افزایش نگرانی‌های جهانی درباره اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر گونه‌ها و اکوسیستم‌ها، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، اثرات سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بر مطلوبیت زیستگاه جیبر مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این، استفاده از

■ References

- Adibi, M.A., Karami, M. & Kaboli, M. (2014). Study of seasonal changes in habitat suitability of Caracal (*Caracal schmitzi*, Maschie, 1812) in the central desert of Iran. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5, 95-106.
- Akbari, H., Habibipoor, A. & Mousavi, J. (2013). Investigation on habitat preferences and group sizes of Chinkara (*Gazella bennettii*) in Dareh-Anjeer wildlife refuge, Yazd province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2(3), 81-90. Doi: 20.1001.1.24763128.1392.2.3.7.0. [In Persian]
- Akbari, H., Moradi, H.V., Sarhangzadeh, J. & Shams Esfandabad, B. (2014). Population status, distribution, and conservation of the Chinkara, *Gazella bennettii*, in Iran (Mammalia: Bovidae). *Zoology in the Middle East*, 60(3), 189-94. DOI: 10.1080/09397140.2014.944425.
- Behrouzi-Rad, B., Hassanzadeh-Keyabi, B. & Akbari, H. (2010). Social organization and reproductive behavior of goitered Gazelle (*Gazella subgutturosa*) in Kalmand-Bahadoran area, Yazd. *Journal of Natural Environmental Science*;63(1), 15-22. [In Persian]
- Chammem, M., Selmi, S., Nouria, S. & Khorchani, T. (2008). Factors affecting the distribution of dorcas gazelle. *Journal of Zoology*. 275(2), 146-152. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2008.00421.x
- Dookia, S. & Jakher, G.R. (2007). Food and feeding habit of Indian gazelle (*Gazella bennettii*) in the Thar desert of Rajasthan. *Indian Forester*, 133(10), 1327-1340. DOI:10.36808/if/2007/v133i10/1598
- Elith, J. & Leathwick, J.R. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 40, 677-697. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. & Yates, C.J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*. 17(1), 43-57. DOI:10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x
- Eskildsen, A., le Roux, P.C., Heikkinen, R.K., Høye, T.T., Kissling, W.D., Pöyry, J., Wisz, M.S. and Luoto, M., 2013. Testing species distribution models across space and time: high latitude butterflies and recent warming. *Global Ecology and Biogeography*, 22(12), 1293-1303. DOI: 10.1111/geb.12078
- Franklin, J., 2010. *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge University Press.

11. Fu, A., Gao, E., Tang, X., Liu, Z., Hu, F., Zhan, Z., Wang, J. & Luan, X. (2023). MaxEnt modeling for predicting the potential wintering distribution of Eurasian spoonbill (*Platalea leucorodia leucorodia*) under Climate Change in China. *Animals*, 13, 856. DOI: 10.3390/ani13050856
12. Fukuda, S., Tanakura, T., Hiramatsu, K. & Harada, M. (2015). Assessment of spatial habitat heterogeneity by coupling data-driven habitat suitability models with a 2D hydrodynamic model in small-scale streams. *Ecological Informatics*, 29, 147-155. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2014.10.003
13. Hemami, M., Hazeri, F., & Khajedin, S. (2009). Vegetation Community Use by Persian Gazelle (*Gazella subgutturosa*) in Mouteh Wildlife Refuge. *Journal of Crop Production and Processing*, 13 (48): 427-435. DOI:20.1001.1.22518517.1388.13.48.29.4 [In Persian]
14. Herrera-Sánchez, F.J., Gil-Sánchez, J.M., Álvarez, B., Cancio, I., de Lucas, J., Arredondo, Á., Díaz-Portero, M.Á., Rodríguez-Siles, J., Sáez, J.M., Pérez, J. & McCain, E. (2020). Identifying priority conservation areas in a Saharan environment by highlighting the endangered Cuvier's Gazelle as a flagship species. *Scientific Reports*. 10(1), 8241. DOI: 10.1038/s41598-020-65188-6.
15. Herzog, F., Lüscher, G., Arndorfer, M., Bogers, M., Balázs, K., Bunce, R.G., Dennis, P., Falusi, E., Friedel, J.K., Geijzendorffer, I.R. & Gomiero, T. (2017). European farm-scale habitat descriptors for the evaluation of biodiversity. *Ecological Indicators*, 77, 205-217. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.01.010.
16. Hoseini, S.M., Riazi, B., Shams Esfand-Abad, B. & Naderi, M. (2017). Habitat desirability Evaluation of *Capra aegagrus* in Golestan. *Journal of Animal Environment*, 9(2), 9-16. [In Persian]
17. Isaac, J.L., Williams, S. E. & Medina L.S. (2024). *Climate Change and Extinctions. Encyclopedia of Biodiversity* (Third Edition), 4: 324-330.
18. Jamshidi, R., Imani Hersini, R., Ramzani, M., & Riazi, B. (2019). The Impact of Environmental Factors on the distribution of suitable habitats for populations of wild Goitered Gazelle (*Gazella bennetti*) in Kavir national park. *Journal of Animal Environment*, 11(4), 15-22. [In Persian]
19. Kharazmi, F., Agha-Najafzadeh, S., & Naderi, G.R. (2014). *Evaluation of the summer habitat of Gazella bennettii in Khabr National Park, Kerman*. Paper presented in "the third national conference on health, environment and sustainable development. Islamic Azad University of BandarAbbas. [In Persian]
20. Li, S., Wang, Z., Zhu, Z., Tao, Y. and Xiang, J., 2023. Predicting the potential suitable distribution area of *Emeia pseudosauteri* in Zhejiang Province based on the MaxEnt model. *Scientific Reports*, 13(1), p.1806. DOI: 10.1038/s41598-023-29009-w
21. Luck, G.W., 2007. A review of the relationships between human population density and biodiversity. *Biological Reviews*, 82(4), 607-645. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2007. 00028.x
22. Moravvati, M., Behnoud, M., Bahadori, A.F. & Aref Kia I. (2018). Assessing the suitability of gazelle (*Gazella bennettii*) habitat using HEP method (Case study: Copper Ore Protected Area). *Journal of Animal Environment*, 11(3), 21-28. [In Persian]
23. Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
24. Phillips, S.J., Dudík, M. & Schapire, R.E. (2004). *A maximum entropy approach to species distribution modeling*. The twenty-first international conference on Machine learning. Banff, Alberta, Canada. DOI: 10.1145/1015330.1015412

25. Rodríguez-Escolar, I., Hernández-Lambrano, R.E., Sánchez-Agudo, J.Á., Collado-Cuadrado, M., Sioutas, G., Papadopoulos, E. and Morchón, R., 2024. Ecological niche modeling analysis (*Cx. pipiens*), potential risk and projection of *Dirofilaria spp.* infection in Greece. *Veterinary Parasitology*, 328, p.110172. DOI: 10.1016/j.vetpar.2024.110172
26. Rios, E.B., Sadler, J., Graham, L. & Matthews, T. J. (2024). Species distribution models and island biogeography: Challenges and prospects, *Global Ecology and Conservation*, 51, e02943. DOI: 10.1016/j.gecco. 2024.e02943
27. Rüter, S., Matthies, S.A. & Zoch, L. (2017). Applicability of Modified Whittaker plots for habitat assessment in urban forests: Examples from Hannover, Germany. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 116-128. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.11.008
28. Sabzpooshan Fars Consultant Engineering, (2014). *Feasibility study of management plan of Hormod protected area*. Tehran, Department of Environment publication. [In Persian]
29. Sarhangzadeh, J. & Akbari, H. (2019). Potential Habitat Suitability Modeling of Shikarii Goitered Gazelle (*Gazella bennettii shikarii*) in Naybandan Wildlife Refuge. *Quarterly Journal of Experimental Biology*, 7(3), 59-70. DOI: 10.30473/eab.2018.5325 [In Persian]
30. Valavi, R., Guillera-Arroita, G., Lahoz-Monfort, J.J. & Elith, J. (2022). Predictive performance of presence-only species distribution models: a benchmark study with reproducible code. *Ecological Monographs*, 92(1), p. e01486. DOI: 10.1002/ecm.1486
31. Yang, H., Viña, A., Tang, Y., Zhang, J., Wang, F., Zhao, Z. & Liu, J. (2017). Range-wide evaluation of wildlife habitat change: A demonstration using Giant Pandas. *Biological Conservation*, 213, 203-209. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.07.010
32. Zargarán, M., Baghestani, M.N. & Javadi, S.A. (2010). An investigation of the rangeland species preference for camel grazing in Tabas. *Renewable Natural Resources Researches*, 1(1), 53-61. [In Persian]

Assessing the Resilience of Rural Settlements in Mahneshan Township Against Food Insecurity in Drought Conditions

M. Mohammadloo¹, A. Rahmani Fazli^{2*}, J. Sajjadi², Mehdi. Cheraghi³

1. Ph.D. student, Department of Human Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Human Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Human Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

* Corresponding Author: ar_rahmanifazli@sbu.ac.ir

Received date: 12/07/2024

Accepted date: 28/09/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2035159.1472](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2035159.1472)

Abstract

One of the significant consequences of reduced resilience in human settlements, driven by climate change and drought, is the rise in food insecurity. The counties within Zanjan Province face varying degrees of drought severity. This study aims to evaluate the resilience of rural settlements to food insecurity under drought conditions. The research is applied in nature and adopts a descriptive-analytical approach. The statistical population comprises 122 inhabited villages, with a sample size of 30 villages from Mahneshan County. Data collection was carried out through library research and field observations, while data analysis was performed using spatial analysis tools within the GeoDa software. An assessment of the Standardized Precipitation Index (SPI) revealed that the study area experienced seven mild wet years, seven mild droughts, and three moderate droughts. To investigate and measure food insecurity levels, raw data from the Household Income and Expenditure Survey of rural households, conducted by the Statistical Center of Iran from 2006 to 2022, were used to calculate the food insecurity index. The findings indicated that the average food insecurity index was 44.7%. The lowest and highest levels were observed in the villages of Yousefabad (23.4%) and Ebrahimabad (79.3%), respectively. Furthermore, the results showed that, among economic resilience indicators, dependency ratio, employment rate, and economic participation had the most significant influence on resilience. Among social resilience indicators, gender ratio, population growth (1995–2045), and male literacy rate were key factors. In terms of environmental-physical indicators, the percentage of retrofitted housing, the proportion of unauthorized wells, and the percentage of authorized agricultural wells had the greatest impact on enhancing village resilience to drought and reducing vulnerability to food insecurity. It is crucial for planners to prioritize these indicators to enhance resilience and mitigate food insecurity in rural areas. These regions, due to their heavy reliance on natural resources and agriculture, are particularly vulnerable to the adverse effects of climate change and drought. Increased food insecurity can lead to migration, diminished economic and social welfare, greater pressure on limited resources, and, ultimately, a threat to the sustainability of rural settlements.

Keywords: Climate changes; Environmental hazards; Rural development; Zanjan Province.

How to cite this article

Mohammadlo, M., Rahmani Fazli, A., Sajjadi, J. and Cheraghi, M. (2024). Assessing the Resilience of Rural Settlements in Mahneshan Township Against Food Insecurity in Drought Conditions. *Desert Management*, 12(3), 73-98. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2035159.1472](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2035159.1472)



Extended Abstract

Introduction

Hunger is defined as a feeling of discomfort or physical pain resulting from inadequate dietary energy intake and becomes chronic when a person does not regularly consume enough calories for a healthy and active life. FAO defines food insecurity as the lack of access to sufficient safe and nutritious food for an active and healthy life, due to lack of resources or food availability (8). Quantitatively, food insecurity is defined as consuming less than 80% of the average calorie requirement recommended by the World Health Organization (25). Resilience has been described as the process of effective adaptation to adversity and threats (16). This concept helps to understand society as a changing system with an unpredictable environment and provides responses to anticipate, identify and cope with threats (5). Several studies have examined the impact of drought and climate change on food security. Drought reduces food security by reducing agricultural production and increases food imports (20). Climate change has had a significant negative impact on food security (21). Several factors, such as family size, income diversification, livestock ownership, use of improved seeds, and access to credit and assistance, affect the resilience of rural households (4). Due to its location in the arid climate belt, Iran faces a lack of rainfall, limited water resources, and frequent droughts (23). Agricultural activities in the country are highly dependent on weather conditions, and climate change is reducing the yield of rainfed crops, rangeland capacity, and livestock production (24). This situation, along with the consequences of past droughts, indicates a lack of adequate preparedness to deal with this natural hazard (26). In Zanjan province, drought is a gradual threat, the impact of which has become more noticeable, especially in agriculture, and has even caused the evacuation of some rural settlements (13, 22). Given the dependence of rural livelihoods on agriculture, the occurrence of drought is likely to reduce household resilience to food insecurity. The aim of this study is to assess the level of resilience and identify key indicators affecting the resilience of rural settlements in Mahneshan township to food insecurity under drought conditions.

Material and Methods

After introducing the study area, considering the size of the area and the diversity of natural conditions, 30 villages were selected as a random sample (Table 1). The present study is applied in terms of its descriptive-analytical nature and the statistical population of the study is 30 villages in Mahneshan township, Zanjan Province (Fig 1). The data collection method was library-based and the spatial analysis tools of GeoDa software were used to analyze the data. The measured variables include food insecurity (FGT Index), resilience indices (Table 2) and drought status (Table 3). In this study, raw data from the Rural Household Expenditure and Income Survey of the Statistical Center of Iran from 2006 to 2022 were used to investigate and measure the amount of food insecurity. In the continuation of the current research and in order to investigate the correlation between drought and food insecurity, after interpolation of the SPI index, the numerical point values of each village were extracted using Arc GIS software and their correlation with the food insecurity index was calculated in Excel software.

Results

The drought situation was examined from 2006 to 2022, and during this period, 7 mild wet, 7 mild droughts and 3 moderate droughts occurred (Fig 2). The average food insecurity index was 44.7%, the lowest was in Yousefabad village with 23.4%, and the highest was in Ebrahimabad village with 79.3% (Table 4). The correlation between drought and food insecurity showed that in some years the correlation was direct and weak and in some years it was negative and weak (Table 5). The economic dimension indices showed that the relationship between all indices except for the dependency ratio (P -value=0.735) was positive and significant. The highest effect is in the indicators of dependency ratio ($R^2=0.314$), employment rate ($R^2=0.288$) and the lowest effect is in the indicators of per capita large livestock and production coefficient ($R^2=0.001$), Gibbs-Martin and Location Quotient ($R^2=0.003$) (Table 6). Examination of the indicators of the social dimension showed that the relationship of all indicators except the female literacy rate (P -value=-0.082) is positive and significant. The highest effect is in the indicators of sex ratio ($R^2=0.208$) and population growth 1966-2016 ($R^2=0.065$) and the lowest effect is in the indicators of natural population growth rate ($R^2=0.001$) and household size ($R^2=0.002$) (Table 7). Examination of the indicators of the environmental-physical dimension showed that the relationship of all indicators is positive and significant. The highest effect is in the indicators of percentage of reinforced housing ($R^2=0.063$) and percentage of unauthorized wells ($R^2=0.057$), and the

lowest effect is in the indicators of faults and earthquakes, housing with structural framework ($R^2=0.000$), households per housing unit density and percentage of newly built housing ($R^2=0.001$) (Table 8).

Conclusion and discussion

Food insecurity has increased with the increase in dependency ratio, unemployment percentage, average orchards, and structural change and has decreased with the increase in economic participation, employment rate and average rainfed land (Fig 3). Changes in land use in favor of industrial development have reduced agricultural land, reduced food production, and increased food insecurity. Although structural change is usually associated with economic growth, its uneven management can increase food insecurity. More employment brings financial security, better access to food, and reduced food insecurity, while increased dryland area increases production and crop diversity, helping to reduce food insecurity. Food insecurity has decreased with the increase in the youth population percentage, sex ratio, and overall literacy rate and with the increase in the sub-indices of population growth, the food insecurity index has increased (Fig 4). An increase in the youth population can help reduce food insecurity by boosting production, improving productivity, adopting new technologies, and increasing awareness. The impact of the sex ratio index on food insecurity depends on economic, social, and cultural conditions. Also, increasing the literacy of the community helps reduce food insecurity by empowering individuals in various fields. However, increasing population growth may lead to increased food insecurity by increasing demand for food, pressure on natural resources, and competition for resources. With an increase in the percentage of percentage of reinforced housing, food insecurity decreases and with an increase in the percentage of unauthorized wells and the persons per room density, the food insecurity index increases (Fig 5). Increasing the number of reinforced housing and improving the economic conditions of households can help reduce food insecurity. On the other hand, an increase in unauthorized wells has negative effects on water resources, agriculture, the environment, and food insecurity. Proper management of groundwater resources and prevention of unauthorized well drilling helps reduce food insecurity. The difference between the current study and previous studies is that many of the indicators evaluated in the current study, such as agricultural commercialization, Gibbs-Martin, location quotient, spatial continuity, mechanization coefficient, production coefficient, population aging, slope, persons per room density, faults and earthquakes and development, have not been considered.

Keywords: Climate changes; Environmental hazards; Rural development; Zanjan Province

Table 1. The number of villages that were taken as samples

Rural District	Number of villages	Number of samples
Anguran	45	11
Qaleh Juq	21	5
Uryad	24	6
Qezel Gachiloo	8	2
Mahneshan	24	6
sum	122	30

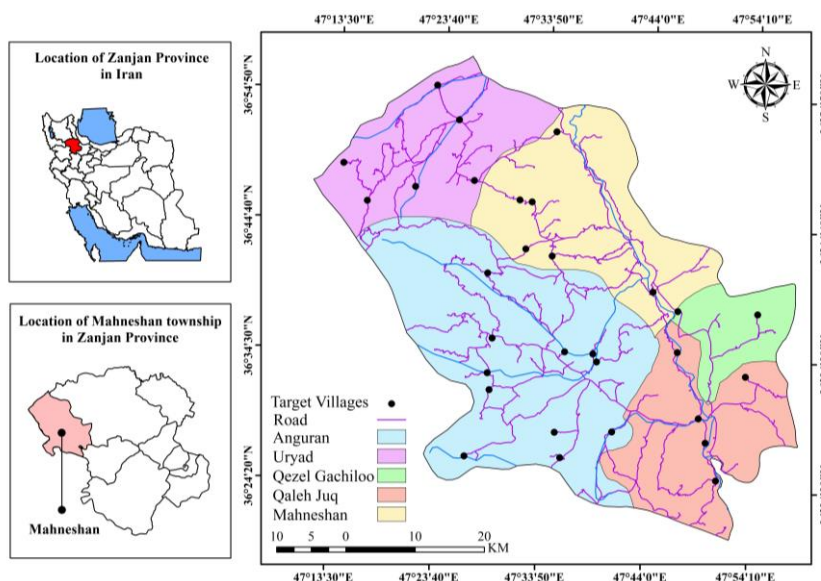


Fig 1. The location of political divisions

Table 2. The indicators currently being studied (17, 29, 30)

Dimension	Index
Economic	Dependency Ratio, Economic Participation, Employment Rate, Unemployment Percentage, Diversity of Economic Activities, Per Capita Small Livestock, Per Capita Large Livestock, Average Irrigated Land, Average Rainfed Land, Average Orchards, Production Coefficient, Agricultural Commercialization, Gibbs-Martin, Location Quotient, Spatial Continuity, Structural Change, Mechanization Coefficient.
Social	Natural Population Growth Rate, Population growth 1966-2016, Population growth 1986-2016, Annual Population Growth Rate, Household Size, Youth Population Percentage, Gross Enrollment Ratio for Primary Education, Gross Enrollment Ratio for Secondary Education, Net Migration Rate, Population Aging, Sex Ratio, Male Literacy Rate, Female Literacy Rate, Overall Literacy Rate.
Environmental-physical	Slope, Percentage of Authorized Agricultural Wells, Percentage of Unauthorized Wells, Percentage of Reinforced Housing, Housing with Structural Framework, Percentage of Authorized Wells, Percentage of Newly Built Housing, Title Deed, Persons per Room Density, Households per Housing Unit Density, Faults and Earthquakes, Development.

Table 3. SPI classification and their corresponding values (28)

Class No	Drought Class	SPI Value Range
1	Extreme Wet	≥ 2
2	Severe Wet	1.5 to 1.99
3	Moderate Wet	1.49 to 1
4	Mild Wet	0.99 to 0
5	Mild Drought	- 0.99 to 0
6	Moderate Drought	- 1.49 to - 1
7	Severe Drought	- 1.5 to - 1.99
8	Extreme Drought	≤ -2

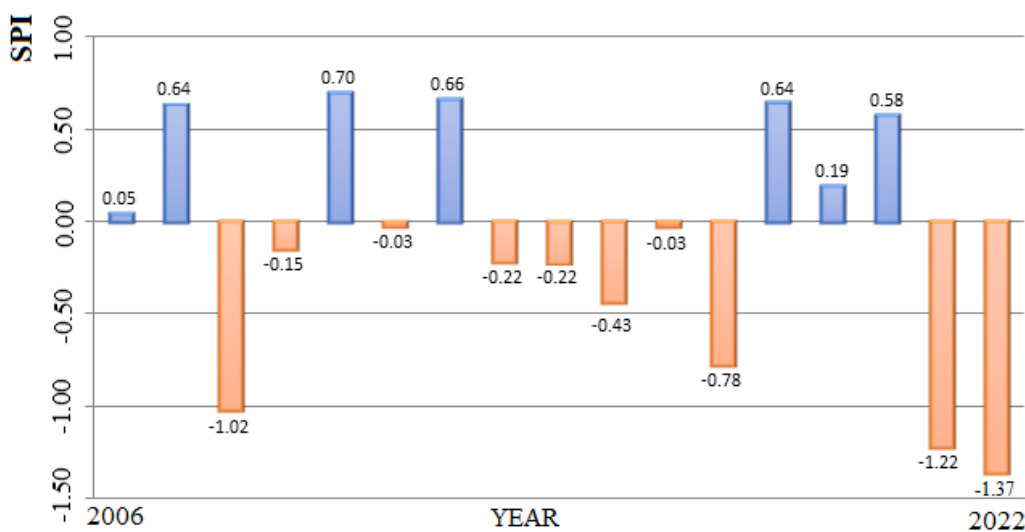


Fig 2. The SPI index for Mahneshan township for the 12-month period between 2006 and 2022

Table 4. The Food Insecurity Index's status

Village	Food Insecurity
Qaleh Jug Siyah Mansour	77.2
Qavaq Sofla	43.2
Qozijaq Olya	46.6
Eydalu	37.1
Yousefabad	23.4
Eyalu	24.1
Ebrahimabad	79.3
Miyanj	51.2
Kahriz Beyk	56.1
Yengijeh	51.1
Khainak	24.1
Anguran	48.3
Emam Kandi	41.6
Hassanabad Chaykand	61.2
Sheykklar	35.9
Moghanlu	41.1
Borun Qeshlaq	33.2
Behestan	41
Qareh Nas	37
Aq Kand	41.2
Almalu	40.9
Sahand Sofla	61
Alam Kandi	40.2
Sahand Olya	37.2
Takhteh Yurd	45.6
Qazi Kandi	46.3
Khezz Chopan	47.2
Yengijeh Sinar	42.2
Pari	48.5
Kheyraabad	37.5

Table 5. The correlation coefficient between drought and food insecurity

Year	Correlation	Year	Correlation	Year	Correlation
2006	-0.32	2012	0.16	2018	-0.26
2007	-0.17	2013	-0.35	2019	0.25
2008	-0.22	2014	-0.29	2020	0.12
2009	-0.13	2015	-0.14	2021	-0.29
2010	0.04	2016	-0.20	2022	-0.03
2011	-0.14	2017	-0.07		

Table 6. The relationship between food insecurity and the economic dimension

Index	R ²	T-stat	P-value
Dependency Ratio	0.314	0.342	-0.735
Economic Participation	0.268	7.371	0.000
Employment Rate	0.288	7.987	0.000
Unemployment Percentage	0.025	11.343	0.000
Diversity of Economic Activities	0.010	2.650	0.013
Per Capita Small Livestock	0.057	9.806	0.000
Per Capita Large Livestock	0.001	10.223	0.000
Average Irrigated Land	0.008	12.001	0.000
Average Rainfed Land	0.121	17.263	0.000
Average Orchards	0.115	12.845	0.000
Production Coefficient	0.001	2.859	0.008
Agricultural Commercialization	0.004	3.751	0.001
Gibbs-Martin	0.003	2.547	0.017
Location Quotient	0.003	2.558	0.016
Spatial Continuity	0.005	2.609	0.014
Structural Change	0.021	2.242	0.033
Mechanization Coefficient	0.005	2.531	0.017

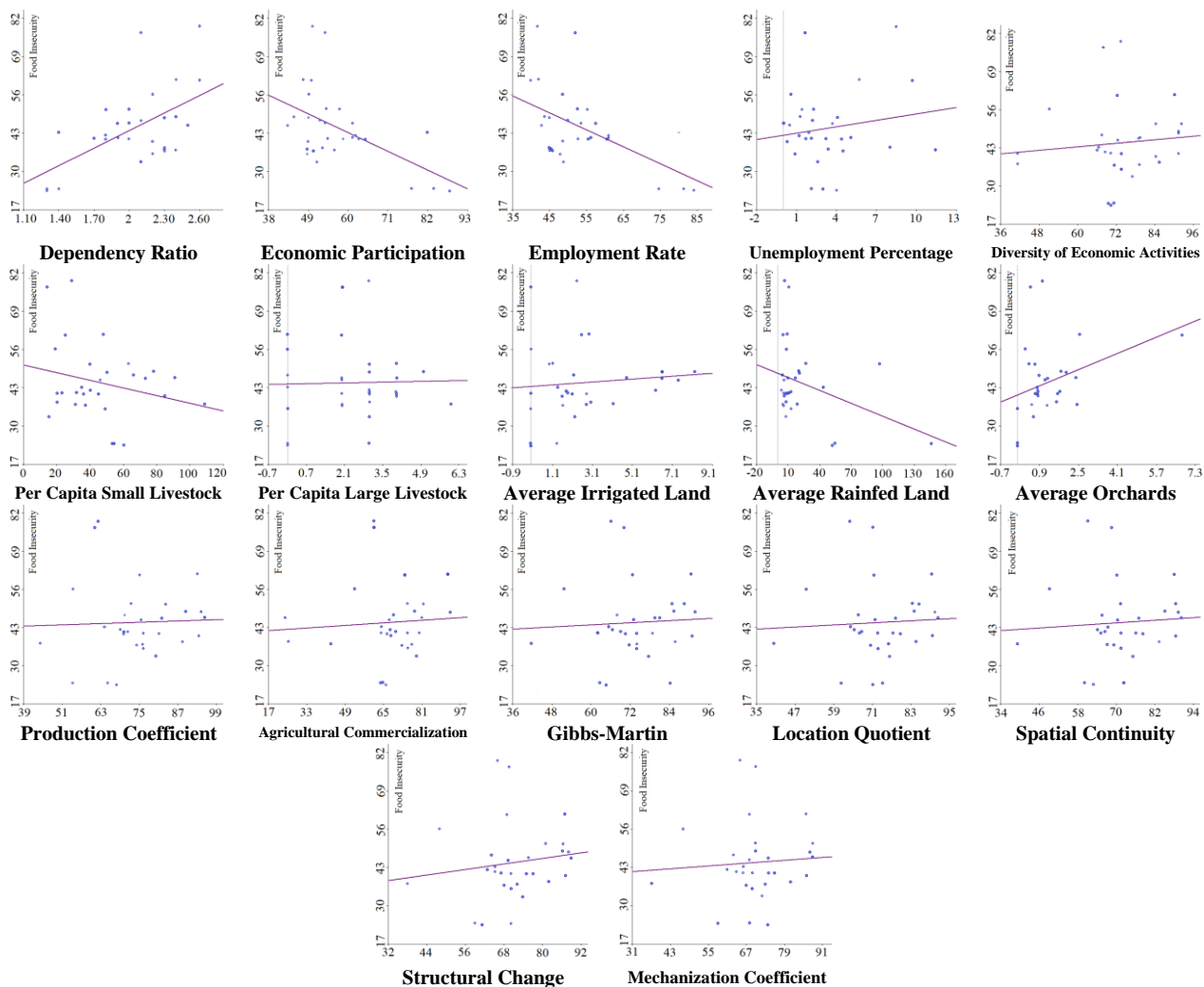


Fig 3. Spatial autocorrelation between food insecurity and economic resilience variables.

Table 7. The relationship between food insecurity and the social dimension

Index	R ²	T-stat	P-value
Natural Population Growth Rate	0.001	18.123	0.000
Population growth 1966-2016	0.065	19.184	0.000
Population growth 1986-2016	0.037	14.606	0.000
Annual Population Growth Rate	0.017	17.252	0.000
Household Size	0.002	2.631	0.014
Youth Population Percentage	0.041	0.546	0.001
Gross Enrollment Ratio for Primary Education	0.025	5.525	0.000
Gross Enrollment Ratio for Secondary Education	0.031	5.540	0.000
Net Migration Rate	0.004	17.592	0.000
Population Aging	0.008	6.072	0.000
Sex Ratio	0.208	5.276	0.000
Male Literacy Rate	0.060	4.521	0.000
Female Literacy Rate	0.024	1.802	-0.082
Overall Literacy Rate	0.017	3.272	0.003

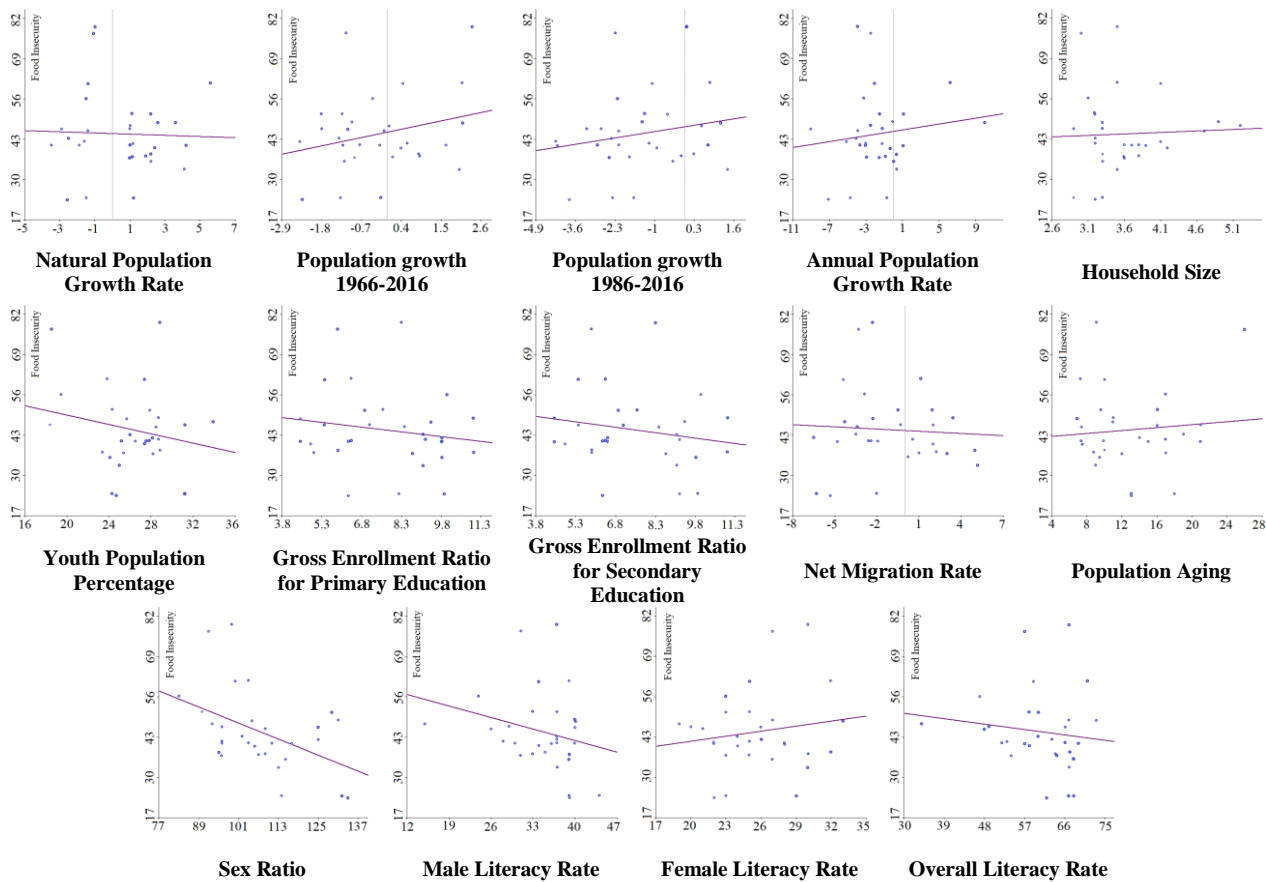


Fig 4. Spatial autocorrelation between food insecurity and social resilience variables

Table 8. The relationship between food insecurity and the environmental-physical dimension

Index	R ²	T-stat	P-value
Slope	0.019	4.512	0.000
Percentage of Authorized Agricultural Wells	0.037	11.335	0.000
Percentage of Unauthorized Wells	0.057	15.314	0.000
Percentage of Reinforced Housing	0.063	4.932	0.000
Housing with Structural Framework	0.000	3.604	0.001
Percentage of Authorized Wells	0.026	7.765	0.000
Percentage of Newly Built Housing	0.001	3.394	0.002
Title Deed	0.004	4.954	0.000
Persons per Room Density	0.026	4.997	0.000
Households per Housing Unit Density	0.001	5.160	0.000
Faults and Earthquakes	0.000	10.310	0.000
Development	0.002	3.244	0.003

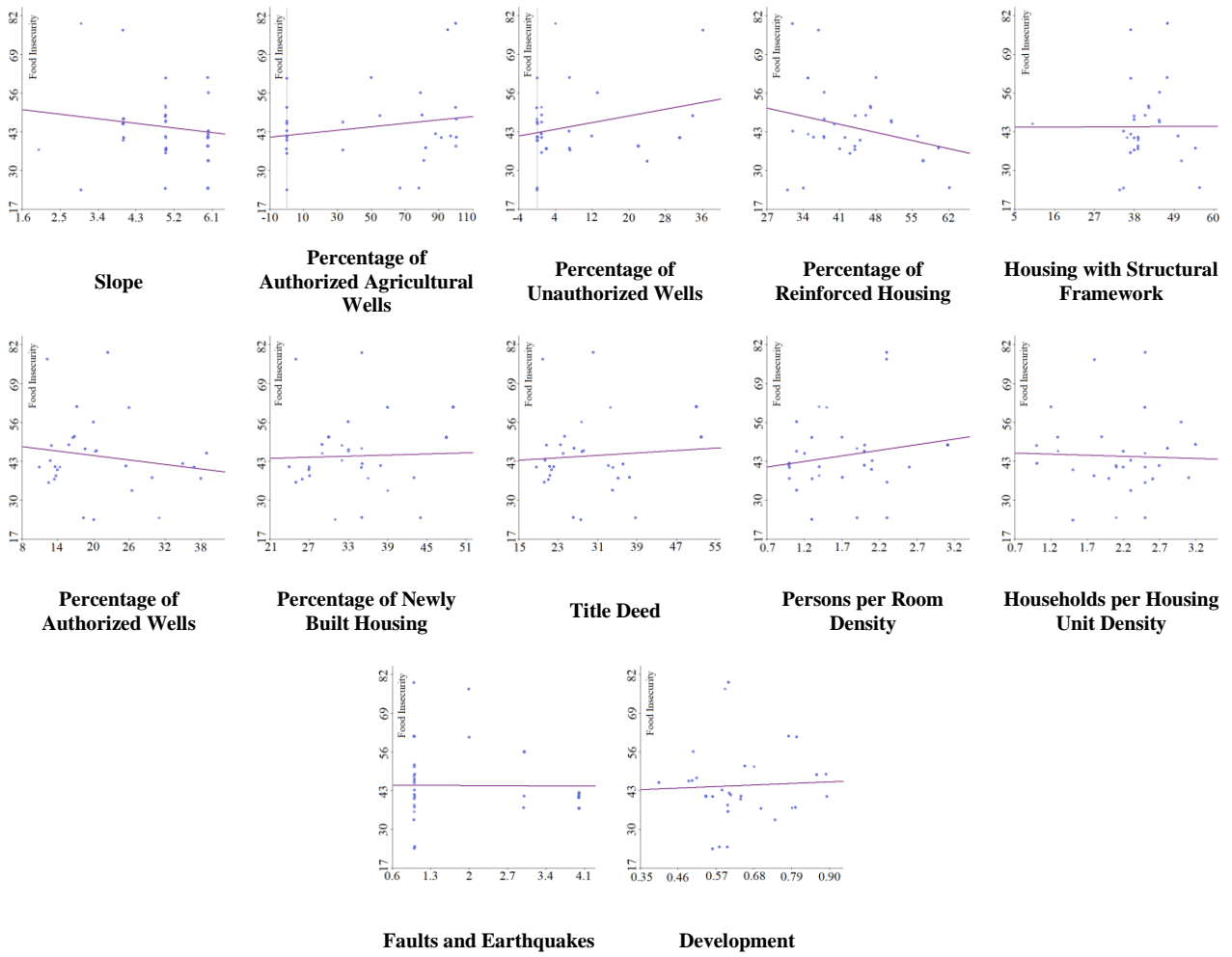


Fig 5. Spatial autocorrelation between food insecurity and environmental-physical resilience variables



ارزیابی تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان ماهشان در برابر ناامنی غذایی در شرایط خشکسالی

معصومه محمدلو^۱، عبدالرضا رحمانی فضلی^{۲*}، ژیلا سجادی^۳، مهدی چراغی^۳

۱. دانشجوی دکترا، گروه جغرافیای انسانی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. دانشیار، گروه جغرافیای انسانی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

* نویسنده مسئول: ar_rahmanifazli@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

doi [10.22034/JDMAL.2024.2035159.1472](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2035159.1472)

چکیده

یکی از پیامدهای کاهش سطح تاب‌آوری سکونتگاه‌های انسانی ناشی از تغییرات اقلیمی و خشکسالی، افزایش سطح ناامنی غذایی می‌باشد. شهرستان‌های استان زنجان با سطوح مختلفی از خشکسالی روبرو هستند. هدف پژوهش حاضر ارزیابی تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر ناامنی غذایی در شرایط خشکسالی می‌باشد. پژوهش جاری از نظر نوع کاربردی، از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی است و جامعه آماری آن شامل ۱۲۲ روستای دارای سکنه و حجم نمونه ۳۰ روستای شهرستان ماهشان است. روش گردآوری اطلاعات کتابخانه‌ای و مشاهده‌ای، و تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از ابزارهای تحلیل فضایی نرم‌افزار GeoDa انجام شده است. بررسی شاخص SPI نشان داد در محدوده مورد مطالعه ۷ بار ترسالی خفیف، ۷ بار خشکسالی خفیف و ۳ بار خشکسالی متوسط به وقوع پیوسته است. برای بررسی و اندازه‌گیری مقدار ناامنی غذایی از داده‌های خام طرح آمارگیری هزینه و درآمد خانوارهای روستایی مرکز آمار ایران از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ استفاده و شاخص ناامنی غذایی محاسبه شد. یافته‌ها نشان داد میانگین شاخص ناامنی غذایی ۰/۴۴/۷، کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به روستاهای یوسف‌آباد و ابراهیم‌آباد با مقادیر ۰/۲۳/۴ و ۰/۷۹/۳ می‌باشد. همچنین مشخص شد در بین شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی، بار تکفل، نرخ اشتغال و مشارکت اقتصادی، در بین شاخص‌های تاب‌آوری اجتماعی، نسبت جنسی، رشد ۹۵-۴۵ درصد سواد مردان و در شاخص‌های محیط‌زیستی-کالبدی، درصد مسکن‌های مقاوم‌سازی شده، درصد چاه غیرمجاز و درصد چاه کشاورزی مجاز بیشترین تأثیر را در افزایش تاب‌آوری روستاها در برابر خشکسالی و کاهش آسیب‌پذیری در برابر ناامنی غذایی دارند. ضروری است برنامه‌ریزان با تمرکز بر شاخص‌های مختلف یاد شده به بهبود تاب‌آوری و کاهش ناامنی غذایی در مناطق روستایی اقدام کنند، زیرا این مناطق به دلیل وابستگی زیاد به منابع طبیعی و کشاورزی، بیشترین آسیب را از تغییرات اقلیمی و خشکسالی متحمل می‌شوند و افزایش ناامنی غذایی می‌تواند منجر به مهاجرت، کاهش رفاه اقتصادی، اجتماعی، افزایش فشار بر منابع محدود شود و پایداری سکونتگاه‌های روستایی را تهدید کند.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی؛ مخاطرات محیطی؛ توسعه روستایی؛ استان زنجان

استناد به این مقاله

محمدلو، معصومه، رحمانی فضلی، عبدالرضا، سجادی، ژیلا و چراغی، مهدی. (۱۴۰۳). ارزیابی تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان ماهشان در برابر ناامنی غذایی در شرایط خشکسالی. مدیریت بیابان، ۱۲(۳)، ۷۳-۹۸. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2035159.1472](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2035159.1472)



■ مقدمه

گرسنگی یک احساس جسمی ناراحت کننده یا دردناک است که در اثر مصرف ناکافی انرژی غذایی ایجاد می‌شود و زمانی مزمن می‌شود که فرد مقدار کافی کالری را به‌طور منظم برای داشتن یک زندگی عادی، فعال و سالم مصرف نکند. فائو^۱ از شاخص شیوع سوء‌تغذیه برای تخمین میزان گرسنگی در جهان استفاده کرده، بنابراین «گرسنگی» را می‌توان به‌عنوان «سوء‌تغذیه» نیز نامید. ناامنی غذایی یک چالش جهانی است، اما اثرگذاری آن در کشورهای درحال توسعه آشکارتر است (۲۷). افرادی که با ناامنی غذایی مواجهند، کسانی‌اند که مقدار غذایی که مصرف می‌کنند کمتر از حداقل کالری مورد نیازشان است و با نشانه‌های جسمی ناشی از کمبود انرژی و مواد مغذی روبرو می‌شوند. این کمبودها به دلیل رژیم غذایی ناکافی و نامتعادل ایجاد می‌شود (۱۴). فائو ناامنی غذایی را به این صورت تعریف می‌کند: «زمانی که فرد به غذای سالم و مغذی کافی برای رشد و تکامل طبیعی و یک زندگی فعال و سالم دسترسی نداشته باشد و این ممکن است به دلیل در دسترس نبودن غذا و یا کمبود منابع برای تهیه غذا باشد» (۸). وزارت کشاورزی ایالات متحده^۲ ناامنی غذایی را به‌عنوان «دسترسی محدود یا نامطمئن به غذای کافی برای رفع نیازهای همه اعضای یک خانواده به دلیل عدم وجود پول کافی یا سایر منابع» تعریف می‌کند (۶). این واژه به صورت «دسترسی محدود یا نامطمئن به غذای سالم و مغذی و یا توانایی محدود یا نامطمئن برای تهیه غذاهای مناسب از طریق روش‌های اجتماعی مورد قبول» نیز تعریف می‌شود (۳). از نظر کمی ناامنی غذایی به این معناست: «مصرف کمتر از ۸۰٪ از متوسط نیاز کالری مطابق با توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی» (۲۵).

تاب‌آوری به‌عنوان فرآیند سازگاری خوب در مواجهه با ناملایمات، آسیب‌ها و تهدیدها توصیف شده است (۱۶) و ابزار مفهومی برای درک جامعه به‌عنوان سامانه دائماً در حال تغییر، با محیطی غیرقابل پیش‌بینی و به شدت متغیر وجود دارد. مشکل اصلی و دیرینه در اجرای امنیت در محیط‌های پیچیده، ناتوانی در پیش‌بینی، شناسایی و اقدام

به موقع تهدیدهایی می‌باشد که تاب‌آوری پاسخ‌هایی را برای این مشکلات فراهم می‌آورد (۵)؛ رویکردی دوگانه برای هماهنگ کردن مداخله بشردوستانه و توسعه محسوب شده (۱۱)؛ چند وجهی بوده و به انتقال کشور از مرحله امداد به مسیر توسعه کمک می‌کند (۱)؛ به عنوان یک متغیر پنهان از ستون‌های پنهانی مانند دسترسی به خدمات اساسی، درآمد و غذا، دارایی، ظرفیت سازگاری، ثبات و شبکه‌های امنیت اجتماعی ساخته می‌شود (۹).

بررسی متعددی به اقتضای اهمیت موضوع انجام شده که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. در چندین پژوهش مشخص شد که خشکسالی از طریق کاهش تولید محصولات کشاورزی به کاهش امنیت غذایی و افزایش واردات مواد غذایی در سال‌های پس از خشکسالی می‌انجامد (۱۵، ۲، ۲۰). در پژوهش دیگری مشخص شد که تغییرات اقلیمی، بویژه وقوع خشکسالی، تأثیر منفی بر امنیت غذایی دارد (۲۱). در پژوهشی دیگر مشخص شد که امنیت غذایی کوتاه‌مدت و انعطاف‌پذیری در مطالعات امنیت غذایی ما را قادر می‌سازد تا پیامدهای شوک‌ها و عوامل استرس‌زا را در رویکرد استراتژیک توسعه بلندمدت برنامه‌ریزی کنیم (۳۱). پژوهش دیگری نشان داد عواملی همچون: اندازه خانواده، تنوع منابع درآمد، مالکیت دام، استفاده از بذره‌های اصلاح شده با کود، دسترسی به خدمات اعتباری و کمک‌های دریافتی بر تاب‌آوری خانوار روستایی در برابر ناامنی غذایی تأثیرگذار است (۴). در پژوهش دیگری مشخص شد متغیر «پایداری» مهمترین عامل تعیین کننده تاب‌آوری نسبت به ناامنی غذایی می‌باشد (۱۹)؛ نهایتاً در پژوهشی مشخص شد که تمامی خانوارهای جامعه آماری ناامنی غذایی دارند اما سطوح آن متفاوت است (۷).

ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک آب‌وهوایی جزء مناطق کم‌باران کره‌زمین محسوب می‌شود که منابع آب محدود و خشکسالی شایع است (۲۳). فعالیت‌های کشاورزی بشدت به شرایط جوی وابسته بوده و تغییرات اقلیمی آثار شدید و تعیین کننده‌ای بر این بخش خواهد داشت (۱۲)؛ موجب کاهش قابل ملاحظه پوشش گیاهی و

² United States Department of Agriculture (USDA)¹ Food and Agriculture Organization

در شرایط خشکسالی دچار تغییراتی شود. با این مقدمه ضروریست که به ارزیابی اثرات خشکسالی بر تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر ناامنی غذایی پرداخته شود. هدف پژوهش حاضر ارزیابی سطح تاب‌آوری و نیز شناسایی شاخص‌های دارای بیشترین و کمترین تأثیر در تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان ماهنشان در برابر ناامنی غذایی در شرایط خشکسالی می‌باشد.

■ مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

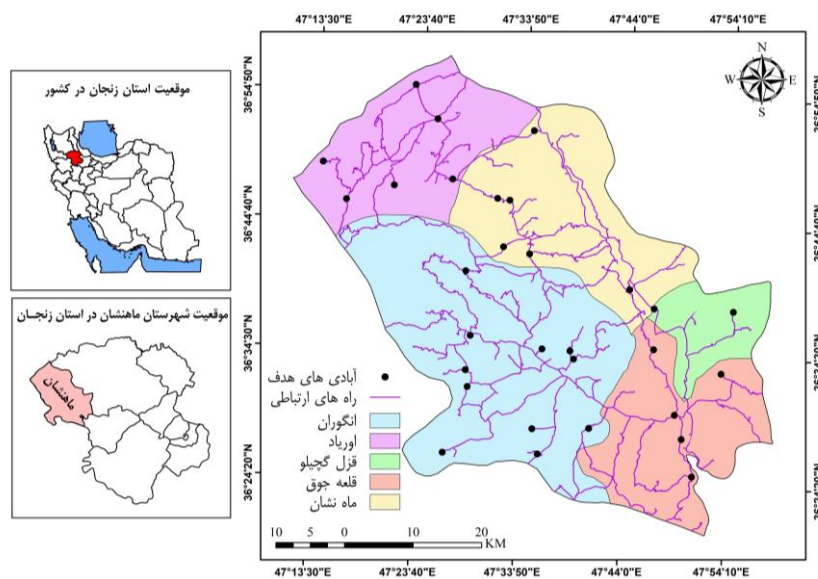
بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ ماهنشان دارای دو بخش مرکزی و انگوران است، ۵ دهستان و ۱۲۲ روستای دارای سکنه دارد. با توجه به وسعت ناحیه مورد مطالعه و تنوع شرایط طبیعی، ۳۰ روستا به‌عنوان نمونه تصادفی انتخاب شدند (جدول ۱، شکل ۱).

عملکرد محصولات دیم، کاهش ظرفیت‌های کمی و کیفی مراتع و نیز کاهش تولید محصولات دامی خواهد شد (۲۴). آسیب‌های وارده به کشاورزان و پیامدهای وقوع خشکسالی‌های گذشته، خود نشان از نداشتن آمادگی در برابر این مخاطره طبیعی می‌باشد (۲۶).

شهرستان‌های استان زنجان در حال تجربه وضعیت خشکسالی هستند. وقوع این مخاطره طبیعی فرآیندی آرام و خزنده است (۱۳) و ضروریست که علاج واقعه قبل از وقوع صورت پذیرد تا سکونتگاه‌های انسانی آسیب‌های کمتری ببینند. با توجه به اهمیت کشاورزی در استان، شدت تأثیر خشکسالی نیز نمود بیشتری یافته، تا جایی که در برخی از سکونتگاه‌های روستایی تخلیه جمعیتی صورت گرفته است (۲۲). با توجه به اینکه عمده درآمد و تولیدات روستائیان منطقه وابسته به تولید و فروش محصولات کشاورزیست، می‌توان انتظار داشت با وقوع خشکسالی وضعیت تاب‌آوری خانوارهای ساکن در برابر ناامنی غذایی

جدول ۱. تعداد روستاهای نمونه

دهستان	تعداد روستا	تعداد نمونه
انگوران	۴۵	۱۱
قلعه‌جوق	۲۱	۵
اورباد	۲۴	۶
قزل‌گچیلو	۸	۲
ماهنشان	۲۴	۶
جمع	۱۲۲	۳۰



شکل ۱. موقعیت تقسیمات سیاسی

غذایی مصرفی برای گروه‌های مختلف غذایی استفاده شد. پس از محاسبه مقدار کالری و پروتئین هر خانوار، با تقسیم آن بر بعد خانوار، میزان کالری و پروتئین سرانه خانوار به دست آمد. در این بررسی، کمترین نیاز روزانه به انرژی و پروتئین به‌عنوان استاندارد در نظر گرفته شد. در ادامه با توجه به کد هر خانوار و هر روستا در پرسشنامه هزینه و درآمد مرکز آمار ایران، خانوارها بر حسب روستاها جداسازی شدند. پس از مشخص شدن خانوارهایی که کمتر از حد استاندارد ماده یا مواد مغذی مصرف کرده‌اند، نسبت سرشمار ناامنی غذایی، شکاف و شدت ناامنی غذایی محاسبه شد. در این بررسی، کمترین کالری مورد نیاز روزانه ۲۱۰۰ کیلوکالری و کمترین پروتئین مورد نیاز روزانه، ۶۱ گرم در نظر گرفته شد و شاخص ناامنی غذایی به تفکیک روستاها محاسبه گردید.

شاخص FGT^1 شاخصی برای اندازه‌گیری تنگدستی است اما کاربرد زیادی پیدا کرده و توسط هادینات برای اندازه‌گیری ناامنی غذایی در سال ۱۹۹۱ به کار گرفته شد. در این شاخص از سه شاخص متداول ذکر شده استفاده شد (۱۰). ناامنی غذایی در خانوارهای روستایی از رابطه ۱ به دست آمده است. با توجه به مقدار α ، سه شاخص به صورت زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱).

$$P_{\alpha} = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^q \left[\frac{Z - Y_i}{Z}\right]^{\alpha} \quad (1)$$

پژوهش حاضر از نظر نوع کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی، روش گردآوری اطلاعات کتابخانه‌ای و مشاهده‌ای بوده و تجزیه و تحلیل اطلاعات با ابزارهای تحلیل فضایی نرم‌افزار GeoDa انجام شد. متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل وضعیت خشکسالی و ناامنی غذایی در دوره آماری ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ و شاخص‌های تاب‌آوری بود (جدول ۲).

برای بررسی و اندازه‌گیری ناامنی غذایی روستاهای مورد بررسی از داده‌های خام طرح آمارگیری هزینه و درآمد خانوارهای روستایی مرکز آمار ایران به صورت میانگین دوره آماری ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ استفاده شد.

با استفاده از داده‌های موجود در زمینه مصرف مواد غذایی خانوارها، اطلاعات مورد نیاز اولیه برای بررسی وضعیت ناامنی غذایی در روستاهای شهرستان با استفاده از نتایج هزینه و درآمد خانوارها تهیه شد. کل مواد خوراکی خانوار در ۱۸ گروه طبقه به شرح زیر جای داده شده‌اند: ۱. نان، ۲. برنج، ۳. ماکارونی، ۴. حبوبات، ۵. سیب‌زمینی، ۶. میوه‌ها، ۷. سبزی‌ها، ۸. گوشت قرمز، ۹. گوشت سفید، ۱۰. تخم‌مرغ، ۱۱. لبنیات، ۱۲. روغن، ۱۳. قندوشکر، ۱۴. عسل و مربا، ۱۵. شیرینی‌ها، ۱۶. خشکبار، ۱۷. مغزها و ۱۸. چاشنی‌ها. پس از طبقه‌بندی مواد خوراکی خانوار، برای محاسبه مقدار مصرف مواد مغذی خانوار، مواد اولیه مصرف شده به مواد مغذی تبدیل شد. به‌منظور استخراج کالری مواد خوراکی مصرفی، از گزارش‌های منتشر نشده انستیتوی تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور برای کالاهای مصرفی و جدول‌های مربوط به کالری و پروتئین مواد

جدول ۲. شاخص‌های مورد بررسی (۱۷، ۲۹، ۳۰)

شاخص	بُعد
بار تکفل، مشارکت اقتصادی، نرخ اشتغال، درصد بیکاری، تنوع فعالیت‌های اقتصادی، سرانه دام کوچک و بزرگ، میانگین اراضی آبی، دیم و باغ (هکتار)، ضریب تولید، تجاری شدن کشاورزی، گیبزمارتین، ضریب مکانی، پیوستگی مکانی، تغییر ساختاری، ضریب مکانیزاسیون.	اقتصادی
رشد طبیعی جمعیت، رشد ۹۵-۴۵، رشد ۹۵-۶۵، نرخ رشد سالیانه جمعیت، بُد خانوار، درصد جمعیت جوان، پوشش تحصیلی مقطع اول و دوم، خالص مهاجرت، شاخص سالخوردگی جمعیت، نسبت جنسی، درصد سواد مردان، زنان و سواد کل.	اجتماعی
شیب، درصد چاه کشاورزی مجاز، درصد چاه غیرمجاز، درصد مسکن‌های مقاوم سازی شده، مسکن‌های با اسکلت، درصد چاه‌های مجاز، درصد مسکن‌های نوساز، سند مالکیت، تراکم نفر در اتاق، تراکم خانوار در واحد مسکونی، گسل و زلزله، توسعه‌یافتگی..	محیط‌زیستی- کالبدی

¹ Foster, Greer and Thorbecke (FGT) Index

در ادامه پژوهش جاری و در راستای بررسی همبستگی خشکسالی و ناامنی غذایی، پس از درون‌یابی شاخص SPI، مقادیر عددی نقطه‌ای هر روستا با نرم‌افزار Arc GIS استخراج و همبستگی‌شان با شاخص ناامنی غذایی در نرم‌افزار اکسل محاسبه گردید. ضریب همبستگی عددی است بین ۱- تا ۱، اگر عدد به دست آمده صفر باشد، یعنی هیچ رابطه‌ای بین دو شاخص وجود ندارد، اگر بین صفر و ۰/۵ باشد یعنی رابطه مستقیم و ضعیف، اگر بین ۰/۵ و ۱ باشد یعنی رابطه قوی و مثبت و اگر بین صفر و -۰/۵ باشد یعنی رابطه منفی و ضعیف است.

نتایج و بحث

بر اساس داده‌های سازمان هواشناسی زنجان به بررسی وضعیت پدیده خشکسالی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ پرداخته شد. نتایج نشان داد که در محدوده مورد مطالعه ۷ بار ترسالی خفیف، ۷ بار خشکسالی خفیف و ۳ بار خشکسالی متوسط به وقوع پیوسته است (شکل ۲).

ناامنی غذایی

بررسی وضعیت ناامنی غذایی نشان داد که میانگین شاخص ناامنی غذایی ۰/۴۴/۷، کمترین میزان مربوط به روستای یوسف‌آباد با ۰/۲۳/۴ و بیشترین مربوط به روستای ابراهیم‌آباد با ۰/۷۹/۳ می‌باشد؛ یعنی روستاهای یوسف‌آباد در بهترین و ابراهیم‌آباد در بدترین وضعیت قرار دارند (جدول ۴). عوامل متعددی در تفاوت ناامنی غذایی تأثیرگذارند که شامل: تغییرات اقلیمی، افزایش و تنوع منابع درآمدی، رشد جمعیت، مالکیت زمین و دام، دسترسی به آموزش، مالکیت اراضی آبی، دیم و غیره می‌شوند (۴، ۷).

در این رابطه‌ها P شاخص ناامنی غذایی، N تعداد کل افراد مورد بررسی، Y_i مقدار کالری در دسترس فرد i ام، Z مقدار کالری مورد نیاز برای تأمین امنیت غذایی فرد، q تعداد افرادی که از نظر غذایی ایمن نیستند و α وزنی است که برای شدت ناامنی غذایی در نظر گرفته شد.

(۱) نسبت سرشمار ناامنی غذایی یا شیوع ناامنی غذایی: شمار خانوارهای نمونه‌ای را که سرانه درآمد آن‌ها کمتر از سطح انرژی از پیش تعیین شده ۲۱۰۰ کالری است، توصیف می‌کند. اگر α برابر صفر باشد، یا به عبارتی به ناامنی غذایی وزنی داده نشود (رابطه ۲):

$$P_0 = \left(\frac{q}{N}\right) \quad (2)$$

(۲) شکاف ناامنی غذایی: اگر شدت ناامنی در رابطه ۱ برای همه خانوارها به‌طور یکسان در نظر گرفته شود، یا به عبارتی فرض شود که تمامی خانوارهایی که کمتر از میزان کالری لازم را دریافت می‌کنند به یک میزان از ناامنی غذایی رنج می‌برند، آنگاه α برابر واحد خواهد بود (رابطه ۳).

$$P_1 = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^q \left|\frac{Z - Y_i}{Z}\right| \quad (3)$$

(۳) مربع شکاف ناامنی غذایی یا شدت ناامنی غذایی: اگر شکاف ناامنی غذایی در میان خانوارهایی که در وضعیت بدتری قرار دارند، وزن بیشتری داشته باشد، مقدار α بزرگتر از یک خواهد بود. در ادبیات مربوط به فقر، معمولاً این پارامتر را برابر با ۲ در نظر می‌گیرند (رابطه ۴). این اندازه‌گیری و شکاف ناامنی غذایی ارتباط زیادی با یکدیگر دارند (۱۸).

$$P_2 = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^q \left|\frac{Z - Y_i}{Z}\right|^2 \quad (4)$$

جدول ۳. طبقه‌بندی SPI و مقادیر آن‌ها (۲۸)

دامنه مقادیر SPI	طبقه‌بندی خشکسالی	ردیف
≥ 2	ترسالی بسیار شدید	۱
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید	۲
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط	۳
صفر تا ۰/۹۹	ترسالی خفیف	۴
صفر تا -۰/۹۹	خشکسالی خفیف	۵
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط	۶
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید	۷
≤ -2	خشکسالی بسیار شدید	۸

همبستگی خشکسالی و ناامنی غذایی

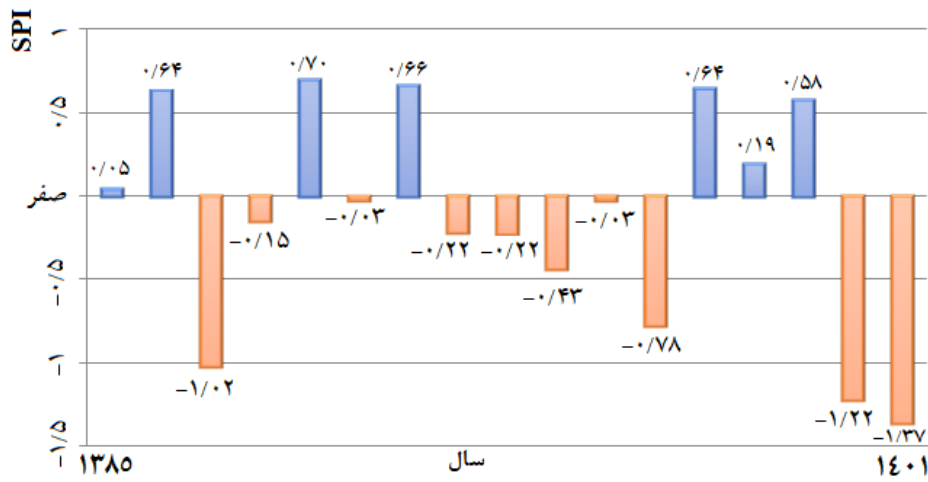
نتایج نشان داد که در برخی از سال‌ها همبستگی مستقیم و ضعیف و در برخی سال‌ها منفی و ضعیف است (جدول ۵).

خودهمبستگی ناامنی غذایی و شاخص‌های تاب‌آوری

نتایج بررسی وضعیت خودهمبستگی فضایی ناامنی غذایی و شاخص‌های تاب‌آوری (جدول ۲) در نرم‌افزار GeoDa نشان داد:

ناامنی غذایی و تاب‌آوری اقتصادی

بررسی شاخص‌های بُعد اقتصادی نشان داد که رابطه تمامی شاخص‌ها به جز بار تکفل مثبت و معنی‌دار است. بیشترین تأثیر در شاخص‌های بار تکفل، نرخ اشتغال و مشارکت اقتصادی و کمترین اثر در شاخص‌های سرانه دام بزرگ و ضریب تولید، گیزمارتین و ضریب مکانی و تجاری شدن کشاورزی می‌باشند (جدول ۶). بر مبنای شکل ۳ بررسی خودهمبستگی میزان اراضی دیم و ناامنی غذایی نشان داد که افزایش این شاخص از چند طریق به کاهش ناامنی غذایی کمک کرده که عبارتند از:



شکل ۲. شاخص SPI ۱۲ ماهه شهرستان ماهنشان از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱

جدول ۴. وضعیت شاخص ناامنی غذایی

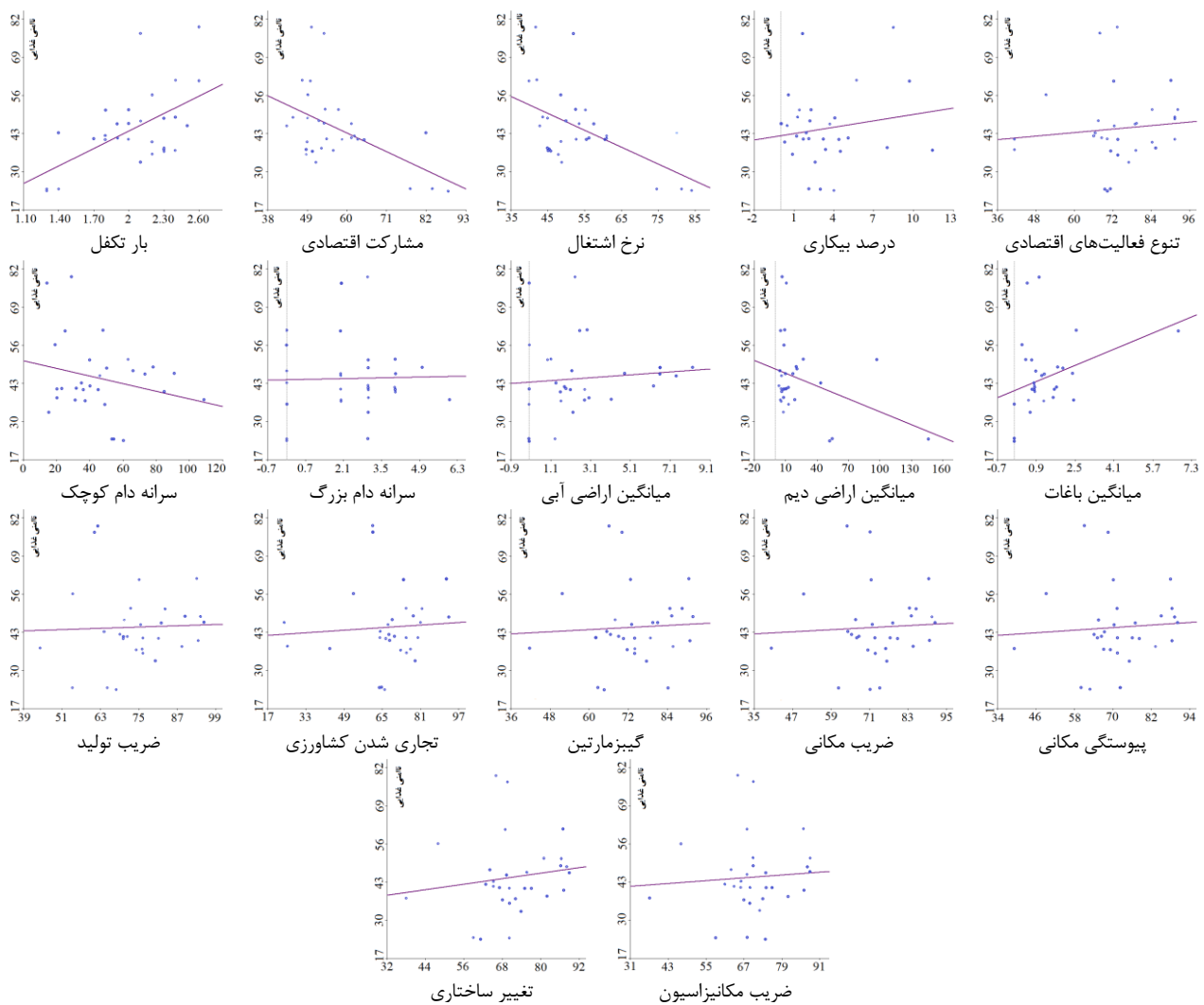
نامی غذایی روستا	شاخص ناامنی غذایی
خیرآباد	۳۷/۵
پری	۴۸/۵
ینگه‌سینار	۴۲/۲
خضرچوپان	۴۷/۲
قاصی‌کندی	۴۶/۳
تخته‌پورد	۴۵/۶
سهندعلیا	۳۷/۲
علم‌کندی	۴۰/۲
سهندسلفی	۶۱
المالو	۴۰/۹
آق‌کند	۴۱/۲
قوه‌ناس	۳۷
بهستان	۴۱
برون‌قشلاق	۳۳/۲
مغانلو	۴۱/۱
شیخ‌لو	۳۵/۹
حسن‌آباد‌چایکند	۶۱/۲
امام‌کندی	۴۱/۶
انگوران	۴۸/۳
خائینک	۲۴/۱
ینگجه	۵۱/۱
کهریزبیک	۵۶/۱
میاج	۵۱/۲
ابراهیم‌آباد	۷۹/۳
ایالو	۲۴/۱
یوسف‌آباد	۲۳/۴
ایده‌لو	۳۷/۱
فوزیجان‌علیا	۴۶/۶
قواق‌سلفی	۴۳/۲
قله‌چوق‌سیاه‌منصور	۷۷/۲

جدول ۵. بررسی ضریب همبستگی خشکسالی و ناامنی غذایی

سال	همبستگی	سال	همبستگی	سال	همبستگی
۲۰۰۶	-۰/۳۲	۲۰۱۲	۰/۱۶	۲۰۱۸	-۰/۲۶
۲۰۰۷	-۰/۱۷	۲۰۱۳	-۰/۳۵	۲۰۱۹	۰/۲۵
۲۰۰۸	-۰/۲۲	۲۰۱۴	-۰/۲۹	۲۰۲۰	۰/۱۲
۲۰۰۹	-۰/۱۳	۲۰۱۵	-۰/۱۴	۲۰۲۱	-۰/۲۹
۲۰۱۰	۰/۰۴	۲۰۱۶	-۰/۲۰	۲۰۲۲	-۰/۰۳
۲۰۱۱	-۰/۱۴	۲۰۱۷	-۰/۰۷		

جدول ۶. وضعیت رابطه ناامنی غذایی و تاب آوری اقتصادی

شاخص	R ²	T-stat	P-value
بار تکفل	۰/۳۱۴	۰/۳۴۲	-۰/۷۳۵
مشارکت اقتصادی	۰/۲۶۸	۷/۳۷۱	۰/۰۰۰
نرخ اشتغال	۰/۲۸۸	۷/۹۸۷	۰/۰۰۰
درصد بیکاری	۰/۰۲۵	۱۱/۳۴۳	۰/۰۰۰
تنوع فعالیت‌های اقتصادی	۰/۰۱۰	۲/۶۵۰	۰/۰۱۳
سرانه دام کوچک	۰/۰۵۷	۹/۸۰۶	۰/۰۰۰
سرانه دام بزرگ	۰/۰۰۱	۱۰/۲۲۳	۰/۰۰۰
میانگین اراضی آبی	۰/۰۰۸	۱۲/۰۰۱	۰/۰۰۰
میانگین اراضی دیم	۰/۱۲۱	۱۷/۲۶۳	۰/۰۰۰
میانگین باغات	۰/۱۱۵	۱۲/۸۴۵	۰/۰۰۰
ضریب تولید	۰/۰۰۱	۲/۸۹۵	۰/۰۰۸
تجاری شدن کشاورزی	۰/۰۰۴	۳/۷۵۱	۰/۰۰۱
گیبزمارتین	۰/۰۰۳	۲/۵۴۷	۰/۰۱۷
ضریب مکانی	۰/۰۰۳	۲/۵۵۸	۰/۰۱۶
پیوستگی مکانی	۰/۰۰۵	۲/۶۰۹	۰/۰۱۴
تغییر ساختاری	۰/۰۲۱	۲/۲۴۲	۰/۰۳۳
ضریب مکانیزاسیون	۰/۰۰۵	۲/۵۳۱	۰/۰۱۷



شکل ۳. خودهمبستگی فضایی متغیرهای ناامنی غذایی و تاب آوری اقتصادی

افزایش تولید محصولات غذایی

با افزایش سطح اراضی دیم، کشاورزان علیرغم تغییرات ایجاد شده ناشی از تغییرات اقلیمی و کم‌آبی قادر بودند مقدار بیشتری محصولات غذایی تولید کنند و این افزایش تولید به تأمین بیشتر مواد غذایی در بازارها کمک کرده و قیمت‌ها را پایین آورده و دسترسی به غذا را بهبود بخشیده بود.

پایداری در تولید

اراضی دیم از منابع طبیعی مختلفی همچون بارش باران به‌عنوان منبع اصلی آب استفاده می‌کنند و کمتر وابسته به آبیاری مصنوعی هستند. این ویژگی پایداری بیشتری در تولید محصولات کشاورزی، بویژه در مناطق با کمبود آب، ایجاد کرده بود.

کاهش هزینه‌های تولید

به دلیل عدم نیاز به سیستم‌های پیچیده آبیاری و مصرف زیاد انرژی به کشاورزان کمک کرده بود تا محصولات خود را با قیمت کمتری به بازار عرضه کنند. بررسی خودمبستگی نرخ مشارکت اقتصادی نشان داد که افزایش این شاخص به دلایل مختلفی به کاهش ناامنی غذایی منجر شده که عبارتند از:

افزایش درآمد خانوارها

وقتی افراد بیشتری کار کنند، درآمد کلی خانوارها افزایش می‌یابد. درآمد بیشتر به معنای توانایی بیشتر برای خرید مواد غذایی باکیفیت است که مستقیماً به کاهش ناامنی غذایی کمک می‌کند. روستاهایی که درآمد خانوارها در سطح بیشتری قرار داشت، ناامنی غذایی کمتری را تجربه می‌کردند.

ایجاد فرصت‌های شغلی

افزایش نرخ مشارکت اقتصادی با ایجاد فرصت‌های شغلی بیشتر همراه است. وقتی افراد شغل داشته باشند، توانایی مالی برای تأمین نیازهای غذایی خود و خانواده‌هایشان را دارند و این موضوع یکی از علل کاهش شاخص ناامنی غذایی بود.

کاهش فقر

افزایش مشارکت اقتصادی به کاهش سطح کلی فقر کمک کرده بود. افزایش نرخ مشارکت اقتصادی با افزایش درآمد، اشتغال‌زایی، بهبود تولید و عرضه غذا و کاهش فقر، سطح ناامنی غذایی را بطور قابل توجهی کاهش داده بود.

بهبود تولید و عرضه غذا

افزایش نرخ مشارکت اقتصادی به بهبود تولید داخلی مواد غذایی منجر شده بود؛ مثلاً افزایش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در برخی از روستاها منجر به تولید بیشتر و ارزان‌تر غذا شده و این موضوع به نوبه خود دسترسی به مواد غذایی را برای اقشار کم‌درآمد راحت‌تر و با قیمت مناسب‌تر مهیا کرده بود.

بررسی خودمبستگی نرخ اشتغال و ناامنی غذایی نشان داد که افزایش این شاخص به دلایل مختلفی به کاهش ناامنی غذایی می‌انجامد که عبارتند از:

افزایش درآمد خانوارها

با افزایش نرخ اشتغال، افراد بیشتری به منابع مالی دسترسی پیدا کرده بودند. این درآمد به خانوارها امکان می‌داد غذای کافی تهیه کنند و از این طریق ناامنی غذایی کاهش یافته بود.

تقویت اقتصاد محلی

نرخ اشتغال بیشتر به رشد اقتصاد محلی کمک کرده و به افزایش تولید و توزیع مواد غذایی و کاهش ناامنی غذایی انجامیده بود.

افزایش آگاهی و آموزش

افرادی که شاغل بودند دسترسی به اطلاعات بیشتری داشتند و همین موضوع به آن‌ها کمک کرده بود در انتخاب و مصرف مواد غذایی بهتر عمل کنند و سلامت غذایی خود را بهبود بخشند.

بررسی خودمبستگی بار تکفل نشان داد که با افزایش این شاخص میزان ناامنی غذایی نیز افزایش یافته و دلایل آن عبارتند از:

کاهش سرانه درآمد

افرادی که بیکار شده بودند به سرعت به فقر و حداقل‌های تهیه مواد غذایی رسیده و از دسترسی به منابع غذایی کافی و سالم محروم شده بودند.

کاهش توان خرید مواد غذایی باکیفیت

افرادی که بیکار شده بودند برای کاهش هزینه‌های خود به خرید مواد غذایی ارزان‌تر و با ارزش غذایی کمتر روی آورده بودند و این کاهش در کیفیت مواد غذایی به افزایش سوءتغذیه و ناامنی غذایی منجر شده بود.

تأثیرات روانی و اجتماعی

بیکاری تأثیرات روانی منفی مختلفی داشته، از جمله افزایش استرس و کاهش اعتمادبه‌نفس. این وضعیت بر تصمیم‌گیری‌های خانوارها در مورد نحوه مدیریت منابع محدود تأثیر گذاشته و منجر به انتخاب‌های غذایی نامناسب و افزایش ناامنی غذایی شده بود. افزایش شاخص میانگین اراضی باغی به دلایل مختلفی به افزایش ناامنی غذایی انجامیده که عبارتند از:

کاهش تولید محصولات اساسی غذایی

بسیاری از زمین‌های کشاورزی که قبلاً برای تولید محصولات اساسی مثل گندم استفاده می‌شدند به باغ‌های میوه یا محصولات باغی تبدیل و همین مسئله موجب کاهش تولید محصولات اساسی شده بود. این مسئله به کاهش مواد غذایی ضروری بازار، افزایش قیمت این محصولات و کاهش دسترسی خانوارهای کم‌درآمد به این مواد غذایی شده بود.

تمرکز بر محصولات با ارزش اقتصادی بالا

بیشتر کشاورزان و باغداران تمایل به کشت محصولات با ارزش اقتصادی بالاتر همچون پسته دارند که این محصولات به بازارهای صادراتی یا مصرف‌کنندگان ثروتمند اختصاص می‌یابد. این تمرکز می‌تواند منابع کشاورزی و توجه دولت را از تولید محصولات غذایی اساسی دور کرده و منجر به افزایش ناامنی غذایی در طبقات کم‌درآمد شود.

نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر و افزایش ریسک

با افزایش تعداد اعضای خانواده، درآمد حاصله بین افراد بیشتری تقسیم شده و این موضوع توانایی خانواده برای خرید مواد غذایی کافی و باکیفیت را کاهش داده بود.

کاهش تنوع غذایی

با محدود شدن منابع مالی و افزایش نیازها، خانواده‌ها به اجبار به خرید غذاهای ارزان‌تر و کمتر مغذی‌تر روی آورده بودند.

افزایش آسیب‌پذیری در برابر شوک‌ها

خانواده‌هایی که بار تکفل بالایی داشتند، در برابر افزایش قیمت‌ها آسیب‌پذیرتر بودند و این موضوع توانایی اهالی را برای تأمین غذای کافی را کاهش داده بود.

کاهش سرمایه‌گذاری در بحث آموزش و بهداشت

خانواده‌ها با غفلت از این مورد، در بلندمدت فرصت‌های شغلی و درآمدی را از دست داده و با افزایش ناامنی غذایی مواجه شده بودند.

افزایش فشار بر منابع غذایی

در خانواده‌هایی با تعداد اعضای بیشتر، تقاضا برای غذا افزایش یافته و این افزایش تقاضا بدون افزایش متناسب درآمد منجر به کاهش دسترسی به غذا و تشدید ناامنی غذایی شده بود.

افزایش شاخص درصد بیکاری به دلایل مختلفی بطور مستقیم و غیرمستقیم منجر به افزایش ناامنی غذایی شده که عبارتند از:

کاهش درآمد خانوارها

با افزایش بیکاری تعداد افرادی که منبع مالی برای تأمین نیازهای اساسی خود داشتند کاهش پیدا کرده و این کاهش درآمد بر توانایی خرید مواد غذایی خانوارها تأثیر گذاشته و باعث شده بود که آن‌ها نتوانند غذای کافی و باکیفیت تهیه کنند.

افزایش فقر و نابرابری

جابجایی نیروی کار و افزایش بیکاری

در فرآیند تغییر ساختاری، نیروی کار از بخش‌های کشاورزی به سمت بخش‌های صنعتی و خدماتی منتقل می‌شود و ممکن است با افزایش بیکاری موقت یا طولانی‌مدت همراه باشد، به‌ویژه اگر افراد نتوانند به سرعت در بخش‌های جدید مشغول به کار شوند. بیکاری و کاهش درآمد دسترسی خانوارها به غذای کافی و باکیفیت را کاهش داده و منجر به افزایش ناامنی غذایی شده بود.

درصد بالایی از بیکاری

با وجود استقرار صنایع در زمین‌های اطراف سکونتگاه این افراد، درصد بالایی از بیکاری در منطقه گزارش شد.

افزایش نابرابری‌های اقتصادی

به دلیل اینکه مزایای این تغییرات به صورت نابرابر در منطقه توزیع شده بود، نابرابری‌های اقتصادی و اجتماعی افزایش یافته و در مناطق کمتر صنعتی، کمبود فرصت‌های شغلی جدید وجود داشت و افراد با کاهش دسترسی به منابع غذایی و افزایش ناامنی غذایی مواجه شده بودند.

فشار بر منابع طبیعی

تغییر ساختاری سریع و نامتوازن به تخریب محیط‌زیست و منابع طبیعی منجر شده بود. بررسی شاخص‌های بُعد اجتماعی نشان داد که رابطه تمامی شاخص‌ها به جز درصد سواد زنان مثبت و معنی‌دار است. بیشترین اثر در شاخص‌های نسبت جنسی، رشد ۹۵-۴۵ و درصد سواد مردان و کمترین اثر در شاخص‌های رشد طبیعی جمعیت، بعد خانوار و خالص مهاجرت می‌باشند (جدول ۷). بر مبنای شکل ۴ بررسی خودهمبستگی شاخص درصد جمعیت جوان و ناامنی غذایی نشان داد که افزایش این شاخص به چند طریق به کاهش ناامنی غذایی کمک کرده که عبارتند از:

افزایش نیروی کار فعال

افزایش درصد جمعیت جوان در بازار کار در تولید مواد غذایی و افزایش بهره‌وری کشاورزی تأثیر بسزایی داشت و این موضوع تولید بیشتر و در نتیجه دسترسی بیشتر به غذا

باغداری نسبت به کشاورزی محصولات اساسی نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتری دارد، از جمله در زمینه‌های آب، کود، حفاظت از محصولات و غیره این افزایش هزینه‌ها و ریسک‌ها فشار مالی بیشتری به کشاورزان منطقه وارد کرده بود و اگر کشاورزان نمی‌توانستند این هزینه‌ها را تأمین کنند، ممکن بود محصولات باغی کمتری تولید کرده و درآمدشان کاهش یابد و این مسئله بر سطح ناامنی غذایی آن‌ها تأثیر بگذارد.

تغییرات در الگوهای غذایی

تمرکز بیشتر بر تولید محصولات باغی الگوهای غذایی را تغییر و دسترسی به غذاهای اساسی و مغذی را کاهش داده بود. این تغییرات به افزایش ناامنی غذایی به دلیل کاهش دسترسی به مواد مغذی ضروری منجر شده بود. افزایش میانگین اراضی باغی اگرچه می‌تواند به افزایش تولید محصولات باارزش منجر شود، اما ممکن است در برخی شرایط با کاهش تولید محصولات اساسی، افزایش وابستگی به بازار و کاهش تنوع غذایی و ناامنی غذایی را بدنبال داشته باشد. افزایش سطح تغییر ساختاری به دلایل مختلفی به افزایش ناامنی غذایی انجامیده که عبارتند از:

کاهش سهم بخش کشاورزی

تغییر ساختاری معمولاً با کاهش سهم بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی و اشتغال همراه است، زیرا اقتصاد به سمت صنعتی شدن و خدمات گرایش پیدا می‌کند. اگر این تغییر به کاهش تولید مواد غذایی در داخل کشور منجر شود، ممکن است وابستگی به واردات غذا افزایش یابد. در محدوده مورد بررسی به دلیل کوهستانی بودن و وجود منابع غنی معدنی، کارخانجات و شرکت‌های مختلف استخراج و فرآوری مواد معدنی فعالیت می‌کردند. همین پدیده از جهات گوناگون بر افزایش شاخص ناامنی غذایی، به لحاظ کاهش سطح تولید محصولات اساسی، بی‌توجهی سیاست‌های کلان نسبت به تأمین امنیت غذایی اهالی منطقه و آلودگی‌های فیزیکی و شیمیایی منابع آب مورد استفاده در صنایع و غیره تأثیر گذاشته بود.

منجر شده بود. در بیشتر روستاها با افزایش درصد جمعیت جوان، شاخص ناامنی غذایی کاهش پیدا کرده بود.

ظهور و بروز نوآوری و فناوری

جوانان به دلیل توانایی‌های بالای یادگیری و پذیرش فناوری‌های جدید، نقش مهمی در توسعه فناوری‌های نوین کشاورزی و بهبود فرآیندهای تولید غذا داشتند. این نوآوری‌ها در برخی از روستاها بطور محسوس قابل مشاهده و منجر به افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات غذایی شده بود.

افزایش آگاهی و آموزش

جوانان با آموزش و افزایش آگاهی خود در زمینه تغذیه سالم و پایدار، نقش مؤثری در کاهش هدررفت غذا و بهبود الگوهای مصرفی جامعه ایفا می‌کردند. بررسی خود همبستگی شاخص نسبت جنسی و ناامنی غذایی نشان داد که افزایش این شاخص به چند طریق به کاهش ناامنی غذایی کمک کرده که عبارتند از:

افزایش نیروی کار در بخش کشاورزی

مردان معمولاً در کارهای فیزیکی کشاورزی نقش بیشتری ایفا می‌کردند و افزایش تعداد آن‌ها به افزایش تولید مواد غذایی منجر شده بود. در روستاهایی که نسبت جنسی در سطح بیشتری قرار داشت، ناامنی غذایی در سطح پایین‌تری بود.

توانایی تأمین اقتصادی خانواده

افزایش نسبت مردان، تأمین اقتصادی خانواده‌ها را بهبود بخشیده و این موضوع به تأمین بهتر نیازهای غذایی و کاهش ناامنی غذایی کمک کرده بود.

بررسی خودهمبستگی شاخص درصد سواد کل و ناامنی غذایی نشان داد که افزایش این شاخص به چند طریق به کاهش ناامنی غذایی کمک کرده که عبارتند از:

افزایش بهره‌وری و کارایی در کشاورزی

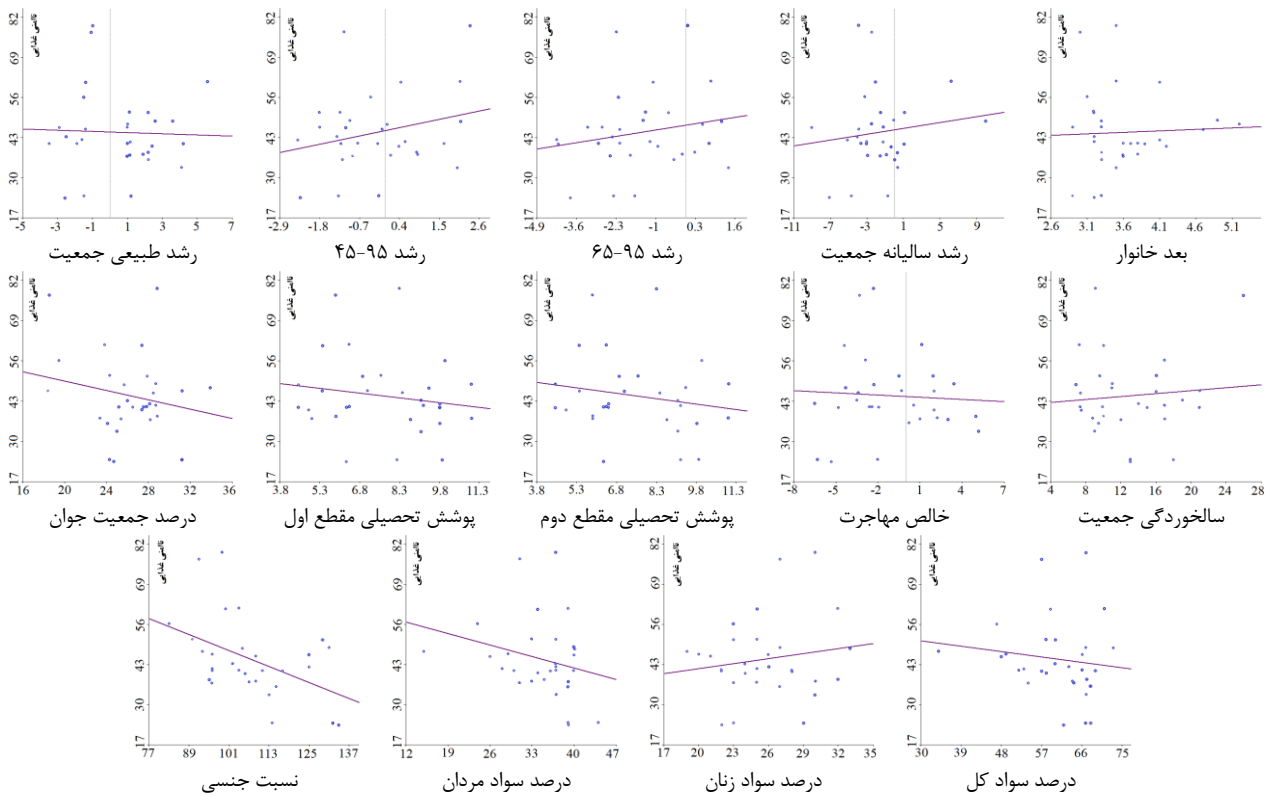
احتمال آشنایی و استفاده از فناوری‌های نوین کشاورزی در افراد باسواد بیشتر بود. این آگاهی منجر به استفاده بهینه از منابع، بهبود تکنیک‌های کشاورزی و افزایش تولید محصولات غذایی در برخی از روستاها همچون پری و خیرآباد که درصد جمعیت باسواد آنان بالا بود محسوس است. افراد باسواد توانستند بر راحتی به اطلاعات و منابع آموزشی دسترسی پیدا کنند و این موضوع به بهره‌وری بیشتر انجامیده بود.

بهبود مدیریت منابع مالی و غذایی

سواد به افراد کمک کرده بود تا منابع مالی و غذایی خود را بهینه مدیریت کنند. افراد باسواد بیشتر، در مدیریت بودجه خانوار، برنامه‌ریزی مالی و استفاده بهینه از منابع غذایی بهتر عمل کرده بودند. این موضوع به کاهش هدررفت غذا و بهبود دسترسی به غذای کافی و باکیفیت کمک کرده بود.

جدول ۷. وضعیت رابطه ناامنی غذایی و بُعد اجتماعی

شاخص	R ²	T-stat	P-value
رشد طبیعی جمعیت	۰/۰۰۱	۱۸/۱۲۳	۰/۰۰۰
رشد ۴۵-۹۵	۰/۰۶۵	۱۹/۱۸۴	۰/۰۰۰
رشد ۶۵-۹۵	۰/۰۳۷	۱۴/۶۰۶	۰/۰۰۰
نرخ رشد سالیانه جمعیت	۰/۰۱۷	۱۷/۲۵۲	۰/۰۰۰
بُعد خانوار	۰/۰۰۲	۲/۶۳۱	۰/۰۱۴
درصد جمعیت جوان	۰/۰۴۱	۰/۵۴۶	۰/۰۰۱
پوشش تحصیلی مقطع اول	۰/۰۲۵	۵/۵۲۵	۰/۰۰۰
پوشش تحصیلی مقطع دوم	۰/۰۳۱	۵/۵۴۰	۰/۰۰۰
خالص مهاجرت	۰/۰۰۴	۱۷/۵۹۲	۰/۰۰۰
سالخوردگی جمعیت	۰/۰۰۸	۶/۰۷۲	۰/۰۰۰
نسبت جنسی	۰/۲۰۸	۵/۲۷۶	۰/۰۰۰
درصد سواد مردان	۰/۰۶۰	۴/۵۲۱	۰/۰۰۰
درصد سواد زنان	۰/۰۲۴	۱/۸۰۲	-۰/۰۸۲
درصد سواد کل	۰/۰۱۷	۳/۲۷۲	۰/۰۰۳



شکل ۴. خودهمبستگی فضایی متغیرهای ناامنی غذایی و تاب‌آوری اجتماعی

بالایی قرار داشت و بسیاری از نیازهای غذایی افراد بی‌پاسخ مانده بود.

فشار بر منابع طبیعی

افزایش جمعیت باعث فشار بیشتر بر منابع طبیعی همچون زمین‌های کشاورزی و آب شده بود. برای تأمین غذای مورد نیاز جمعیت بیشتر، نیاز به گسترش زمین‌های کشاورزی، استفاده بیشتر از منابع آب و مصرف بیشتر انرژی ضروری بود. این فشارها به تخریب محیط‌زیست، کاهش کیفیت خاک، کمبود منابع آب و کاهش بهره‌وری کشاورزی منجر شده بود. این مسئله در بسیاری از روستاها، حتی روستاهای پیشران با نرخ بهره‌وری و تولید زیاد مواد غذایی نیز قابل مشاهده بود. به عبارتی با افزایش جمعیت روستا باید منابع بیشتری مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت تا می‌توانستند به نیازهای غذایی ساکنین پاسخ مطلوبی دهند.

ناامنی غذایی و تاب‌آوری محیط‌زیستی - کالبدی

بررسی شاخص‌های بُعد محیط‌زیستی - کالبدی نشان داد که رابطه تمامی شاخص‌ها مثبت و معنی‌دار است.

افزایش فرصت‌های اقتصادی

کسب تحصیلات بیشتر به افراد کمک کرده بود تا فرصت‌های شغلی بهتری یافته، درآمد بیشتری کسب کرده و در نتیجه توان مالی خود را برای تأمین غذا افزایش دهند. این بهبود در وضعیت اقتصادی به وضوح در روستاهایی که افراد باسواد بیشتری داشت به چشم می‌خورد.

بررسی خودهمبستگی شاخص رشد جمعیت و ناامنی غذایی نشان داد با افزایش شاخص‌های زیرمجموعه رشد جمعیت، ناامنی غذایی به چند دلیل افزایش یافته بود که عبارتند از:

افزایش تقاضا برای غذا

با افزایش جمعیت، نیاز به غذا برای تأمین نیازهای اساسی افزایش یافته بود. اگر تولید مواد غذایی به همان سرعت رشد جمعیت افزایش نیابد، عرضه غذا نمی‌تواند پاسخگوی تقاضای بیشتر باشد. این عدم‌توازن بین عرضه و تقاضا منجر به کمبود غذا و افزایش قیمت‌ها شده و ناامنی غذایی افزایش یافته بود. در روستاهایی که رشد جمعیت بیشتری را تجربه کرده بودند، شاخص ناامنی غذایی در سطح

افزایش اطمینان و کاهش استرس

زندگی در یک مسکن مقاوم و ایمن باعث کاهش استرس و افزایش اطمینان خاطر افراد شده بود. کاهش استرس تأثیر مثبتی بر سلامت روانی و جسمانی داشته و به افراد کمک کرده بود تا بهتر بر تأمین نیازهای غذایی خود و خانواده‌شان تمرکز کنند.

بررسی خودمبستگی شاخص درصد چاه غیرمجاز و ناامنی غذایی نشان داد با افزایش شاخص درصد چاه غیرمجاز ناامنی غذایی به چند دلیل افزایش یافته بود که عبارتند از:

کاهش منابع آب زیرزمینی

چاه‌های غیرمجاز بدون توجه به میزان و نرخ تجدیدپذیری منابع آب زیرزمینی حفاری می‌شدند. این چاه‌ها به سرعت منابع آب زیرزمینی را تخلیه کرده و موجب کاهش سطح آب‌های زیرزمینی شده بودند. کشاورزان به آب کافی برای آبیاری زمین‌های خود دسترسی نداشتند و این موضوع به کاهش تولید محصولات کشاورزی و کمبود مواد غذایی منجر شده بود. در محدوده مورد بررسی علاوه بر چاه‌های غیرمجاز کشاورزی، شاهد حفر تعداد بسیار بیشتری از چاه‌ها برای تغذیه استخرهای پرورش ماهی بودیم. چاه‌هایی که افراد ذی‌نفع بدون کسب هیچگونه مجوز اقدام به حفر آن‌ها نموده بودند.

بیشترین اثر در شاخص‌های درصد مسکن‌های مقاوم‌سازی شده، درصد چاه غیرمجاز و درصد چاه کشاورزی مجاز و کمترین تأثیر شاخص‌های گسل و زلزله و مسکن‌های با اسکلت، تراکم خانوار در واحد مسکونی، درصد مسکن‌های نوساز و توسعه‌یافتگی می‌باشند (جدول ۸).

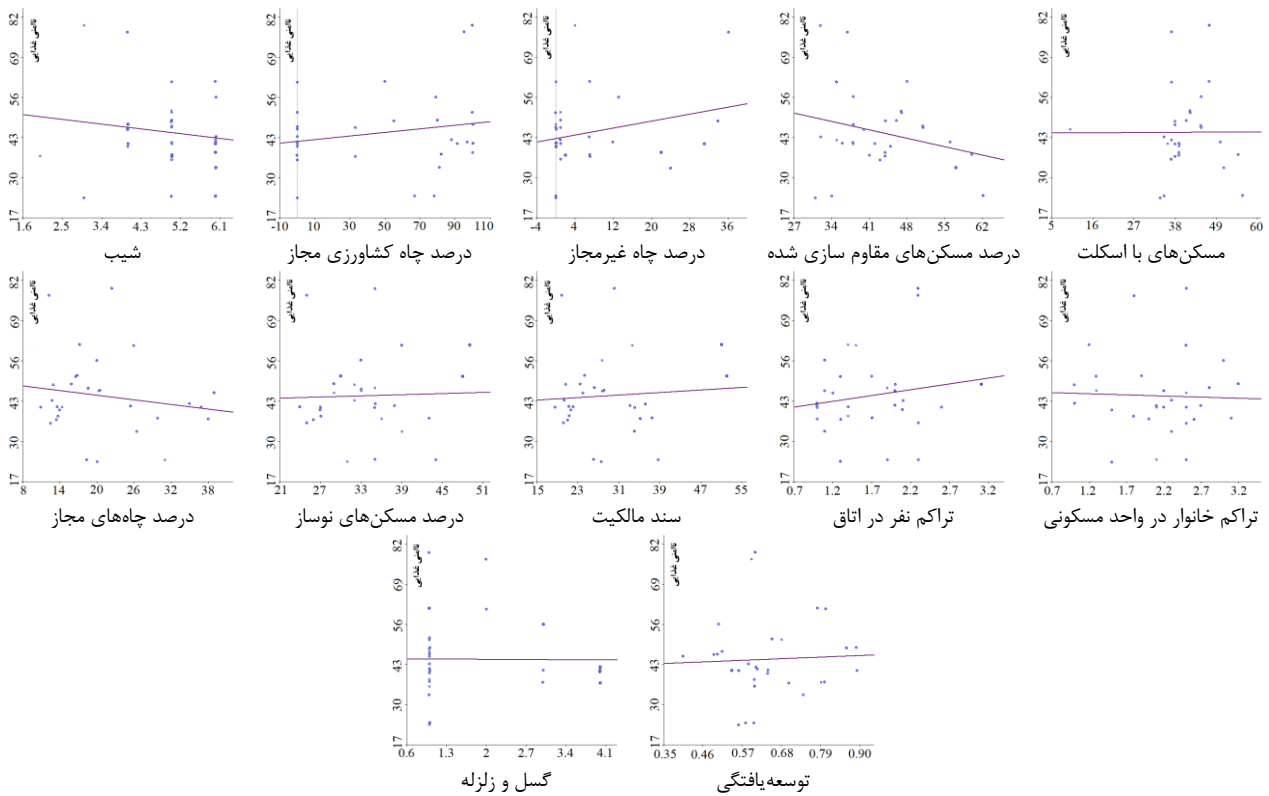
بر مبنای شکل ۵ بررسی خودمبستگی شاخص مسکن‌های مقاوم‌سازی شده و ناامنی غذایی نشان داد افزایش این شاخص به چند طریق به کاهش ناامنی غذایی می‌انجامد که عبارتند از:

کاهش آسیب‌های ناشی از بلایای طبیعی

مسکن‌های مقاوم‌سازی شده در برابر بلایای طبیعی همچون سیل، مقاومت بیشتری داشتند و در صورت وقوع این بلایا، خانوارهایی که در مسکن‌های مقاوم‌سازی شده زندگی می‌کردند، کمتر دچار آسیب می‌شدند. این مقاومت بیشتر به معنای کاهش احتمال از دست دادن دارایی‌ها، از جمله ذخایر غذایی و کاهش نیاز به جابه‌جایی اجباری به دلیل تخریب خانه‌هاست. در نتیجه خانواده‌ها بهتر به نیازهای غذایی خود رسیدگی می‌کردند. این مورد را می‌توان در روستاهایی که به دلیل سیل‌های مکرر زمین‌های کشاورزی، نهرها و خانه‌هایشان آسیب‌ها دیده‌اند به صورت محسوس‌تری مشاهده کرد.

جدول ۸. وضعیت رابطه ناامنی غذایی و بُعد محیط‌زیستی - کالبدی

P-value	T-stat	R ²	شاخص
۰/۰۰۰	۴/۵۱۲	۰/۰۱۹	شیب
۰/۰۰۰	۱۱/۳۳۵	۰/۰۳۷	درصد چاه کشاورزی مجاز
۰/۰۰۰	۱۵/۳۱۴	۰/۰۵۷	درصد چاه غیرمجاز
۰/۰۰۰	۴/۹۲۳	۰/۰۶۳	درصد مسکن‌های مقاوم‌سازی شده
۰/۰۰۱	۳/۶۰۴	۰/۰۰۰	مسکن‌های با اسکلت
۰/۰۰۰	۲/۷۶۵	۰/۰۲۶	درصد چاه‌های مجاز
۰/۰۰۲	۳/۳۹۴	۰/۰۰۱	درصد مسکن‌های نوساز
۰/۰۰۰	۴/۹۵۴	۰/۰۰۴	سند مالکیت
۰/۰۰۰	۴/۹۹۷	۰/۰۲۶	تراکم نفر در اتاق
۰/۰۰۰	۵/۱۶۰	۰/۰۰۱	تراکم خانوار در واحد مسکونی
۰/۰۰۰	۱۰/۳۱۰	۰/۰۰۰	گسل و زلزله
۰/۰۰۳	۳/۲۴۴	۰/۰۰۲	توسعه‌یافتگی



شکل ۵. خودهمبستگی فضایی متغیرهای ناامنی غذایی و تاب‌آوری محیط‌زیستی - کالبدی

کاهش کیفیت آب

بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی به ورود آب‌های شور یا آلوده به منابع آب شیرین منجر شده بود. کاهش کیفیت آب برای کشاورزی مضر است و می‌تواند موجب آلودگی محصولات غذایی و کاهش کیفیت و ایمنی غذایی شود. کلیه ذخایر آبی موجود در منطقه شور بوده و بهره‌برداری بیش از حد از این آب‌ها در نهایت به تهدیدی بزرگ علیه تأمین امنیت غذایی منجر خواهد شد.

افزایش هزینه‌های تولید کشاورزی

با کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، کشاورزان در منطقه مجبور می‌شدند برای دسترسی به آب، چاه‌های عمیق‌تری حفر کنند و از تجهیزات پیشرفته‌تری استفاده کنند که این موضوع هزینه‌ها را افزایش داده بود. افزایش هزینه‌های تولید به افزایش قیمت مواد غذایی و کاهش دسترسی به آن‌ها، بویژه برای افراد کم‌درآمد، منجر شده بود.

برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی از طریق چاه‌های غیرمجاز باعث ناپایداری سیستم‌های کشاورزی شده بود. کشاورزی پایدار نیازمند مدیریت بهینه منابع آب است، اما چاه‌های غیرمجاز به تخریب این تعادل منجر شده بودند. عدم پایداری در کشاورزی به معنی کاهش تولید و افزایش ناامنی غذایی است. یکی دیگر از عواملی که به عدم تعادل منابع آبی منجر شده، استفاده از آب این چاه‌ها برای آبیاری صیفی‌جات کشت شده بدون هیچ توجیه اقتصادی می‌باشد.

کاهش دسترسی به آب شرب

چاه‌های غیرمجاز، منابع آب شرب را تحت تأثیر قرار داده بود؛ چرا که کاهش سطح آب زیرزمینی به کمبود آب شرب منجر شده بود. دسترسی محدود به آب شرب سالم سلامت عمومی را تحت تأثیر قرار داده و در برخی مناطق به افزایش ناامنی غذایی منجر شده بود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های کلی حاکی از آن است که تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر ناامنی غذایی در شرایط خشکسالی،

کاهش پایداری کشاورزی

موضوعی پیچیده و چندوجهیست و تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد:

ناامنی غذایی و تاب‌آوری اقتصادی

با افزایش شاخص‌های بار تکفل، درصد بیکاری، میانگین اراضی باغی و شاخص تغییر ساختاری، ناامنی غذایی افزایش و با افزایش شاخص‌های مشارکت اقتصادی، نرخ اشتغال و میزان اراضی دیم، ناامنی غذایی کاهش پیدا کرده؛ همچنین تاحدودی با افزایش شاخص‌های تنوع فعالیت‌های اقتصادی، میانگین اراضی آبی، تجاری شدن کشاورزی، گیزمارتین، ضریب مکانی، پیوستگی مکانی، ضریب مکانیزاسیون و ضریب تولید ناامنی غذایی افزایش بسیار نامحسوسی داشته و با افزایش سرانه دام کوچک و بزرگ، تغییرات بسیار اندکی در کاهش سطح ناامنی غذایی ایجاد شده است (شکل ۳). به طور کلی تغییرات در استفاده از زمین‌ها به نفع توسعه صنعتی موجب کاهش زمین‌های کشاورزی، کاهش تولید غذا و افزایش ناامنی غذایی شده بود. اگرچه تغییر ساختاری معمولاً با رشد و توسعه اقتصادی همراه است، اما اگر به‌طور نابرابر یا بدون توجه به تأثیر اجتماعی و اقتصادی آن مدیریت شود، به افزایش ناامنی غذایی در مناطق مختلف می‌انجامد. اشتغال بیشتر به معنای امنیت مالی بیشتر، دسترسی بهتر به غذا و خدمات و کاهش ناامنی غذایی می‌باشد و افزایش اراضی دیم به معنای افزایش تولید، تنوع بیشتر محصولات و کاهش هزینه‌هاست که همگی به کاهش ناامنی غذایی کمک می‌کنند.

ناامنی غذایی و تاب‌آوری اجتماعی

با افزایش شاخص‌های درصد جمعیت جوان، نسبت جنسی و درصد سواد کل، بویژه درصد سواد مردان، ناامنی غذایی کاهش و با افزایش شاخص‌های زیرمجموعه رشد جمعیت، میزان شاخص ناامنی غذایی افزایش می‌یابد. در پایان بررسی شاخص‌های دیگر نشان از تغییرات اندک در افزایش یا کاهش شاخص ناامنی غذایی در منطقه مورد بررسی داشت (شکل ۴). در مجموع می‌توان گفت که افزایش جمعیت جوان می‌تواند از طریق تقویت تولید، بهبود

بهره‌وری، پذیرش فناوری‌های نوین و افزایش آگاهی در جامعه به کاهش ناامنی غذایی کمک کند. با وجود تأثیر مثبت شاخص نسبت جنسی بر کاهش ناامنی غذایی، تأثیر افزایش درصد شاخص نسبت جنسی بر ناامنی غذایی وابسته به شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جوامع متغیر است و باید با در نظر گرفتن تمام عوامل مؤثر، مورد بررسی قرار گیرد. افزایش درصد سواد کل جامعه با توانمندسازی افراد در زمینه‌های مختلف زندگی به کاهش ناامنی غذایی از طریق بهبود تولید، توزیع و مصرف مواد غذایی کمک می‌کند و در پایان افزایش شاخص رشد جمعیت با افزایش تقاضا برای غذا، فشار بر منابع طبیعی، افزایش قیمت‌ها و رقابت برای منابع، منجر به افزایش ناامنی غذایی می‌شود.

ناامنی غذایی و تاب‌آوری محیط‌زیستی - کالبدی

با افزایش شاخص درصد مسکن‌های مقاوم‌سازی شده ناامنی غذایی کاهش و با افزایش شاخص‌های درصد چاه غیرمجاز و تراکم نفر در اتاق، میزان شاخص ناامنی غذایی افزایش می‌یابد. بررسی شاخص‌های دیگر تاب‌آوری محیط‌زیستی - کالبدی نشان از تغییرات بسیار اندک در افزایش یا کاهش شاخص ناامنی غذایی داشت (شکل ۵). به‌طور کلی می‌توان گفت افزایش درصد مسکن‌های مقاوم‌سازی شده با کاهش تأثیرات منفی بلایای طبیعی، بهبود شرایط اقتصادی خانوارها می‌تواند به کاهش شاخص ناامنی غذایی کمک کند و افزایش شاخص چاه‌های غیرمجاز تأثیرات منفی متعددی بر منابع آب، کشاورزی، محیط‌زیست و افزایش ناامنی غذایی دارد. مدیریت صحیح و پایدار منابع آب زیرزمینی از طریق کاهش یا جلوگیری از حفر چاه‌های غیرمجاز، به کاهش ناامنی غذایی در محدوده مورد مطالعه کمک می‌کند.

بر اساس یافته‌های پژوهشی که به بررسی عوامل مؤثر در تاب‌آوری روستاییان در برابر ناامنی غذایی در برابر خشکسالی انجام شده بود مشخص شد خانوارهای روستایی با تاب‌آوری بالا دارای سطوح تحصیلی بیشتر، تنوع درآمد، وضعیت اشتغال بهتر، مالکیت زمین بیشتر، تنوع محصولات بیشتر، دسترسی به آب، مالکیت دام و دارایی‌های مختلف بودند (۱۹). در پژوهشی دیگر مشخص شد که خشکسالی از

است که بسیاری از شاخص‌های مورد ارزیابی در پژوهش جاری همچون تجاری شدن کشاورزی، گیبزمارتین، ضریب مکانی، پیوستگی مکانی، ضریب مکانیزاسیون، ضریب تولید، سالخوردگی جمعیت، شیب، تراکم نفر در اتاق، گسل و زلزله و توسعه‌یافتگی مورد توجه قرار نگرفته‌اند. بر مبنای یافته‌ها، ضروری می‌نماید که برنامه‌ریزان با توجه به مؤلفه‌های تأثیرگذار شاخص‌های تاب‌آوری، اقدام به افزایش سطح شاخص‌های مؤثر بر کاهش ناامنی غذایی و افزایش تاب‌آوری ساکنین این سکونتگاه‌ها نمایند.

■ سپاسگزاری

نویسندگان پژوهش از سازمان‌ها و اداراتی که در جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز این پژوهش همکاری نمودند تشکر می‌نمایند.

طریق کاهش تولیدات محصولات کشاورزی به کاهش امنیت غذایی و افزایش واردات مواد غذایی در سال‌های پس از خشکسالی می‌انجامد (۲۰). اندازه خانواده، تنوع منابع درآمد، مالکیت دام، دسترسی به خدمات اعتباری و کمک‌های دریافتی بر تاب‌آوری خانوار روستایی در برابر ناامنی غذایی تأثیرگذار است (۴) و تغییرات اقلیمی به شدت امنیت غذایی روستاییان را تهدید می‌کند و آمادگی کشاورزان برای مقابله با این شرایط ضروری است. افزایش درآمد و تنوع‌بخشی به فعالیت‌های کشاورزی و غیرکشاورزی تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی را کاهش داده و این تغییرات به تدریج منابع طبیعی و اقتصادی را از بین برده و اعتماد به نفس روستاییان را کاهش داده است (۷). نتایج این مطالعات با نتایج به دست آمده از پژوهش جاری مطابقت دارد و وجه تمایز پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین این

■ References

1. Dryzek, J. S., Norgaard, R. B., & Schlosberg, D. (Eds.). (2011). *The Oxford handbook of climate change and society*. Oxford University Press.
2. Anderson, W., Taylor, C. R., McDermid, S. P., Ilboudo-Nebie, E., Seager, R., Schlenker, W., ... & Markey, K. (2020). Characterizing the effect of drought, conflict, and locusts on food security in africa. PREPRINT (Version 1) available at *Research Square*, 1-31. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-104065/v1>
3. Argaw, T. L., Fledderjohann, J., Aurino, E., & Vellakkal, S. (2023). Children's educational outcomes and persistence and severity of household food insecurity in India: Longitudinal evidence from young lives. *The Journal of Nutrition*, 153(4), 1101-1110. DOI: 10.1016/j.tjnut.2023.02.008
4. Beyene, F., Senapathy, M., Bojago, E., & Tadiwos, T. (2023). Rural household resilience to food insecurity and its determinants: Damot Pulasa district, Southern Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100500, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100500>
5. Dunn Cavelt, M., Kaufmann, M., & Soby Kristensen, K. (2015). Resilience and (in) security: Practices, subjects, temporalities. *Security dialogue*, 46(1), 3-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100524>
6. Economic Research Service. (2022). *Definitions of food security*. Retrieved from <https://www.ers.usda.gov/topics/food-nutrition-assistance/food-security-in-the-u-s/definitions-of-food-security/>
7. Esmailnadjad, M., Akbarpoor, M., Mekaniki, J., & Falsoleyman, M. (2018). Assessing the consequences of drought effects on food security and rural livelihoods, a case study; Rural farmers of Meighan Nehbandan district. *Geography*, 16(57), 5-18. [In Persian]
8. Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). *Hunger and food insecurity*. <https://www.fao.org/hunger/en/>

9. Haile, D., Seyoum, A., & Azmeraw, A. (2021). Does building the resilience of rural households reduce multidimensional poverty? Analysis of panel data in Ethiopia. *Scientific African*, 12, e00788, 1-19. DOI:10.1016/j.sciaf.2021.e00788
10. Hoddinott, J. (2001). *Methods for rural development projects. Food Security in Practice*. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
11. Hoddinott, J. (2014). Understanding Resilience for Food and Nutrition Security, 2020 Conference Paper 8, *International Food Policy Research Institute*, Washington, DC, USA.
12. Iran Meteorological Organization, (2017). <https://www.irimo.ir/far/index.php> [In Persian]
13. Javadinejad, S., Dara, R., & Jafary, F. (2021). Analysis and prioritization the effective factors on increasing farmers resilience under climate change and drought. *Agricultural research*, 10(3), 497-513. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00516-w>
14. Karnik, H., & Peterson, H. H. (2023). Food security among low-income immigrant households and the role of social capital: A case study of Somali-American households in the Midwestern United States. *Food Policy*, 117, 102456, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2023.102456>
15. Lolemtum, J. T., Mugalavai, E. M., & Obiri, J. A. (2017). Impact of drought on food security in West Pokot County, Kenya. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 7(6), 742-750.
16. Luthar, S. S., Cicchetti, D., & Becker, B. (2000). The construct of resilience: A critical evaluation and guidelines for future work. *Child development*, 71(3), 543-562. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00164>
17. Management and planning organization of Zanjan province (2019). Specialized and general database of villages. The dataset is available at: http://abepi.ir/lib/upload/files/amar_va_etalaat/bnketelaatomomi&takhasosi/95BNKSRSH.971228.xlsx. [In Persian]
18. Mitiku, A., Fufa, B., & Tadese, B. (2012). Empirical analysis of the determinants of rural household's food security in Southern Ethiopia: The case of Shashemene District. *Basic Research Journal of Agricultural Science and Review*, 1(6), 132-138.
19. Nahid, N., Lashgarara, F., Farajolah Hosseini, S. J., Mirdamadi, S. M., & Rezaei-Moghaddam, K. (2021). Determining the resilience of rural households to food insecurity during drought conditions in Fars province, Iran. *Sustainability*, 13(15), 8384, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13158384>
20. Orimoloye, I. R. (2022). Agricultural drought and its potential impacts: enabling decision-support for food security in vulnerable regions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.838824>
21. Qtaishat, T., El-Habbab, M. S., Bumblauskas, D. P., & Tabieh, M. (2023). The impact of drought on food security and sustainability in Jordan. *GeoJournal*, 88(2), 1389-1400. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-022-10702-8>
22. Rezaei, R., Hosseini, S. M., & Sharifi, O. (2011). Analyzing and Explaining the Effects of Drought in Rural Regions of Zanjan County (Case Study: HajArash Village). *Journal of Rural Research*, 1(3), 109-130. [In Persian]
23. Riahi, V., & pashazadeh, A. (2014). Economic and social impacts of drought on rural areas in Germe (Case study: Rural district of Azadlu). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 8(25), 17-37. [In Persian]

24. Sabouri, G. (2014) *Studying the changes in the climatic zones of Iran in the period of 2010-2099 under the phenomenon of global warming using micro-scale exponential general circulation models of the atmosphere*. Master thesis of Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture, Mashhad. [In Persian]
25. Schanzenbach, D., & Pitts, A. (2020). *How much has food insecurity risen? Evidence from the Census Household Pulse Survey*. Institute for Policy Research Rapid Research Report, 1-10.
26. Sharafi, L., & Zarafshani, K. (2011). Economic and Social Vulnerability Assessment among Farmers towards Drought (Case of study: Wheat Farmers Kermanshah, Sahne, and Ravansar townships) in. *Journal of Rural Research*, 1(4), 129-154. [In Persian]
27. Smith, M. D., & Meade, B. (2019). *Who are the world's food insecure? Identifying the risk factors of food insecurity around the world*. Amber Waves: The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America. DOI: 10.22004/ag.econ.302721
28. World Meteorological Organization (WMO). (2012). *SPI classification and their values*. <https://wmo.int>
29. Statistical Center of Iran (SCI). (2014). *General Agricultural Census of Zanjan Province, 2014*. The dataset is available at: <https://amar.org.ir/statistical-information/>. [In Persian]
30. Statistical Center of Iran (SCI). (2021). *Zanjan statistical yearbook*. The dataset is available at: <https://amar.org.ir/salnameh-amari/agentType/ViewType/PropertyTypeID/629>. [In Persian]
31. Zerihun, S., Mulugeta, M., & Abi, M. (2024). Rural household resilience to food insecurity in Majang Zone, Southwestern Ethiopia. *F1000Research*, 13(162), 1-26. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.142289.1>.

Investigating the Effectiveness of Univariate and Integrated Multivariate Indices in Monitoring Agricultural Drought (Case Study: Karkheh Basin)

M. Karimi^{1*}, N. Dehghani², N. Jalilian³, K. Shahedi⁴

1. Researcher, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Kermanshah, Iran.
2. Assistant Prof., Watershed Management Department, Soil Conservation and Watershed Research Institute, Tehran, Iran.
3. Associate Prof., Forests and Rangelands Research Division, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Kermanshah, Iran.
4. Prof., Watershed Management Department, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Iran.

* Corresponding Author: mahshid.karimi@areeo.ac.ir

Received date: 20/07/2024

Accepted date: 14/09/2024



[10.22034/JDMAL.2024.2036111.1473](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2036111.1473)

Abstract

Drought is one of the major climate hazards that has significantly impacted the environmental and socio-economic conditions of Iran in recent years. As such, investigating and monitoring drought is essential for understanding its occurrence and reducing vulnerability. This study evaluates the efficiency of integrated multivariate indices compared to univariate indices for monitoring agricultural drought based on satellite imagery in the Karkheh basin. Multivariate remote sensing indices, including the Vegetation Health Index (VHI) and the Normalized Vegetation Soil Water Index (NVSWI), alongside the univariate Normalized Land Surface Water Index (NLSWI), were calculated to monitor drought conditions across the entire Karkheh watershed during May from 2001 to 2022. The results revealed frequent drought occurrences with varying intensities (low to severe) during the statistical periods of 2001–2004, 2006–2010, 2012, and 2013–2015. The performance of multivariate and univariate indices was validated against the Standardized Precipitation Index (SPI) at one-, three-, and six-month scales, as well as the Streamflow Drought Index (SDI). The highest correlation was observed between the NVSWI and SPI-1 ($r = 0.71$) and SDI ($r = 0.64$). Similarly, the VHI demonstrated a relatively strong correlation with SPI-1 ($r = 0.66$) and SDI ($r = 0.56$). In contrast, the univariate NLSWI showed the weakest correlations with SPI-1 ($r = 0.42$), SPI-3 ($r = 0.21$), and SDI ($r = 0.40$). The findings indicate that integrated multivariate indices, such as NVSWI and VHI, outperform the univariate NLSWI index in agricultural drought monitoring. This superiority is attributed to the inclusion of multiple factors, such as vegetation health and land surface temperature, in multivariate indices. As a result, NVSWI and VHI provide more comprehensive and accurate monitoring of drought conditions compared to univariate indices.

Keywords: Agricultural drought, Remote sensing, Univariate indices; Multivariate indices

How to cite this article

Karimi, M., Dehghani, N., Jalilian, N. and Shahedi, K. (2024). Investigating the Effectiveness of Univariate and Integrated Multivariate Indices in Monitoring Agricultural Drought (Case Study: Karkheh Basin). *Desert Management*, 12(3), 99-122. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2036111.1473](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2036111.1473)



Extended Abstract

Introduction

Drought is an environmental hazard that occurs in nearly all regions, particularly in arid and semi-arid climates, and it can be effective at both regional and global levels (15). Given the negative and catastrophic effects of this phenomenon on human life and all living beings, it is crucial to offer constructive solutions to handle, control, and manage the drought crisis (39,36, 46). Various multi-spectral indices based on satellite images have been created by many researchers for drought monitoring purposes due to this reason (31, 32, 51). The results of past research showed that univariate indices are highly useful for specific locations and purposes. However, they are incapable of providing a comprehensive evaluation of drought characteristics as a climate phenomenon that is multivariable. Therefore, combining these indices can provide a superior outcome and cover all aspects of drought (4) Hence Multivariable integrated indices like the Vegetation Health Index (VHI) (27), Vegetation Supply Water Index (VSWI) (5), Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) (44), Aggregate Drought Index (ADI) (24), Multivariate Drought Index (MDI) (40), Multivariate Integrated Drought Index (MIDI) (6), Comprehensive Meteorological Drought Index (CI) (45), Microwave Integrated Drought Index (MIDI) (47), Composite Vegetation Drought Indices (CVDI) and Meteorological Drought (CMDI) (49), Modified Composite Drought Index (MCDI) (7), Factual Drought Index (FDI) (13), Composite Drought Index (CDI) (22), Standard Integrated Drought Index (SIDI) (8) and so on, were presented by researchers. A comprehensive index can be obtained for drought analysis and more acceptable results can be obtained by adding more parameters that affect drought occurrence. Satellite indices can be used to monitor drought, but their results are dependent on the environmental and climatic conditions in the region, according to research findings. To monitor this phenomenon, it is necessary to evaluate the relationship between each satellite index and the occurrence of drought in the studied region, and the appropriate index must be selected in each region according to its vegetation and climatic conditions (2, 25). Most drought studies in Iran have not paid much attention to how plants respond to drought, which is linked to crop water stress, and so far, there have been fewer studies that have examined and compared drought trends with multivariate indices. Therefore, the purpose of this study is to monitor drought using satellite indices and evaluate the efficiency of multivariate indices for investigating droughts that have occurred during the 2001–2022-period in the Karkheh basin. Three drought indices, including the Vegetation Health Index (VHI), the Normalized Land Surface Water Index (NLSWI), and the Normalized Vegetation Supply Water Index (NVSWI), were chosen for this study.

Material and Methods

The Karkheh basin is located in the middle and southwestern parts of the Zagros Mountains in the west of Iran. The basin covers a total area of 50,768 km², with 55% of it located in mountainous areas, and the rest in plains and foothills. The average annual temperature in the basin is between less than 5 °C in the higher parts of the basin and 25 °C in the southern regions (fig. 1). According to satellite images and research, the growth period of green vegetation in the studied region is from March to July, and depending on the climatic conditions in some parts of the basin, it will last until the end of August (11, 3, 12). The peak of vegetation occurs at the end of May (23). To monitor condition of vegetation and thermal stresses, MOD13A3 and MOD11A1 products were received for calculating the VCI, TCI, VHI, NLSWI, and NVSWI remote sensing indices from the USGS for May during the 2001–2022 period (Tables 2, 3 and 4). The performance of remote sensing indices was investigated using ground observation data from 11 rain gauge and hydrometric stations (Table 1) and SPI and SDI drought indices in this research. The accuracy and precision of remote sensing indices were evaluated by examining their correlation with SPI and SDI indices. The calculation of SPI and SDI indices was done after sorting the data and reconstructing the missing data. Pearson's correlation coefficient was employed to examine the correlation relationship between remote sensing indices with SPI1, SPI3, and SPI6 and SDI in May of 2001–2022 (fig. 2).

Results and Discussion

According to the VHI, NLSWI, and NVSWI indices, the most severe droughts took place between 2001 and 2004, 2006 to 2010, and 2012 to 2015. According to the results of the VHI and NVSWI indices, the drought was more severe and widespread in 2008 and covered almost the entire basin (fig. 3 and fig. 4, and Tables 5 and 6). The NLSWI index data revealed that the most severe drought took place in 2012 (fig. 5 and Table7). Comparing of the average indices of VHI, NVSWI and NLSWI with SPI and SDI showed that there is a significant relationship between precipitation patterns, surface flows and dry and wet conditions. The SPI and

SDI indices have a good agreement on the results of all three indices (fig. 6 and Table 8). Thus, it can be concluded that remote sensing indices are powerful enough to monitor droughts. This research's validation results revealed that NVSWI and VHI multivariate indices are more effective than NLSWI univariate index. NVSWI and VHI multivariate indices can be a useful tool for investigating drought conditions because they take into account factors such as land surface temperature and vegetation condition simultaneously.

Conclusion

Considering the special weather conditions in Iran, particularly the climatic conditions of arid and semi-arid regions, the use of the same indicators to monitor drought in different regions cannot lead to the same results. Therefore, the relationship between each remote sensing index and drought in each region should be studied separately depending on the specific climatic conditions and vegetation of that region, and selecting the appropriate index is necessary for drought monitoring.

Keywords: Agricultural drought; Remote sensing; Univariate indices; Multivariate indices

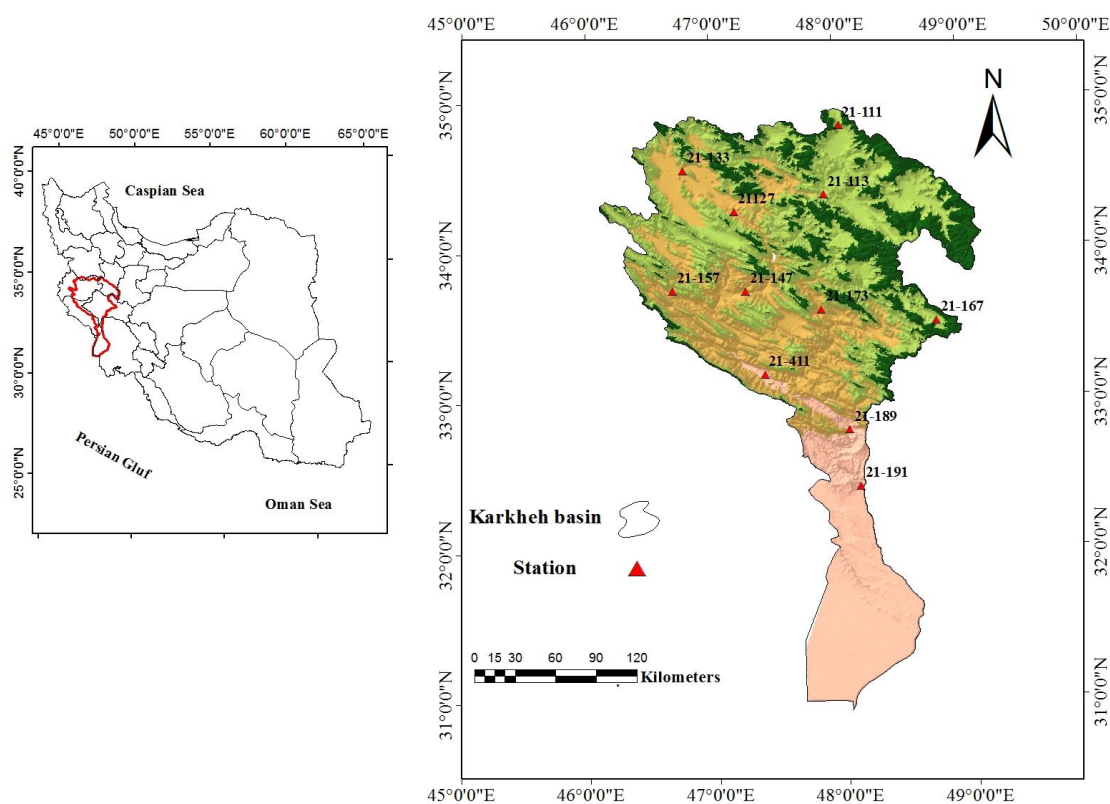


Fig 1. The location of the study area and the rain gauge and hydrometry stations in the Karkheh river basin

Table 1. The characteristics of the rain gauge and hydrometry stations located in the Karkheh River Basin (18)

No.	Code	Station	Latitude	Longitude	Station Type
1	21-111	Aghajanblaghi	34° 50'	48° 04'	Rain gauge
2	21-113	Aran	34° 24'	47° 33'	Rain gauge and hydrometry
3	21-127	Pole Chehr	34° 21'	47° 26'	Rain gauge and hydrometry
4	21-133	Doab Merek	34° 33'	46° 47'	Rain gauge and hydrometry
5	21-147	Halilan- Seimareh	33° 44'	46° 39'	Rain gauge and hydrometry
6	21-157	Dartoot	33° 44'	46° 39'	Rain gauge and hydrometry
7	21-167	Dehno	33° 31'	48° 47'	Rain gauge and hydrometry
8	21-173	Doab Veisian	32° 48'	48° 47'	Rain gauge
9	21-189	Pole Zal	32° 48'	48° 05'	Rain gauge and hydrometry
10	21-191	Pay Pol	32° 25'	48° 09'	Rain gauge and hydrometry
11	21-411	Nazar Abad	33° 10'	47° 25'	Rain gauge and hydrometry

Table 2. Table 2. MODIS satellite products used in this study

Satellite	Sensor	Product	Spatial Resolution	Index
Terra	MODIS	MOD 13A ₃	1 km	VCI & NLSWI
Terra	MODIS	MOD 11A ₁	1 km	TCI
Terra	MODIS	MOD 13A ₃ MOD 11A ₁	1 km	VHI & NVSWI

Table 3. Computational relationships of each remote sensing indices

No.	Index	Equation	Reference
1	VCI	$VCI = \frac{NDVI_{ijk} - NDVI_{i,min}}{NDVI_{i,max} - NDVI_{i,min}}$	(26)
2	NLSWI	$NLSWI = \frac{LSWI_{ijk} - LSWI_{i,min}}{LSWI_{i,max} - LSWI_{i,min}}$ $LSWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	(17)
3	TCI	$TCI = \frac{LST_{i,max} - LST_{ijk}}{LST_{i,max} - LST_{i,min}}$	(26)
4	VHI	$VHI = \alpha * VCI + (1 - \alpha) * TCI$ $0 \leq \alpha \leq 1$ $\alpha = 0.5$	(53)
5	NVSWI	$NVSWI = \frac{VSWI_{ijk} - VSWI_{i,min}}{VSWI_{i,max} - VSWI_{i,min}}$ $VSWI = \frac{NDVI}{LST}$	(17)

Table 4. Classification of drought conditions based on the SPI, SDI, and remote sensing indices

VHI, NVSWI & NLSWI	SDI & SPI	Drought situation
VHI, NVSWI & NLSWI ≥ 80	SPI & SDI ≥ 0	No drought
60 < VHI, NVSWI & NLSWI < 80	-1 < SPI & SDI < 0	Mild
40 < VHI, NVSWI & NLSWI < 60	-1.5 < SPI & SDI < -1	Medium
20 < VHI, NVSWI & NLSWI < 40	-2 < SPI & SDI < -1.5	Severe
VHI, NVSWI & NLSWI < 20	SPI & SDI < -2	Very intense

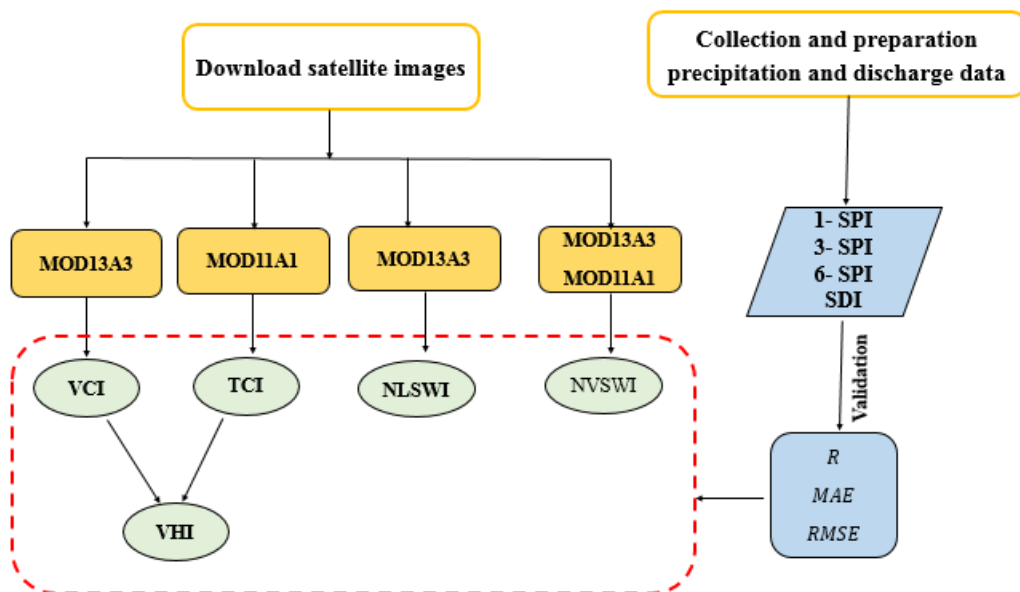


Fig 2. The research steps flowchart

Table 5. Percentage of area of drought classes based on the VHI index for May in the Karkheh river basin

Year	No drought	Mild	Medium	Severe	Very intense
2001	45.3	16.6	16	11.7	10.4
2002	64.1	10.2	9.1	7	9.6
2003	56.2	13	11.1	8.4	11.3
2004	51.5	17.4	15	9.8	6.3
2005	52.6	14.1	12.6	9.9	10.8
2006	67	15.1	10.2	5	2.7
2007	74	9.9	7.2	4.6	4.3
2008	9.3	5.8	9.7	33.1	42.1
2009	43.7	16.5	14	9.6	16.2
2010	76.8	6.5	6	5.5	5.2
2011	82.7	8.8	5.1	2.2	2.2
2012	43.4	15.7	14.9	12.1	13.9
2013	48.6	14.9	15.1	11.7	9.7
2014	33	20	22.6	15.7	8.7
2015	49.6	11.3	13.1	13	13
2016	75.8	9.5	6.9	4.3	3.5
2017	67	12.7	9.2	5.7	5.3
2018	77.1	9.9	6.1	3.6	3.3
2019	77.4	9.1	5.2	4.1	4.2
2020	62.8	11.2	9.6	10.8	5.6
2021	73.8	10.5	8.6	3.9	3.2
2022	73.6	11.4	8.2	3.1	3.7

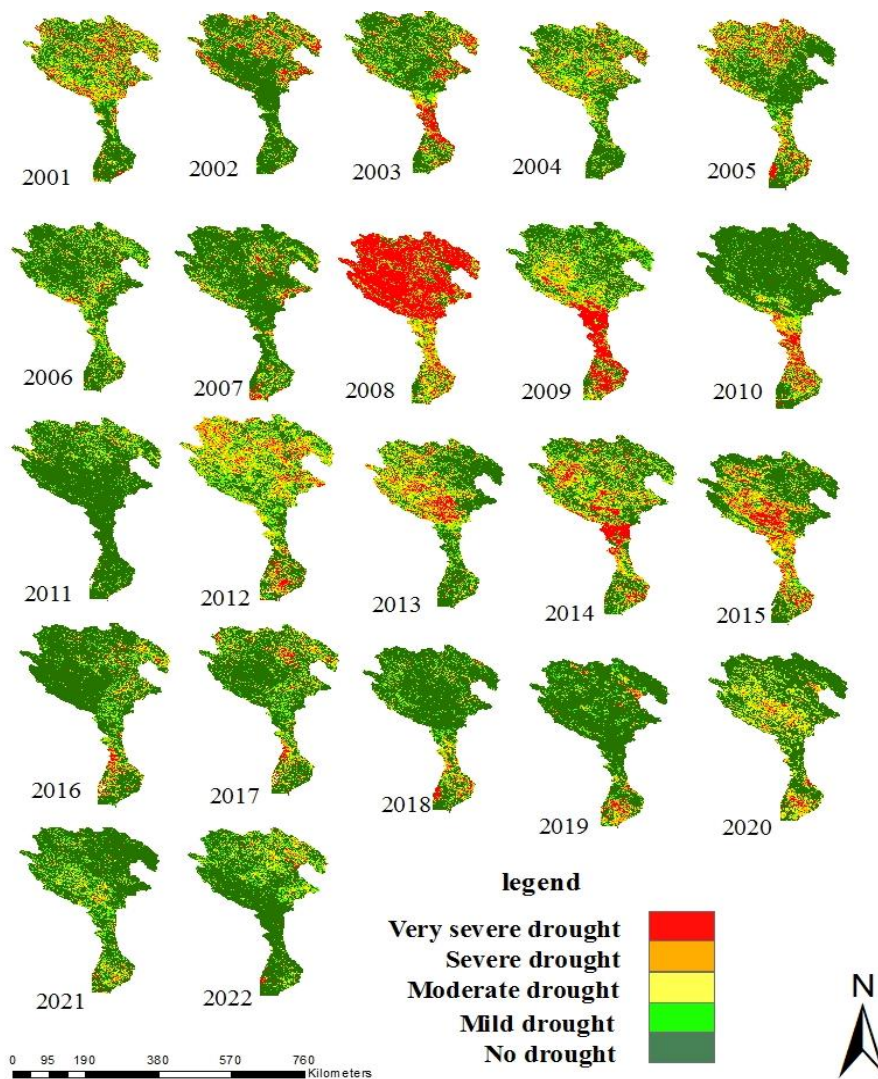


Fig 3. Drought situation in May based on VHI index in the Karkheh river basin

Table 6. Percentage of area of drought classes based on the NVSWI index for May in the Karkheh river basin

Year	No drought	Mild	Medium	Severe	Very intense
2001	94.1	4.8	1	0.1	0
2002	37.6	20	19.3	13.1	10
2003	53.7	19.5	16.1	4	6.7
2004	47.7	18.3	14.7	10	9.3
2005	66.4	15.8	11.7	4.9	1.2
2006	25.2	22.4	25.8	18.5	8.1
2007	24.6	23	27.8	17.6	7
2008	5.6	5.9	9.9	14.5	64.1
2009	92.6	4.4	2.4	0.5	0.1
2010	31.3	15.1	18.2	16.8	18.6
2011	77.7	14.9	5.6	1.2	0.6
2012	98.7	0.8	0.3	0.1	0.1
2013	88.7	6	3.3	1.3	0.7
2014	19.5	12.4	21.3	24.9	21.9
2015	19	17.5	23.1	21.3	19.1
2016	61.8	20.1	11.7	4.8	1.6
2017	84.5	11.3	3.1	0.8	0.3
2018	59.2	19.8	12.8	5.7	2.5
2019	95.5	2.3	1.1	0.5	0.6
2020	95.9	2.1	0.9	0.6	0.5
2021	76.5	14.8	3.9	2.2	2.6
2022	91.8	3.5	1	2.4	1.3

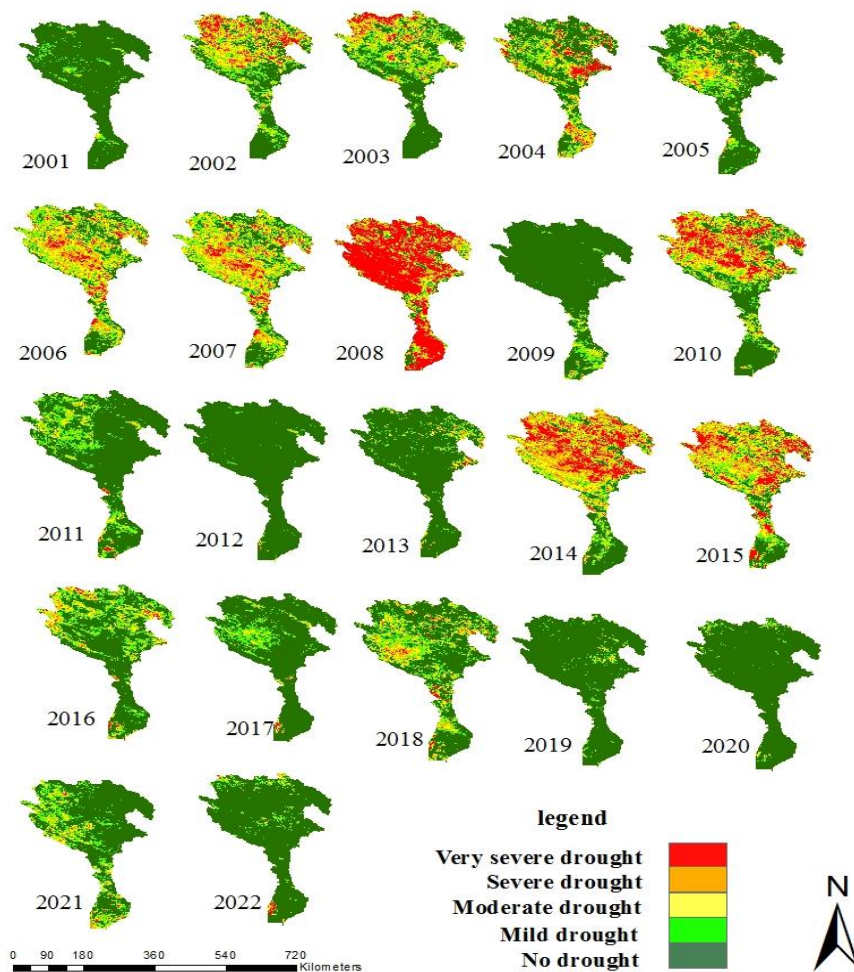


Fig 4. Drought condition in May based on NVSWI index in the Karkheh river basin

Table 7. Percentage of area of drought classes based on NLSWI index for May in the Karkheh river basin

Year	No drought	Mild	Medium	Severe	Very intense
2001	55.6	23.2	15.8	4.7	0.7
2002	63.3	13.7	11.4	9.3	2.3
2003	74.2	12	7.1	5.1	1.6
2004	74.1	14.3	6.6	3.6	1.4
2005	71	15.5	9	3.4	1.1
2006	77	10.1	6.8	3.9	2.2
2007	80.4	11.5	5.7	1.9	0.5
2008	52.6	14.5	12.8	10.1	10
2009	58.2	17.8	14.7	7.6	1.7
2010	82.5	8	6.5	2.4	0.6
2011	81.5	5.9	7.6	5.2	0.1
2012	11	11	14.5	32.3	31.2
2013	46.3	21.9	19.6	10	2.2
2014	41.6	20.2	17.8	12.7	7.7
2015	88.7	5.6	3.9	1.6	0.2
2016	70.5	10.4	7.9	8.4	2.8
2017	64.9	13.4	8.3	9.8	3.6
2018	83.6	8.6	5.4	2.1	0.3
2019	88	6.4	3.5	1.9	0.2
2020	85.6	6.3	2.8	2.2	3.1
2021	87.7	4.2	2.9	2.4	2.8
2022	91.8	3.2	1.1	1.8	2.1

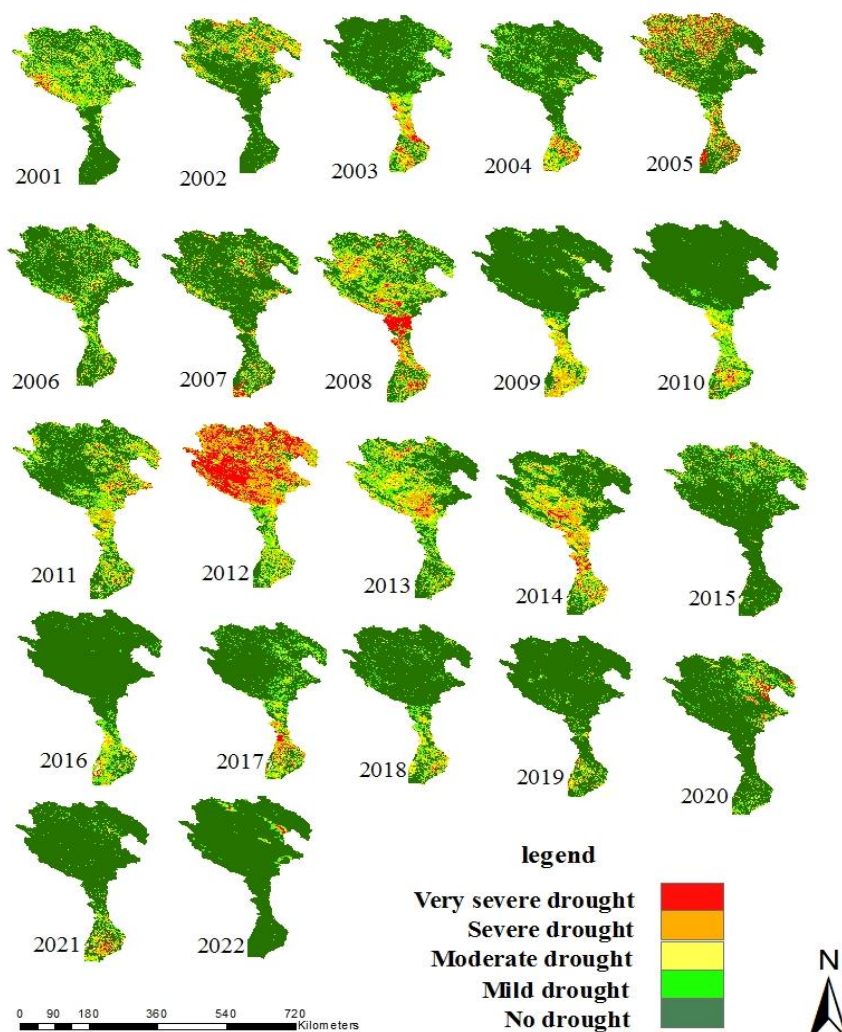


Fig 5. Drought situation in May based on the NLSWI index in the Karkheh river basin

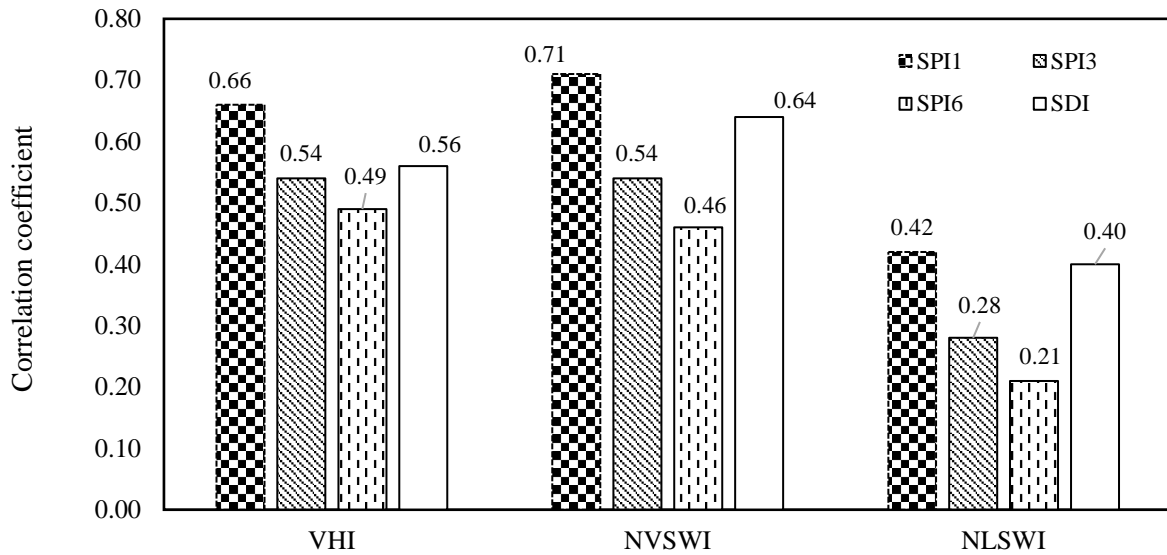


Fig 6. The correlation coefficient between remote sensing and ground-based measurements in the Karkheh river basin

Table 8. RMSE and MAE values for measuring the relationship between remote sensing indices and SPI/SDI

Remote sensing indices	SPI-1		SPI-3		SPI-6		SDI	
	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
VHI	0.18	0.16	0.24	0.2	0.29	0.27	0.32	0.29
NVSWI	0.15	0.13	0.21	0.17	0.22	0.19	0.21	0.20
NLSWI	0.31	0.29	0.37	0.34	0.42	0.40	0.39	0.41



بررسی عملکرد شاخص‌های تک متغیره و یکپارچه چند متغیره در پایش خشکسالی کشاورزی (بررسی موردی: حوزه آبخیز کرخه)

مهشید کریمی^{۱*}، نوید دهقانی^۲، نسترن جلیلیان^۳، کاکا شاهدی^۴

۱. پژوهشگر بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
 ۲. استادیار گروه مدیریت حوزه‌های آبخیز، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران.
 ۳. دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
 ۴. استاد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
- * نویسنده مسئول: mahshid.karimi@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۴

 10.22034/JDMAL.2024.2036111.1473

چکیده

خشکسالی یکی از مخاطرات اقلیمی است که در سال‌های اخیر، به‌طور قابل توجهی بر شرایط محیطی و اجتماعی - اقتصادی ایران تأثیر گذاشته است. از این‌رو بررسی و پایش آن، به‌منظور اطلاع از وقوع خشکسالی و کاهش آسیب‌پذیری، بسیار ضروری و مهم است. در پژوهش حاضر کارایی شاخص‌های یکپارچه چندمتغیره نسبت به شاخص‌های تک متغیره در پایش خشکسالی کشاورزی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای در حوزه آبخیز کرخه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور در آغاز شاخص‌های سنجش از دوری چند متغیره NVSWI و VHI و شاخص تک متغیره NLSWI محاسبه شد و وضعیت خشکسالی در کل حوزه آبخیز کرخه توسط این سه شاخص برای دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ در اردیبهشت ماه پایش شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد طی دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳، ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ در منطقه مورد بررسی خشکسالی‌های مکرر با شدت کم تا شدید رخ داده است. سپس عملکرد شاخص‌های چند متغیره و تک متغیره با استفاده از شاخص SPI در مقیاس‌های یک، سه و شش ماهه و شاخص SDI مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. طبق نتایج صحت‌سنجی پژوهش حاضر، بیشترین ضریب همبستگی بین شاخص NVSWI با SPI-1 و SDI به ترتیب برابر با ۰/۷۱ و ۰/۶۴ مشاهده شد و همچنین شاخص VHI نیز بعد از شاخص NVSWI، همبستگی نسبتاً خوبی با SPI-1 (۰/۶۶) و SDI (۰/۵۶) دارد و شاخص تک متغیره NLSWI کمترین همبستگی را با SPI-1 (۰/۴۲)، SPI-2 (۰/۲۸)، SPI-3 (۰/۲۱) و SDI (۰/۴۰) دارد. بنابراین طبق نتایج شاخص‌های یکپارچه چندمتغیره NVSWI و VHI نسبت به شاخص تک‌متغیره NLSWI نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. زیرا شاخص‌های چندمتغیره NVSWI و VHI، عواملی مثل وضعیت پوشش گیاهی و دمای سطح زمین را همزمان در پایش خشکسالی منظور می‌نماید، بنابراین شاخص‌های چند متغیره نسبت به شاخص‌های تک متغیره وضعیت خشکسالی را بخوبی پایش می‌کند.

واژگان کلیدی: خشکسالی کشاورزی؛ سنجش از دور؛ شاخص‌های تک متغیره؛ شاخص‌های چند متغیره

استناد به این مقاله

کریمی، مهشید، دهقانی، نوید، جلیلیان، نسترن و شاهدی، کاکا. (۱۴۰۳). بررسی عملکرد شاخص‌های تک متغیره و یکپارچه چند متغیره در پایش خشکسالی کشاورزی (بررسی موردی: حوزه آبخیز کرخه). مدیریت بیابان، ۱۲(۳)، ۹۹-۱۲۲.

DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2036111.1473](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2036111.1473)



■ مقدمه

خشکسالی مخاطره اقلیمی است که تقریباً در تمام مناطق به خصوص در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک رخ می‌دهد و در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی تأثیرگذار است (۱۵). در سه دهه اخیر بیشتر قاره‌ها با مشکل خشکسالی روبه رو شده‌اند و این موضوع با افزایش تقاضای آب در برابر محدودیت جدی منابع آب اهمیت پیدا می‌کند (۳۵). بنابراین با توجه به آثار منفی و فاجعه‌باری که این پدیده بر زندگی انسان و تمام موجودات زنده دارد از این‌رو ارائه راهکارهای سازنده برای مدیریت ریسک و مدیریت بحران این پدیده لازم و ضروری است (۳۹، ۳۶، ۴۶). جهت پایش خشکسالی، شاخص‌های بسیار زیادی توسط محققان ارائه شده است که هر یک نقاط قوت و ضعف‌های مختص به خود را دارند (۵۱، ۳۲، ۳۱). بیشتر شاخص‌هایی که در این زمینه به کار گرفته شده‌اند، بر پایه داده‌های هواشناسی بوده و متغیرهایی مانند رطوبت خاک، دما و بارش را بررسی می‌کنند. بنابراین به دلیل استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی نه تنها پرهزینه و زمان‌بر است، در سطوح وسیع نیز غیرممکن است. این در حالی است که خشکسالی پدیده‌ای منطقه‌ای بوده و برای پایش آن نیاز به آمار و اطلاعات وسیع و منطقه‌ای است (۱۶). از این‌رو از چهار دهه اخیر، برای پایش خشکسالی فناوری سنجش از دور به‌عنوان ابزاری کاربردی به‌صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. زمانی که به دلیل کمبود رطوبت خاک محتوای آب گیاهی کاهش می‌یابد این امر موجب پژمردگی پوشش گیاهی و در نتیجه کاهش سبزی پوشش گیاهی می‌شود. در این میان، روزه‌های گیاهی تا حدی برای حفظ آب بسته می‌شود. این پدیده‌ها در تصاویر سری زمانی سنجش از دوری منعکس می‌شوند (۱۷). به همین دلیل بسیاری از محققان برای پایش خشکسالی، شاخص‌های چند طیفی مختلفی را بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای ایجاد نمودند (۱۱، ۲۰، ۲۳، ۹، ۳۳، ۱، ۴۸، ۲۶، ۲۸، ۱۹، ۵۰،

۳۰، ۲۹، ۱۰، ۳۷). نتایج پژوهش‌ها نشان داد شاخص‌های تک‌متغیره برای مکان‌های مشخص و اهداف خاص مفیدند، اما نمی‌توانند ارزیابی کلی از شرایط و خصوصیات خشکسالی ارائه کنند و به همین دلیل ممکن است نتایج حاصل از آن‌ها به اندازه کافی مورد اعتماد نباشد (۴). از این‌رو، محققان شاخص‌های یکپارچه چندمتغیره مانند شاخص ذخیره آب پوشش گیاهی^۱ (۵)، شاخص سلامت گیاهی^۲ (۲۷)، شاخص خشکی گیاهی دمایی^۳ (۴۴)، شاخص خشکسالی تجمعی^۴ (۲۴)، شاخص خشکسالی چند متغیره^۵ (۴۰)، شاخص خشکسالی یکپارچه چند متغیره^۶ (۶)، شاخص جامع خشکسالی هواشناسی^۷ (۴۵)، شاخص خشکسالی یکپارچه میکروویو^۸ (۴۷)، شاخص ترکیبی خشکسالی پوشش گیاهی^۹، شاخص ترکیبی خشکسالی هواشناسی^{۱۰} (۴۹)، شاخص ترکیبی اصلاح شده خشکسالی^{۱۱} (۷)، شاخص خشکسالی واقعی^{۱۲} (۱۳)، شاخص خشکسالی ترکیبی^{۱۳} (۲۲)، شاخص یکپارچه استاندارد خشکسالی^{۱۴} (۸) و دیگر شاخص‌های چندمتغیره را ارائه دادند. بنابراین با افزودن تعداد بیشتری از پارامترهای مؤثر در وقوع خشکسالی می‌توان به یک شاخص جامع در تحلیل خشکسالی رسید و نتایج قابل قبول‌تری را به‌دست آورد. بنابراین با توجه به نتایج پژوهش‌ها، شاخص‌های ماهواره‌ای روش‌های مناسبی برای پایش خشکسالی هستند اما این شاخص‌ها با توجه به شرایط محیطی و اقلیمی منطقه نتایج متفاوتی را ارائه می‌دهند. بنابراین به‌منظور پایش این پدیده، باید رابطه هر یک از شاخص‌های ماهواره‌ای با وقوع خشکسالی در منطقه مورد مطالعه ارزیابی شود و در هر منطقه با توجه به شرایط پوشش گیاهی و اقلیمی آن، شاخص مناسب انتخاب شود (۲، ۲۵). از سوی دیگر در بیشتر مطالعات انجام شده در ایران در زمینه خشکسالی کمتر به بررسی‌های پاسخ پوشش‌گیاهی به خشکسالی که مربوط به تنش آبی محصول می‌باشد پرداخته شده است و تاکنون بررسی

⁸ Microwave Integrated Drought Index (MIDI)

⁹ Composite Vegetation Drought Index (CVDI)

¹⁰ Composite Meteorological Drought Index (CMDI)

¹¹ Modified Composite Drought Index (MCDI)

¹² Factual Drought Index (FDI)

¹³ Composite Drought Index (CDI)

¹⁴ Standard Integrated Drought Index (SIDI)

¹ Vegetation Supply Water Index (VSWI)

² Vegetation Health Index (VHI)

³ Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI)

⁴ Aggregate Drought Index (ADI)

⁵ Multivariate Drought Index (MDI)

⁶ Multivariate Integrated Drought Index (MIDI)

⁷ Comprehensive Meteorological Drought Index (CI)

شاخص‌های VHI و NVSWI اطلاعات مربوط به سبزی و دما را برای ارزیابی خشکسالی ادغام می‌کند.

■ مواد و روش

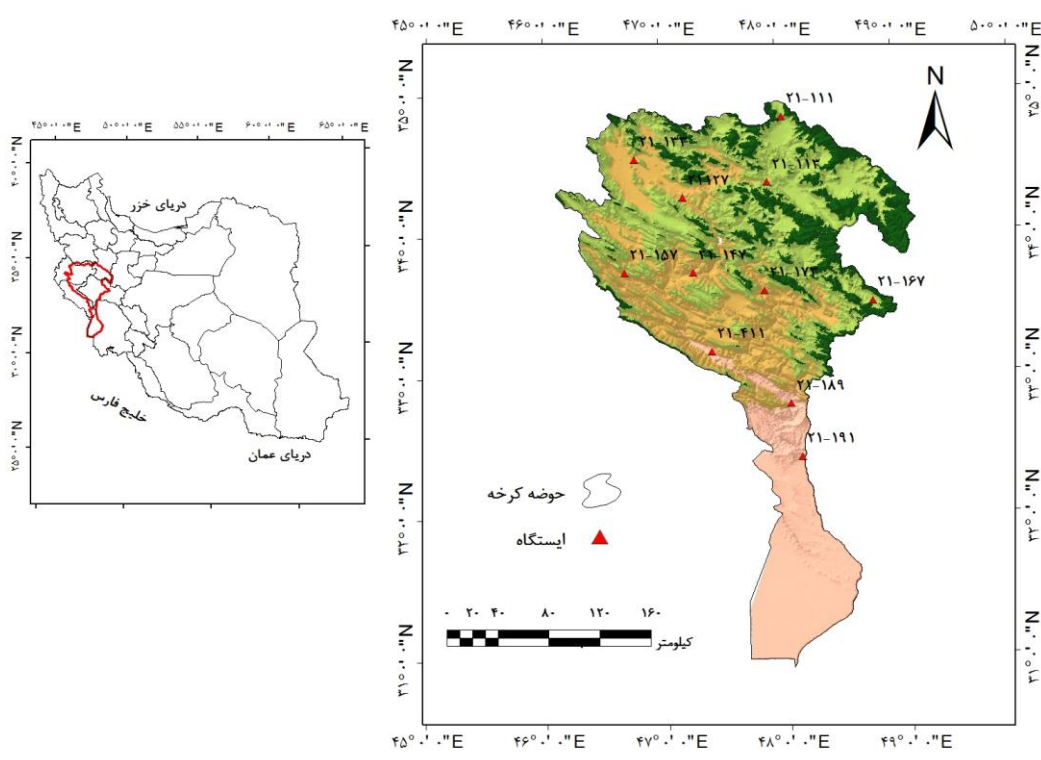
محدوده مورد بررسی

حوزه آبخیز کرخه در مناطق میانی و جنوب‌غربی رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد. آبراهه اصلی این حوضه، رود کرخه است که از تلاقی رودهای سیمره و زال تشکیل شده است. از نظر مختصات جغرافیایی این حوضه بین $30^{\circ}58'$ تا $35^{\circ}04'$ عرض شمالی و $46^{\circ}06'$ تا $49^{\circ}10'$ طول شرقی قرار گرفته است. مساحت این حوضه حدود 51643 km^2 است که از این سطح، حدود $44/5\%$ آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها و تقریباً $55/5\%$ آن را مناطق کوهستانی در بر می‌گیرد. دشت‌های این حوضه غالباً در بخش‌های شمالی-جنوبی و مناطق کوهستانی این حوضه عموماً در بخش‌های میانی و شرقی قرار دارند. بیش از نیمی از استان‌های لرستان و کرمانشاه و بخش‌هایی از استان‌های کردستان، همدان، ایلام و خوزستان در این حوضه قرار گرفته است (شکل ۱).

مقایسه‌ای بین روند خشکسالی با شاخص‌های یکپارچه چند متغیره و تک متغیره (سنجش از دوری) در حوزه آبخیز کرخه صورت نگرفته است. بنابراین هدف از این بررسی پایش مکانی و زمانی خشکسالی با شاخص‌های ماهواره‌ای و ارزیابی عملکرد شاخص‌های یکپارچه چند متغیره در مقایسه با شاخص‌های تک متغیره در بررسی خشکسالی-های رخ داده در مقیاس زمانی ۲۰ ساله (۱۳۸۰-۱۴۰۱) در حوزه آبخیز کرخه است. در واقع در پژوهش حاضر به دنبال یافتن پاسخ به سوال زیر است:

آیا شاخص‌های چند متغیره نسبت به شاخص‌های تک متغیره با دقت بیشتری وضعیت خشکسالی را نشان می‌دهد؟ و نوسان‌ها و ناهنجاری‌های بارش و جریان را به خوبی دنبال می‌کند؟

بنابراین برای این منظور شاخص خشکسالی چندمتغیره سلامت پوشش گیاهی، شاخص آب سطح زمین نرمال شده^۱ و شاخص ذخیره آب گیاهی نرمال شده^۲ انتخاب شدند. این سه شاخص خشکسالی کشاورزی را از طریق رشد پوشش گیاهی تخمین می‌زنند. NLSWI اطلاعاتی در مورد محتوای آب گیاهی ارائه می‌دهد و



شکل ۱. موقعیت منطقه و ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری مورد مطالعه در حوزه آبخیز کرخه

² Normalized Vegetation Supply Water Index (NVSWI)

¹ Normalized Land Surface Water Index (NLSWI)

منبع داده‌ها

داده‌های زمینی

در پژوهش حاضر با استفاده از شاخص‌های بارش استاندارد شده^۱ و خشکسالی جریان رودخانه‌ای^۲ کارایی شاخص‌های سنجش از دوری ارزیابی شد. ابتدا داده‌های بارش و دبی ماهیانه به ترتیب از ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری واقع در حوزه آبخیز کرخه اخذ شد (۱۸). با بررسی‌های انجام شده تعداد ۱۱ ایستگاه باران‌سنجی و هیدرومتری انتخاب شدند. پس از شناسایی داده‌های پرت و حذف آن‌ها، با استفاده از آزمون‌های آماری داده‌ها بازسازی و اصلاح شد و سال‌های آماری ۱۳۸۰-۱۴۰۱ به عنوان دوره آماری در این تحقیق در نظر گرفته شد (جدول ۱).

داده‌های ماهواره‌ای

در این بررسی از محصولات سنجنده مادیس^۳ ماهواره ترا شامل MOD13A3 (محصولات شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده^۴) و MOD11A1 (محصولات دمای سطح زمین^۵) با قدرت مکانی 1km طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ استفاده

شد (جدول ۲).

روش پژوهش

تحلیل شاخص‌های ماهواره‌ای

بررسی تصاویر ماهواره‌ای و مرور منابع نشان داد دوره رشد پوشش سبز گیاهی در منطقه مورد مطالعه، از ابتدای اسفندماه تا پایان تیرماه و بسته به شرایط اقلیمی در برخی نقاط حوضه تا پایان مرداد ماه است (۱۲، ۳، ۱۱) و در اواخر اردیبهشت ماه نیز اوج پوشش گیاهی است (۲۳). در پژوهش حاضر محصولات MOD13A3 و MOD11A1 به منظور بررسی شرایط پوشش گیاهی و تنش‌های حرارتی برای محاسبه شاخص‌های ماهواره‌ای VHI، NLSWI و NVSWI از پایگاه USGS^۶ برای اردیبهشت ماه طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ دریافت شد. سپس هر یک از شاخص‌های سنجش از دوری مطابق با روابط ریاضی ارائه شده در جدول ۳ محاسبه شد. بعد از محاسبه شاخص‌های مورد نظر وضعیت خشکسالی در پنج طبقه خیلی شدید، شدید، متوسط، ملایم و بدون خشکسالی دسته‌بندی شد.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری در حوزه آبخیز کرخه (۱۸)

ردیف.	کد	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نوع ایستگاه
۱	۱۱۱-۲۱	آغاجان‌بلاغی	۳۴°۵۰'	۴۸°۰۴'	باران‌سنج
۲	۱۱۳-۲۱	آران	۳۴°۲۴'	۴۷°۳۳'	باران‌سنجی و هیدرومتری
۳	۱۲۷-۲۱	پل‌چهر	۳۴°۲۱'	۴۷°۲۶'	باران‌سنجی و هیدرومتری
۴	۱۳۳-۲۱	دوآب مرک	۳۴°۳۳'	۴۶°۴۷'	باران‌سنجی و هیدرومتری
۵	۱۴۷-۲۱	هلیلان- سیمره	۳۳°۴۴'	۴۶°۳۹'	باران‌سنجی و هیدرومتری
۶	۱۵۷-۲۱	دارتوت	۳۳°۴۴'	۴۶°۳۹'	باران‌سنجی و هیدرومتری
۷	۱۶۷-۲۱	دهنو	۳۳°۳۱'	۴۸°۴۷'	باران‌سنجی و هیدرومتری
۸	۱۷۳-۲۱	دوآب ویسیان	۳۲°۴۸'	۴۸°۴۷'	باران‌سنجی
۹	۱۸۹-۲۱	پل زال	۳۲°۴۸'	۴۸°۰۵'	باران‌سنجی و هیدرومتری
۱۰	۱۹۱-۲۱	پای پل	۳۲°۲۵'	۴۸°۰۹'	باران‌سنجی و هیدرومتری
۱۱	۴۱۱-۲۱	نظرآباد	۳۳°۱۰'	۴۷°۲۵'	باران‌سنجی و هیدرومتری

جدول ۲. محصول‌های ماهواره مادیس در این مطالعه

شاخص	قدرت تفکیک مکانی (km)	محصول	سنجنده	ماهواره
VCI & NLSWI	۱	MOD 13A ₃	مودیس	ترا
TCI	۱	MOD 11A ₁	مودیس	ترا
VHI & NVSWI	۱	MOD 13A ₃ MOD 11A ₁	مودیس	ترا

^۴ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

^۵ Land Surface Temperature (LST)

^۶ <http://lpdaac.usgs.gov/>

^۱ Standardized precipitation index (SPI)

^۲ Streamflow Drought Index (SDI)

^۳ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

برای $x > 0$ در اینجا $\beta > 0$ پارامتر مقیاس، $x > 0$ مقدار بارندگی، $\alpha > 0$ پارامتر شکل و $\Gamma > 0$ تابع گاما است (۳۲).

شاخص SDI

شاخص SDI با استفاده از داده‌های دبی ایستگاه‌های هیدرومتری براساس روابط زیر محاسبه می‌شود که در اینجا پارامتر K ، دوره آماری، i سال هیدرولوژیک، j ، ماه مورد نظر، $V_{j,k}$ مقادیر حجمی دبی تجمعی، Q ، حجم دبی ماهانه، و پارامترهای S_k و \bar{V}_k به ترتیب انحراف معیار و میانگین سری داده‌های تجمعی جریان است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵). طبقه‌بندی وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص SPI و شاخص‌های ماهواره ای در جدول ۴ نشان داده شده است (۴۳).

$$SDI_{j,k} = \frac{V_{j,k} - \bar{V}_k}{S_k} \quad (7)$$

$$V_{j,k} = \sum_{i=1}^{3k} Q_{i,j} \quad (8)$$

$i=1, 2, \dots; j=1, 2, \dots, 12; k=1, 2, 3$

صحت‌سنجی شاخص‌های ماهواره ای

شاخص‌های SPI و SDI با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری برای صحت‌سنجی نتایج شاخص‌های ماهواره‌ای، محاسبه شدند و از ضریب همبستگی پیرسون برای برآورد همبستگی بین داده‌ها استفاده شد.

شاخص SPI

این شاخص وضعیت خشکسالی یا کاهش بارندگی را در بازه‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ ماهه نشان می‌دهد. براساس این شاخص، برای پایش خشکسالی‌های کشاورزی سری‌های زمانی کوتاه‌مدت یک، سه و شش ماهه و برای بررسی منطقه از نظر خشکسالی‌های هیدرولوژیک سری‌های بلندمدت ۱۲، ۲۴، ۴۸ ماهه به کار گرفته می‌شود (۳۲). برای محاسبه این شاخص ابتدا باید بهترین توزیع آماری از طریق برازش داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی با توزیع‌های آماری مختلف انتخاب شود. طبق تحقیقات صورت گرفته (۳۲) توزیع گاما مناسب‌ترین برازش را با داده‌های بارش دارد. این تابع به صورت رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (6)$$

جدول ۳. روابط محاسباتی هریک از شاخص‌های سنجش از دوری

منبع	رابطه	شاخص	ردیف
(۲۶)	$VCI = \frac{NDVI_{ijk} - NDVI_{i,min}}{NDVI_{i,max} - NDVI_{i,min}}$	VCI	۱
(۱۷)	$NLSWI = \frac{LSWI_{ijk} - LSWI_{i,min}}{LSWI_{i,max} - LSWI_{i,min}}$ $LSWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	NLSWI	۲
(۲۶)	$TCI = \frac{LST_{i,max} - LST_{ijk}}{LST_{i,max} - LST_{i,min}}$	TCI	۳
(۵۳)	* $TCI \ 0 \leq \alpha \leq 1$ $VHI = \alpha * VCI + (1 - \alpha)$ $\alpha = 0.5$	VHI	۴
(۱۷)	$NVSWI = \frac{VSWI_{ijk} - VSWI_{i,min}}{VSWI_{i,max} - VSWI_{i,min}}$ $VSWI = \frac{NDVI}{LST}$	NVSWI	۵

$NDVI_{ijk}$ ، $LSWI_{ijk}$ ، LST_{ijk} و $VSWI_{ijk}$ به ترتیب عبارتند از $NDVI$ ، $LSWI$ ، LST و $VSWI$ برای پیکسل i در ماه j برای سال k ، $NDVI_{i,max}$ ، $LSWI_{i,max}$ ، $LST_{i,max}$ و $VSWI_{i,max}$ و $NDVI_{i,min}$ ، $LSWI_{i,min}$ ، $LST_{i,min}$ و $VSWI_{i,min}$ به ترتیب مقادیر کمینه و بیشینه $NDVI$ ، $LSWI$ ، LST و $VSWI$ مربوط به ماه j در طول دوره آماری ۱۴۰۱-۱۳۸۰ در این مطالعه هستند.

معیارهای ارزیابی صحت

برای ارزیابی دقت و صحت شاخص‌های ماهواره‌ای، رابطه همبستگی این شاخص‌ها با SPI در مقیاس‌های زمانی یک، سه و ۶ ماهه و SDI با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، درصد میانگین خطای مطلق^۱ و ریشه دوم میانگین مربعات خطا^۲ در اردیبهشت ماه طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ بررسی شد.

ضریب همبستگی پیرسون (R)

یکی از روش‌های آماری معمول و سودمند، ضریب همبستگی پارامتری پیرسون است. رنج تغییرات این ضریب بین -۱ و +۱ است و میزان همبستگی بین دو پارامتر را نشان می‌دهد (رابطه ۹).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \quad (9)$$

که در این روابط، O_i مقدار شاخص خشکسالی مبتنی بر ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری، P_i مقدار شاخص خشکسالی ماهواره‌ای، O^- و \bar{P} به ترتیب میانگین مقدار شاخص زمینی و ماهواره‌ای و n تعداد کل متغیرها هستند. شکل (۲) روندنمای مراحل پژوهش را نشان می‌دهد.

درصد میانگین خطای مطلق

بیانگر خطای برآورد است. نشان دهنده دقت روش و مقدار متوسط خطا است. دامنه آن بین $0, +\infty$ هر چه قدر کوچکتر باشد بهتر است (رابطه ۱۰).

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |o_i - p_i|}{n} \quad (10)$$

ریشه دوم میانگین مربعات خطا

بیانگر توانایی مدل در برآورد متغیر وابسته است و دامنه آن بین $0, +\infty$ و هر چه قدر کوچکتر باشد بهتر است (رابطه ۱۱).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (o_i - p_i)^2}{n}} \quad (11)$$

نتایج و بحث

استخراج سال‌های رخداد خشکسالی بر مبنای شاخص‌های سنجش از دوری

با توجه به اینکه بیشترین میزان پوشش گیاهی در حوزه آبخیز کرخه مربوط به اردیبهشت ماه می‌باشد به همین دلیل تصاویر ماه می (اردیبهشت) از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ برای محاسبه شاخص‌های VHI، NVSWI و NLSWI انتخاب شدند. بعد از محاسبه شاخص‌های VHI، NVSWI و NLSWI وضعیت خشکسالی در پنج طبقه خیلی شدید، شدید، متوسط، ملایم و بدون خشکسالی دسته‌بندی و مورد بررسی قرار گرفت.

استخراج سال‌های رخداد خشکسالی با استفاده از شاخص VHI

بررسی نقشه‌های حاصل از شاخص VHI نشان داد، بیشترین درصد مساحت طبقات خشکسالی خفیف، متوسط، شدید و خیلی شدید مربوط به سال‌های ۱۳۸۰ (۵۴/۷٪)، ۱۳۸۲ (۴۳/۸٪)، ۱۳۸۷ (۹۰/۷٪)، ۱۳۸۸ (۵۶/۳٪)، ۱۳۹۱ (۵۶/۶٪)، ۱۳۹۲ (۵۱/۴٪)، ۱۳۹۳ (۶۷٪) و ۱۳۹۴ (۵۰/۴٪) در حوضه است و در بقیه سال‌های مورد مطالعه تا حدودی از شدت خشکسالی کاسته شده است (جدول ۵ و شکل ۳).

جدول ۴. طبقه‌بندی وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص‌های SPI و SDI (۳۲، ۳۸) و شاخص‌های سنجش از دوری (۱۷)

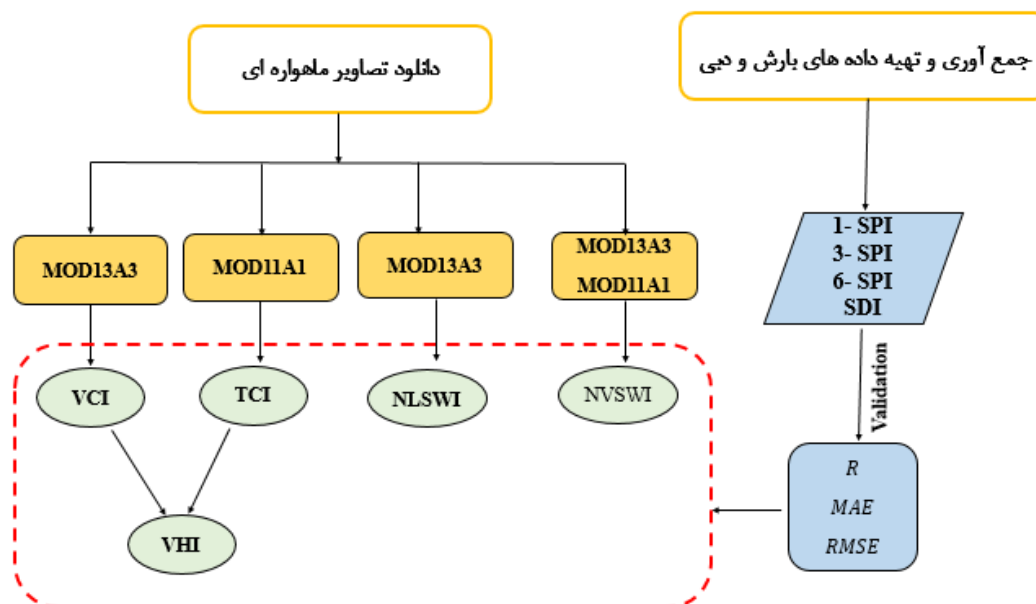
VHI, NVSWI & NLSWI	SDI و SPI	وضعیت خشکسالی
VHI, NVSWI & NLSWI ≥ 8	SPI & SDI ≥ 0	بدون خشکسالی
$6 < \text{VHI, NVSWI \& NLSWI} < 8$	$-1 < \text{SPI \& SDI} < 0$	خفیف
$4 < \text{VHI, NVSWI \& NLSWI} < 6$	$-1/5 < \text{SPI \& SDI} < -1$	متوسط
$2 < \text{VHI, NVSWI \& NLSWI} < 4$	$-2 < \text{SPI \& SDI} < -1/5$	شدید
VHI, NVSWI & NLSWI < 2	SPI & SDI < -2	بسیار شدید

¹ Mean Absolute Error (MAE)

² root-mean-square error (RMSE)

و به جزء سطح اندکی تقریباً تمام سطح حوضه متأثر از خشکسالی شدید و بسیار شدید است که این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین (۴۲، ۳۴، ۴۱، ۲۲، ۳۸) مطابقت دارد.

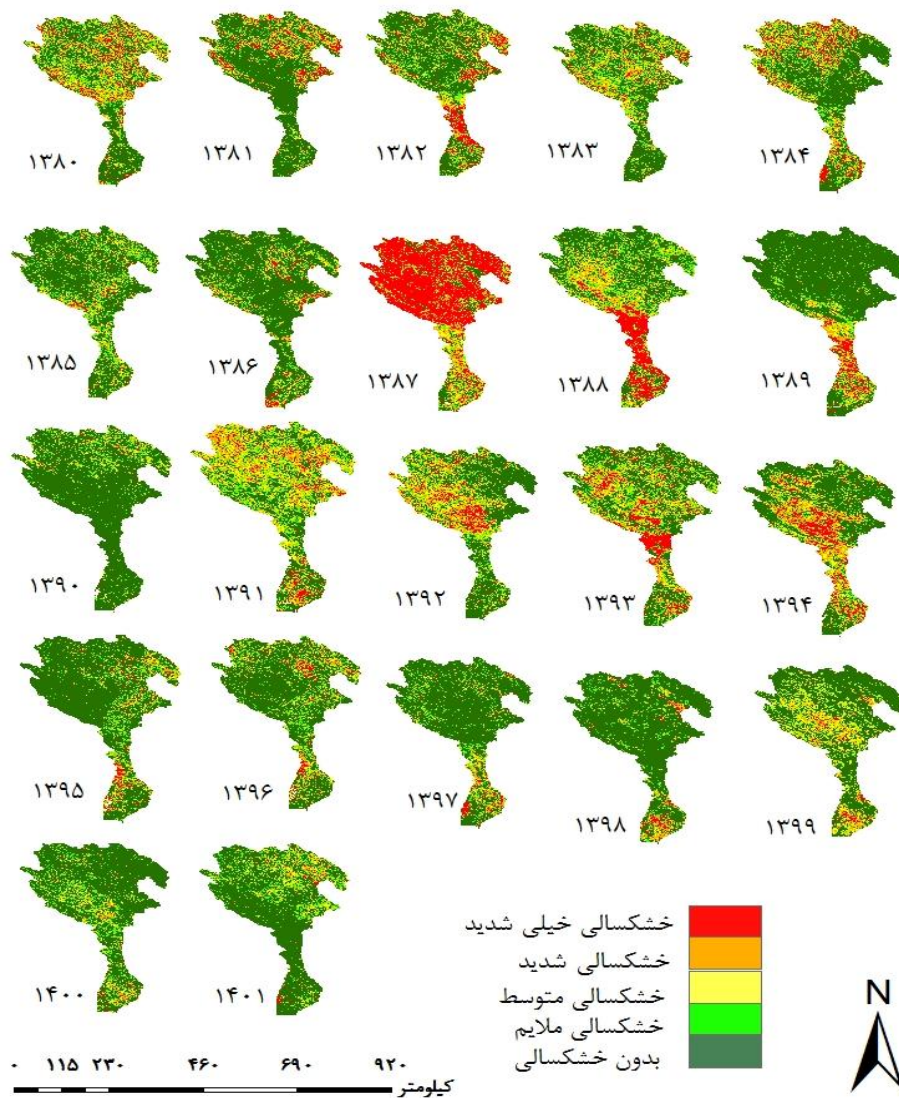
طبق نتایج، سال ۱۳۸۷، بیانگر وقوع شدیدترین خشکسالی با بیشترین گستره خشکسالی خیلی شدید و شدید به ترتیب حدود ۴۲/۱٪ و ۳۳/۱٪ از کل منطقه است



شکل ۲. روندنمای مراحل انجام پژوهش

جدول ۵. درصد مساحت طبقات خشکسالی بر اساس شاخص VHI برای اردیبهشت ماه در حوزه آبخیز کرخه

سال	بدون خشکسالی	خفیف	متوسط	شدید	خیلی شدید
۱۳۸۰	۴۵/۳	۱۶/۶	۱۶	۱۱/۷	۱۰/۴
۱۳۸۱	۶۴/۱	۱۰/۲	۹/۱	۷	۹/۶
۱۳۸۲	۵۶/۲	۱۳	۱۱/۱	۸/۴	۱۱/۳
۱۳۸۳	۵۱/۵	۱۷/۴	۱۵	۹/۸	۶/۳
۱۳۸۴	۵۲/۶	۱۴/۱	۱۲/۶	۹/۹	۱۰/۸
۱۳۸۵	۶۷	۱۵/۱	۱۰/۲	۵	۲/۷
۱۳۸۶	۷۴	۹/۹	۷/۲	۴/۶	۴/۳
۱۳۸۷	۹/۳	۵/۸	۹/۷	۳۳/۱	۴۲/۱
۱۳۸۸	۴۳/۷	۱۶/۵	۱۴	۹/۶	۱۶/۲
۱۳۸۹	۷۶/۸	۶/۵	۶	۵/۵	۵/۲
۱۳۹۰	۸۲/۷	۸/۸	۵/۱	۲/۲	۲/۲
۱۳۹۱	۴۳/۴	۱۵/۷	۱۴/۹	۱۲/۱	۱۳/۹
۱۳۹۲	۴۸/۶	۱۴/۹	۱۵/۱	۱۱/۷	۹/۷
۱۳۹۳	۳۳	۲۰	۲۲/۶	۱۵/۷	۸/۷
۱۳۹۴	۴۹/۶	۱۱/۳	۱۳/۱	۱۳	۱۳
۱۳۹۵	۷۵/۸	۹/۵	۶/۹	۳/۴	۳/۵
۱۳۹۶	۶۷	۱۲/۷	۹/۲	۵/۷	۵/۳
۱۳۹۷	۷۷/۱	۹/۹	۶/۱	۳/۶	۳/۳
۱۳۹۸	۷۷/۴	۹/۱	۵/۲	۴/۱	۴/۲
۱۳۹۹	۶۲/۸	۱۱/۲	۹/۶	۱۰/۸	۵/۶
۱۴۰۰	۷۳/۸	۱۰/۵	۸/۶	۳/۹	۳/۲
۱۴۰۱	۷۳/۶	۱۱/۴	۸/۲	۳/۱	۳/۷



شکل ۳. وضعیت خشکسالی اردیبهشت ماه بر اساس شاخص VHI در حوزه آبخیز کرخه

استخراج سال‌های رخداد خشکسالی با استفاده از شاخص NVSWI

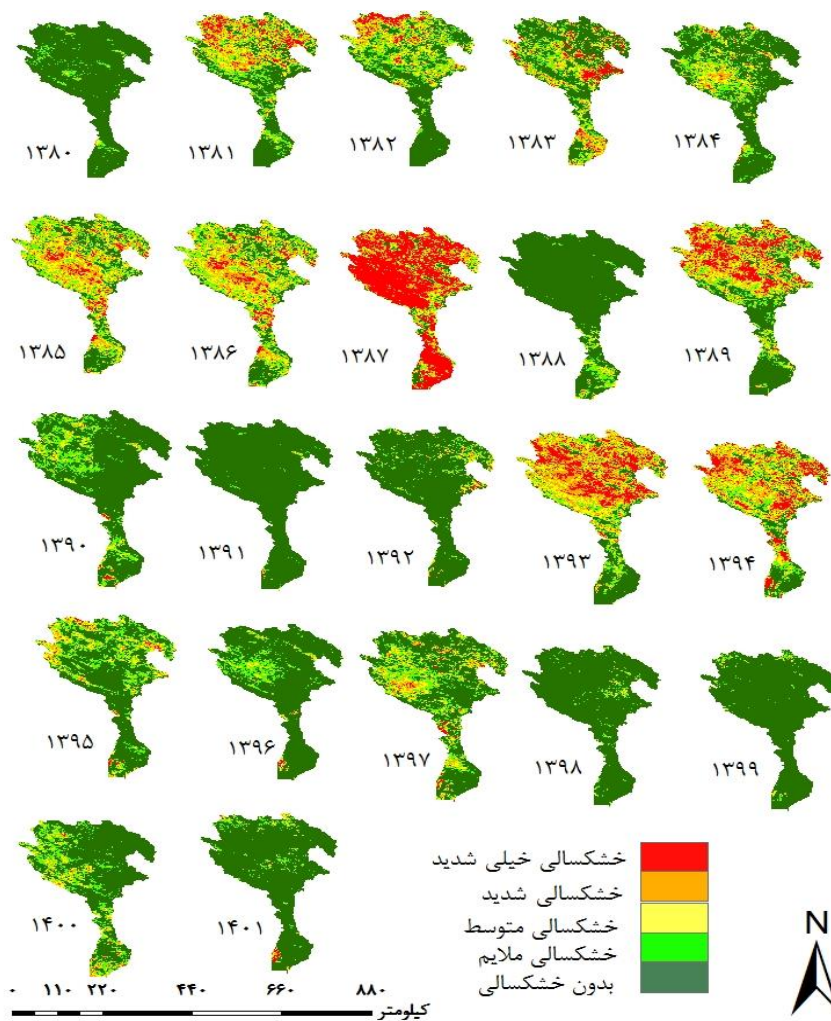
طبق نتایج به دست آمده از شاخص NVSWI در دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ مشخص شد، در سال ۱۳۸۷ فقط ۵/۶ درصد از مساحت حوضه در شرایط بدون خشکسالی و دیگر مناطق (۹۴/۴) در شرایط خشکسالی خیلی شدید تا خفیف قرار گرفته است. همچنین نتایج این شاخص حاکی از وقوع خشکسالی در سال‌های ۱۳۸۱ (۶۲/۴)، ۱۳۸۳ (۵۲/۳)، ۱۳۸۵ (۷۴/۸)، ۱۳۸۶ (۷۵/۴)، ۱۳۸۹ (۶۸/۷)، ۱۳۹۳ (۸۰/۵) و ۱۳۹۴ (۸۱) با مساحتی کمتر نسبت به سال ۱۳۸۷ در منطقه مورد بررسی است (جدول ۶ و شکل ۴)، که این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین (۳۸، ۲۲، ۴۱، ۳۴، ۴۲) مطابقت دارد.

استخراج سال‌های رخداد خشکسالی با استفاده از شاخص NLSWI

بررسی نقشه‌های حاصل از شاخص NVSWI نشان داد، بیشترین درصد مساحت طبقات خشکسالی خفیف، متوسط، شدید و خیلی شدید مربوط به سال‌های ۱۳۹۱ (۸۹/۰)، ۱۳۹۲ (۵۳/۷) و ۱۳۹۳ (۵۸/۴) در حوضه است و در بقیه سال‌های مورد مطالعه تا حدودی از شدت خشکسالی کاسته شده است (جدول ۷ و شکل ۵). طبق نتایج، سال ۱۳۹۱، بیانگر وقوع شدیدترین خشکسالی با بیشترین گستره خشکسالی خیلی شدید و شدید به ترتیب حدود ۳۱/۲٪ و ۳۲/۳٪ از کل منطقه است و به جزء سطح اندکی تقریباً تمام سطح حوضه متأثر از خشکسالی شدید و بسیار شدید است.

جدول ۶. درصد مساحت طبقات خشکسالی بر اساس شاخص NVSWI برای اردیبهشت ماه در حوزه آبخیز کرخه

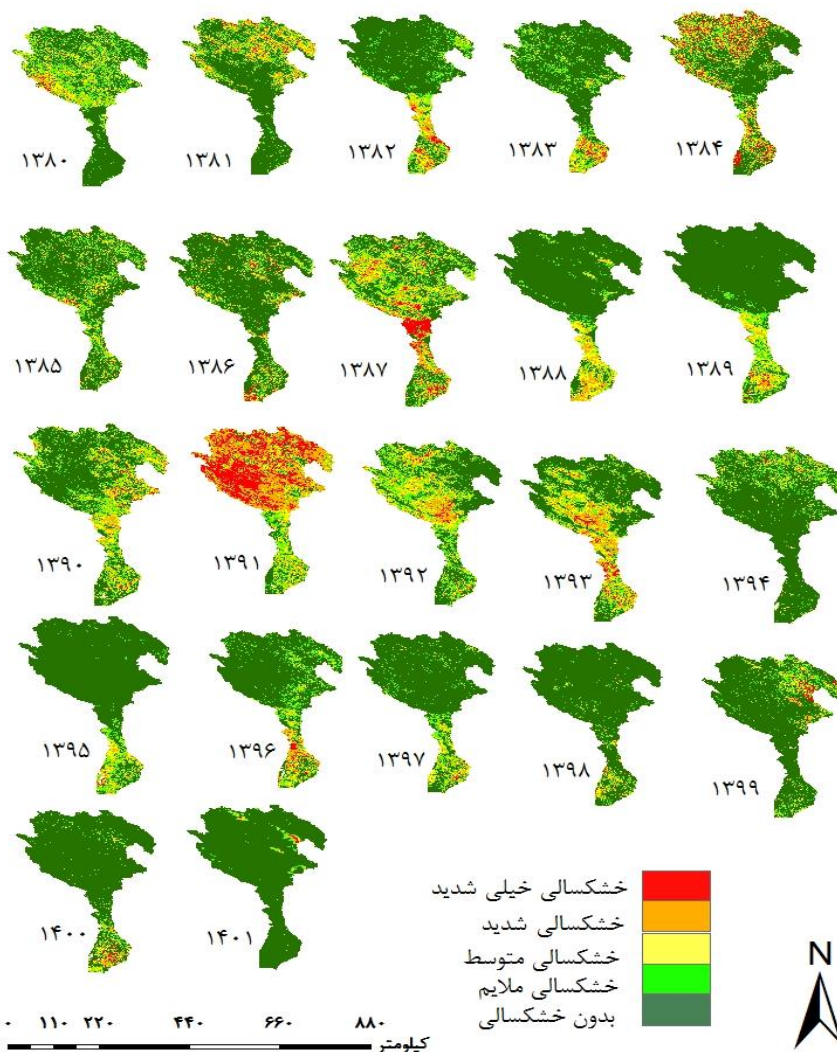
سال	بدون خشکسالی	خفیف	متوسط	شدید	خیلی شدید
۱۳۸۰	۹۴/۱	۴/۸	۱	۰/۱	صفر
۱۳۸۱	۳۷/۶	۲۰	۱۹/۳	۱۳/۱	۱۰
۱۳۸۲	۵۳/۷	۱۹/۵	۱۶/۱	۴	۶/۷
۱۳۸۳	۴۷/۷	۱۸/۳	۱۴/۷	۱۰	۹/۳
۱۳۸۴	۶۶/۴	۱۵/۸	۱۱/۷	۴/۹	۱/۲
۱۳۸۵	۲۵/۲	۲۲/۴	۲۵/۸	۱۸/۵	۸/۱
۱۳۸۶	۲۴/۶	۲۳	۲۷/۸	۱۷/۶	۷
۱۳۸۷	۵/۶	۵/۹	۹/۹	۱۴/۵	۶۴/۱
۱۳۸۸	۹۲/۶	۴/۴	۲/۴	۰/۵	۰/۱
۱۳۸۹	۳۱/۳	۱۵/۱	۱۸/۲	۱۶/۸	۱۸/۶
۱۳۹۰	۷۷/۷	۱۴/۹	۵/۶	۱/۲	۰/۶
۱۳۹۱	۹۸/۷	۰/۸	۰/۳	۰/۱	۰/۱
۱۳۹۲	۸۸/۷	۶	۳/۳	۱/۳	۰/۷
۱۳۹۳	۱۹/۵	۱۲/۴	۲۱/۳	۲۴/۹	۲۱/۹
۱۳۹۴	۱۹	۱۷/۵	۲۳/۲	۲۱/۳	۱۹/۱
۱۳۹۵	۶۱/۶	۲۰/۱	۱۱/۷	۴/۸	۱/۶
۱۳۹۶	۸۴/۵	۱۱/۳	۳/۱	۰/۸	۰/۳
۱۳۹۷	۵۹/۲	۱۹/۸	۱۲/۸	۵/۷	۲/۵
۱۳۹۸	۹۵/۵	۲/۳	۱/۱	۰/۵	۰/۶
۱۳۹۹	۹۵/۹	۲/۱	۰/۹	۰/۶	۰/۵
۱۴۰۰	۷۶/۵	۱۴/۸	۳/۹	۲/۲	۲/۶
۱۴۰۱	۹۱/۸	۳/۵	۱	۲/۴	۱/۳



شکل ۴. وضعیت خشکسالی اردیبهشت ماه بر اساس شاخص NVSWI در حوزه آبخیز کرخه

جدول ۷. درصد مساحت طبقات خشکسالی بر اساس شاخص NLSWI برای اردیبهشت ماه در حوزه آبخیز کرخه

سال	بدون خشکسالی	خشکسالی خفیف	متوسط	شدید	خیلی شدید
۱۳۸۰	۵۵/۶	۲۳/۲	۱۵/۸	۴/۷	۰/۷
۱۳۸۱	۶۳/۳	۱۳/۷	۱۱/۴	۹/۳	۲/۳
۱۳۸۲	۷۴/۲	۱۲	۷/۱	۵/۱	۱/۶
۱۳۸۳	۷۴/۱	۱۴/۳	۶/۶	۳/۶	۱/۴
۱۳۸۴	۷۱	۱۵/۵	۹	۳/۴	۱/۱
۱۳۸۵	۷۷	۱۰/۱	۶/۸	۳/۹	۲/۲
۱۳۸۶	۸۰/۴	۱۱/۵	۵/۷	۱/۹	۰/۵
۱۳۸۷	۵۲/۶	۱۴/۵	۱۲/۸	۱۰/۱	۱۰
۱۳۸۸	۵۸/۲	۱۷/۸	۱۴/۷	۷/۶	۱/۷
۱۳۸۹	۸۲/۵	۸	۶/۵	۲/۴	۰/۶
۱۳۹۰	۸۱/۵	۵/۹	۷/۶	۵/۲	۰/۱
۱۳۹۱	۱۱	۱۱	۱۴/۵	۳۲/۳	۳۱/۲
۱۳۹۲	۴۶/۳	۲۱/۹	۱۹/۶	۱۰	۲/۲
۱۳۹۳	۴۱/۶	۲۰/۲	۱۷/۸	۱۲/۷	۷/۷
۱۳۹۴	۸۸/۷	۵/۶	۳/۹	۱/۶	۰/۲
۱۳۹۵	۷۰/۵	۱۰/۴	۷/۹	۸/۴	۲/۸
۱۳۹۶	۶۴/۹	۱۳/۴	۸/۳	۹/۸	۳/۶
۱۳۹۷	۸۳/۶	۸/۶	۵/۴	1/2	۰/۳
۱۳۹۸	۸۸	۶/۴	۳/۵	۱/۹	۰/۲
۱۳۹۹	۸۵/۶	۶/۳	۲/۸	۲/۲	۳/۱
۱۴۰۰	۸۷/۷	۴/۲	۲/۹	۲/۴	۲/۸
۱۴۰۱	۹۱/۸	۳/۲	۱/۱	۱/۸	۲/۱

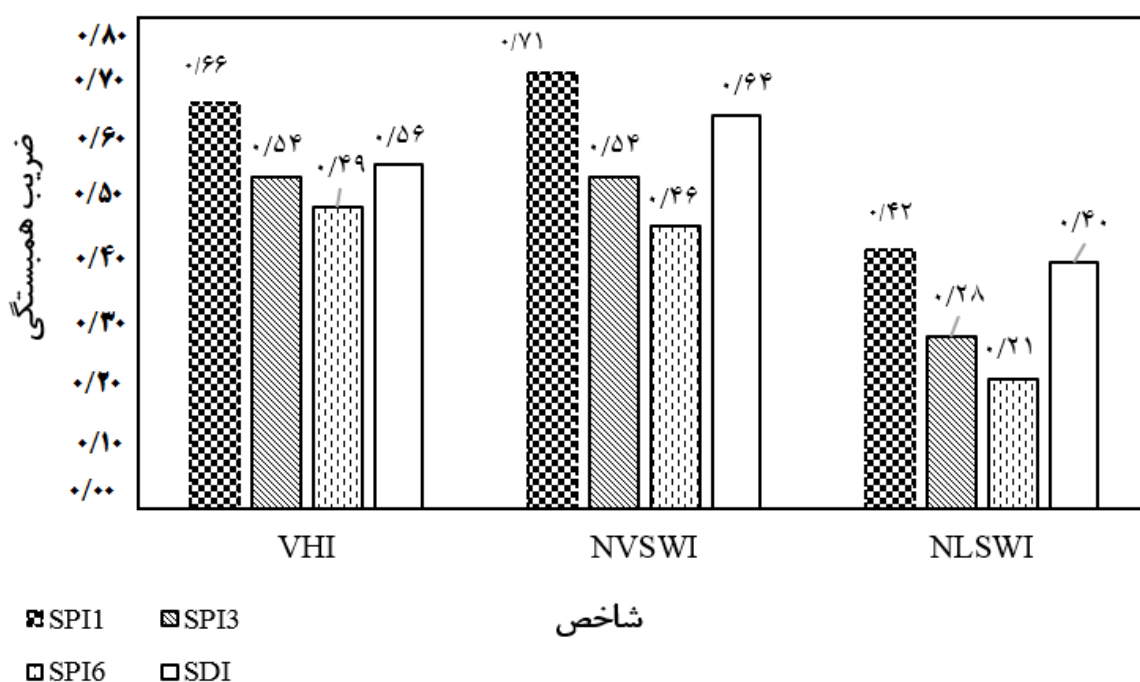


شکل ۵. وضعیت خشکسالی اردیبهشت ماه بر اساس شاخص NLSWI در حوزه آبخیز کرخه

و VHI نسبت به شاخص تک متغیره NLSWI تطابق بیشتری با شاخص‌های خشکسالی دارند که می‌تواند دلیل آن این باشد که شاخص‌های ماهواره‌ای چندمتغیره NVSWI و VHI به‌طور همزمان دو متغیر مهم در وقوع خشکسالی شامل شرایط پوشش گیاهی منطقه و دمای سطح زمین را در پایش خشکسالی در نظر می‌گیرند که این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین (۳۸، ۲) مطابقت دارد. مقایسه میانگین شاخص‌های VHI، NVSWI و NLSWI با شاخص‌های SPI-1، SPI-2، SPI-3 و SDI نشان داد، که رابطه معنی‌داری بین الگوهای بارش، جریان-های سطحی و شرایط خشک و مرطوب وجود دارد و نتایج هر سه شاخص با شاخص‌های SPI و SDI تا حدودی مطابقت خوبی دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شاخص‌های ماهواره‌ای از توانایی زیادی برای پایش خشکسالی برخوردار است که این نتیجه با نتایج تحقیقاتی که پیش‌تر انجام شده (۲۲، ۱۴، ۲) همخوانی دارد. همچنین نتایج معیارهای صحت‌سنجی RMSE و MAE در جدول ۸، نشان‌دهنده عملکرد قابل قبول شاخص‌های چندمتغیره VHI و NVSWI با داده‌های زمینی است و کمترین مقدار RMSE و MAE مربوط به شاخص NVSWI با SPI-1 است (جدول ۸).

نتایج بررسی همبستگی بین شاخص‌های زمینی و شاخص‌های سنجش از دوری

بررسی همبستگی شاخص‌های SPI و SDI با شاخص‌های خشکسالی سنجش از دور طی دوره آماری مورد بررسی در حوزه آبخیز کرخه بیانگر بیشترین ضریب همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۷۱ و ۰/۶۴ بین شاخص NVSWI با SPI-1 و SDI است. همچنین طبق نتایج، شاخص VHI نیز بعد از شاخص NVSWI همبستگی نسبتاً خوبی با SPI-1 (۰/۶۶) و SDI (۰/۵۶) نشان داد اما این همبستگی نسبت به شاخص NVSWI کمتر است زیرا از آنجاییکه شاخص VHI ترکیبی از دو شاخص VCI و TCI است و طبق یافته‌های پژوهشگران (۱۶)، چون رطوبت سطحی خاک به طور کلی سریع‌تر به تغییرات دما واکنش نشان می‌دهد و عملکرد TCI در اعماق مختلف خاک متفاوت است که این می‌تواند یکی از دلایل کارایی کمتر این شاخص نسبت به شاخص NVSWI باشد بنابراین شاخص‌های NVSWI و VHI با SPI-1 و SDI در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. همچنین مشخص شد شاخص تک متغیره NLSWI کمترین همبستگی را با SPI-1 (۰/۴۲)، SPI-2 (۰/۲۸)، SPI-3 (۰/۲۱) و SDI (۰/۴۰) دارد (شکل ۶). بنابراین شاخص‌های چند متغیره NVSWI



شکل ۶. ضریب همبستگی بین شاخص‌های زمینی و سنجش از دوری در حوزه آبخیز کرخه

جدول ۸. مقادیر RMSE و MAE برای اندازه‌گیری ارتباط بین شاخص‌های سنجش از دوری و SPI/SDI

SDI		SPI-6		SPI-3		SPI-1		شاخص‌های سنجش از دوری
MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	
۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۲	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۱۸	VHI
۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۱۵	NVSWI
۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۳۱	NLSWI

نتیجه‌گیری

در این تحقیق کارایی شاخص‌های ماهواره‌ای چندمتغیره در پایش تنش‌های حرارتی و وضعیت پوشش گیاهی در حوزه آبخیز کرخه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور در آغاز وضعیت خشکسالی در کل حوزه آبخیز کرخه با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای VHI، NVSWI و NLSWI برای دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ در اردیبهشت ماه پایش شد. سپس عملکرد شاخص‌های چند متغیره و تک متغیره با استفاده از شاخص SPI در مقیاس‌های یک، سه و شش ماهه و شاخص SDI مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به‌طور کلی، نتایج شاخص‌های VHI، NVSWI و NLSWI نشان داد شدیدترین خشکسالی‌ها طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳، ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ رخ داده است. طبق نتایج شاخص‌های VHI و NVSWI، در سال ۱۳۸۷ خشکسالی شدت و گسترش بیشتری داشته است و تقریباً کل حوضه را در بر گرفته است (شکل‌های ۳ و ۴). همچنین نتایج شاخص NLSWI نشان داد در سال ۱۳۹۱ شدیدترین خشکسالی رخ داده است (شکل ۵). براساس نتایج صحت‌سنجی در این پژوهش، شاخص‌های چند متغیره NVSWI و VHI نسبت به شاخص تک متغیره NLSWI از ضریب همبستگی بالاتری با شاخص‌های SPI و SDI برخوردار بودند و همچنین معیارهای ارزیابی RMSE و MAE نیز مقادیر کمتری را نشان دادند (شکل ۶ و جدول ۸). بنابراین طبق نتایج به‌دست آمده می‌توان به این سؤال‌ها که آیا شاخص‌های چند متغیره نسبت به شاخص‌های تک متغیره با دقت بیشتری وضعیت خشکسالی را نشان می‌دهد؟ و نوسانات و ناهنجاری‌های بارش و جریان را به‌خوبی دنبال می‌کند؟ پاسخ داد که شاخص‌های چند متغیره می‌تواند به‌عنوان ابزار مناسبی

برای بررسی وضعیت خشکسالی کشاورزی باشد. اما در پایان دستیابی به یک شاخص خشکسالی که به‌طور کامل برای اقلیم‌های مختلف و انواع پوشش گیاهی قابل استفاده باشد، دشوار است از این‌رو باید رابطه هر یک از شاخص‌های سنجش از دوری با خشکسالی در هر منطقه بسته به شرایط خاص اقلیمی و پوشش گیاهی آن منطقه به‌طور جداگانه مورد بررسی قرارگیرد و شاخص مناسب برای پایش خشکسالی انتخاب شود. همچنین در این پژوهش شاخص‌های سنجش از دوری در مقیاس زمانی ماهانه و اوج رشد پوشش گیاهی محاسبه شد، این شاخص‌ها ممکن است در مقیاس زمانی کمتر از یک ماه نتایج متفاوتی ارائه دهند، توصیه می‌شود در صورت دسترسی به داده‌های روزانه و ساعتی بارش، شاخص‌های سنجش از دوری در مقیاس‌های کوتاه‌تر نیز مورد بررسی قرارگیرد. از طرفی شاخص‌های پوشش گیاهی که اغلب به‌عنوان شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌شوند قادر به پاسخ فوری به تغییر رطوبت خاک نیستند. در واقع نتایج این شاخص‌ها پاسخی به رطوبت گذشته و فعلی خاک است. بنابراین نیاز به پژوهش‌های بیشتری برای یافتن رابطه یکپارچه بهینه با تغییرات رطوبت، دما یا دیگر عوامل مؤثر در پایش خشکسالی است. از طرفی شاخص‌های پوشش گیاهی تنها برای پایش شرایط بالای خاک مفید هستند و برای پایش شرایط در زیر خاک، به دلیل اینکه بافت خاک و دیگر ویژگی‌ها در مناطق مختلف متفاوت است، مسلماً نیاز به شاخص‌های مؤثرتری است.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه اعلام کنند.

■ References

1. Abbasi, E., & Etemadi, H. (2023). Bushehr drought monitoring based on SPI and VCI indicators using MODIS sensor images. *Geographic Space*, 23(82), 179-200. [In Persian]
2. Arekhi, S., Barzegar Savasarib, M., & Emadaddiana, S. (2022). Investigating the indicators resulting from remote sensing technology in drought assessment using MODIS images (Case Study: Qom, Isfahan, Chaharmahal and Bakhtiari, and Markazi Provinces). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 3(11), 189-224. DOI:10.22067/geoh.2021.72253.1102 [In Persian]
3. Amini Bazyani, S., Zare Abianeh, H., & Akbari, M. (2016). Estimation of temperature and vegetation index of land surface using remote sensing data (case study: Hamadan province), *Iranian Water Research Journal*, 46(3), 333-348. [In Persian]
4. Asadi Aghbalaghi, F., Mirabbasi Najafabadi, R., Nasr Esfahani, M.A., & Ghasemi Dastgerdi, A.R. (2017). Development of a new composite drought index (CDI) based on shannon's entropy theory for multivariate assessment of drought in shahrekord plain. *Arid regions Geographic Studies*, 8(29), 87-102. [In Persian]
5. Carlson, T.N., Gillies, R.R., & Perry, E.M. (1994). A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. *Remote Sensing Reviews*, 9, 161-173. DOI: 10.1080/02757259409532220
6. Chang, J., Li, Y., Wang, Y., & Yuan, M. (2016). Copula-based drought risk assessment combined with an integrated index in the Wei River Basin, China. *Journal of Hydrology*, 540, 824-834. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.06.064
7. Chen, S., Zhong, W., Pan, S., Xie, Q., & Kim, T.W. (2020). Comprehensive drought assessment using a modified composite drought index: A case study in Hubei Province, China. *Water*, 12(2), 462-474. DOI: 10.3390/w12020462
8. Cheng, M., Zhong, L., Ma, Y., Wang, X., Li, P., Wang, Z. & Qi, Y. (2023). A new drought monitoring index on the Tibetan Plateau based on multisource data and machine learning methods. *Remote Sensing*, 15(2), 512-529. DOI: 10.3390/rs15020512
9. Darvand, S., Khosravi, H., Eskandari Damaneh, H., & Eskandari Damaneh, H. (2021). Investigating the trend of NDVI changes derived from MODIS sensor imagery (Case Study: Isfahan Province). *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 1(2), 69-79. [In Persian]
10. Ding, Y., He, X., Zhou, Z., Hu, J., Cai, H., Wang, X., Li, L., Xu, J. & Shi, H. (2022). response of vegetation to drought and yield monitoring based on NDVI and SIF. *Catena*, 219, 106328-106340. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106328
11. Fazel Dehkordi, L., Azarnivand H., Zare Chahouki M.A., Mahmoudi kohan F., & Khalighi Sigaroodi, Sh. (2016). Drought monitoring using vegetation index (NDVI) (case study: rangeland of Ilam province), *Journal of range and watershd managment (Iranian Journal of Natural Resources)*, 69(1), 141-154. DOI: 10.22059/jrwm.2016.61739 [In Persian]
12. Ebrahimzadeh, S., Bazrafshan, J., & Ghorbani, Kh. (2013). Comparative study between satellite and ground-based drought indices using change vector analysis technique (Case Study of Kermanshah Province). *Journal of Water and Soil*, 27(5), 1034-1045. DOI: 10.22067/jsw.v0i0.20985 [In Persian]

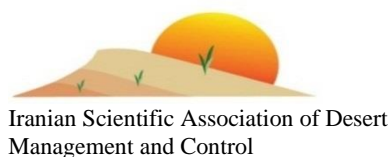
13. Fassouli, V.P., Karavitis, C.A., Tsesmelis, D.E. & Alexandris, S.G. (2021). Factual Drought Index (FDI): a composite index based on precipitation and evapotranspiration. *Hydrological Sciences Journal*, 66(11), 1638-1652. DOI: 10.1080/02626667.2021.1957477
14. Hamzeh, S., Farahani, Z., Mahdavi, S., Chatrobgoun, O., & Gholamnia, M. (2017). Spatio-temporal monitoring of agricultural drought using remotely sensed data (Case study of Markazi province of Iran). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 4(3), 53-70. [In Persian]
15. Hao, Z., Singh, V.P., & Xia, Y. (2018). Seasonal drought prediction: Advances, challenges, and future prospects. *Reviews of Geophysics*, 56(1), 108-141. DOI: 10.1002/2016RG000549
16. Hosseinzadeh, J., Tongo, A., Najafifar, A., & Hosseini, A. (2018). Relationship between soil moisture changes and climatic indices in the Mele-Siah forest site of Ilam Province. *Journal of Water and Soil*, 32(4), 821-830. DOI: 10.22067/jsw.v32i4.71927 [In Persian]
17. Huang, X., Feng, S., Zhao, S., Fan, J., Qin, Z. & Zhao, S., (2023). Assessment of different satellite image-derived drought indices over the contiguous united states: a comparison in different climates, vegetation cover types, and soil layers. *Water*, 15(20), 3634-3660. DOI: 10.3390/w15203634
18. Iran water resources management. (2024). Retrieved June 12, 2024, from <http://www.wrm.ir> [In Persian]
19. Jiao, W.Z., Zhang, L.F., Chang, Q., Fu, D.J., Cen, Y., & Tong, Q.X. (2016). Evaluating an Enhanced Vegetation Condition Index (EVCI) based on VIUPD for drought monitoring in the continental united states. *Remote Sensing*, 8, 224. DOI: 10.3390/rs8030224
20. Karimi, M., & Shahedi, K. (2018). Investigation of meteorological, hydrological and agricultural drought using drought indices (Case study: Gharehsou watershed). *RS & GIS for Natural Resources*, 9(2), 1-16. [In Persian]
21. Karimi, M., Shahdi, K., & Khosravi, K. (2016). Investigation of meteorological and hydrological drought using drought indicators in Qarasu basin. *Earth and Space Physics*, 42(1), 159-170. DOI: 10.22059/jesphys.2016.54241 [In Persian]
22. Karimi, M., Shahedi, K., Raziei, T., & Miryaghoubzadeh, M. (2022). Meteorological and agricultural drought monitoring in Southwest of Iran using a remote sensing-based combined drought index. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 36(11), 3707-3724. DOI: 10.1007/s00477-022-02220-3
23. Karimi, M., Shahedi, K., Raziei, T., & Miryaghoobzadeh, M. (2020). Analysis of performance of vegetation indices on agricultural drought using remote sensing technique in Karkheh basin. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 11(44), 29-46. DOI: 10.52547/gisj.11.4.29 [In Persian]
24. Keyantash, J. A., & Dracup, J.A. (2004). An aggregate drought index: assessing drought severity based on fluctuations in the hydrologic cycle and surface water storage. *Water Resources Research*, 40(9), 333-341. DOI: 10.1029/2003WR002610, 2004
25. Khosravi Yeganeh, S., Karampour, M., & Nasiri, B. (2023). Evaluation of vegetation drought in Kermanshah province using infrared images. *Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas*, 3(12), 19-39. DOI: 10.52547/gsma.3.4.19 [In Persian]
26. Kogan, F.N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, 15, 91-100. DOI: 10.1016/0273-1177(95)00079-T
27. Kogan, F.N. (1997). Global drought watches from space. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 621-636. DOI: 10.1175/1520-0477(1997)078<0621:GDWFS>2.0.CO;2

28. Kogan, F.N. (2000). *Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management*. Lisbon, Portugal: World Meteorological Organization.
29. Liang, L., Qiu, S., Yan, J., Shi, Y. & Geng, D. (2021). VCI-based analysis on spatiotemporal variations of spring drought in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 7967-7981. DOI: 10.3390/ijerph18157967
30. Liu, Q., Zhang, S., Zhang, H., Bai, Y. & Zhang, J. (2020). Monitoring drought using composite drought indices based on remote sensing. *Science of the total environment*, 711, 134585-134605. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.134585
31. McKee, T.B. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. Paper presented at the 9th Conference of Applied Climatology, Boston.
32. McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Paper presented at the 8th conference of Applied climatology, Anaheim, California.
33. Miralizadeh, A., Hejabi, S., & Kouchakzadeh, M. (2022). Evaluation of remote sensing indicators in drought conditions (case study: Urmia plain). *Journal of Meteorology and Atmospheric Sciences*, 5(2), 132-141. DOI: 10.22034/jmas.2023.404574.1202 [In Persian]
34. Mirmousavi, S.H., & Kareimeh, H. (2013). Effect of drought on vegetation cover using MODIS sensing images case: Kurdistan province. *Geography and Development*, 11(31), 57-76. DOI: 10.22111/gdij.2013.794 [In Persian]
35. Mishra, A.K., & Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1), 202-216. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2010.07.012
36. Mohammadi, Sh., Habashi, Kh., & Pourmanafi, S. (2018). Monitoring and prediction land use/ land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B2, Zayandeh Rood watershed). *RS & GIS for Natural Resource*, 9(1), 24-39 [In Persian]
37. Mullapudi, A., Vibhute, A.D., Mali, S. & Patil, C.H. (2023). A review of agricultural drought assessment with remote sensing data: methods, issues, challenges and opportunities. *Applied Geomatics*, 15(1), 1-13. DOI: 10.1007/s12518-022-00484-6
38. Nalbantis I, Tsakiris G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*. 23(5), 881-897. DOI: 10.1007/s11269-008-9305-1
39. Navabi, N., Moghaddasi, M., & Gangi, N. (2021). Assessment of agricultural drought monitoring using various indices based on ground-based and remote sensing data (Case Study: Lake Urima Basin). *Watershed Engineering and Management*, 13(1), 1-12. DOI: 10.22092/ijwmse.2020.126860.1684 [In Persian]
40. Niazi, Y., Talebi, A., Mokhtari, M.H., & Vazifedoust, M. (2017). Assessing the efficiency of Vegetation Drought Index (VDI) and Temperature Drought Index (TDI) based on satellite images in central Iran. *Journal of Arid Biome*, 7(1), 79-94. DOI: 10.29252/aridbiom.7.1.79 [In Persian]
41. Rajsekhar, D., Singh, V.P., & Mishra, A.K. (2015). Multivariate drought index: An information theory-based approach for integrated drought assessment. *Journal of Hydrology*, 526, 164-182. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.11.031

42. Rezaei Banafsheh, M., Rezaei, A., & Faridpor, M. (2015) Analyzing agricultural drought in east Azarbaijan province emphasizing remote sensing technique and vegetation condition index. *Water and Soil Science*, 25(1), 113–123. [In Persian]
43. Rezaei Moghadam, M.H., Valizadeh Kamran, K.H., Rostamzadeh, H., & Rezaei, A. (2012) Evaluating the adequacy of MODIS in the assessment of drought (case study: Urmia lake basin). *Geography and Environmental Sustainability*, 2(5), 37–52. [In Persian]
44. Sandeep, P., Reddy, G.O., Jegankumar, R. & Kumar, K.A. (2021). Monitoring of agricultural drought in semi-arid ecosystem of Peninsular India through indices derived from time-series CHIRPS and MODIS datasets. *Ecological indicators*, 121, p.107033. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107033
45. Sandholt, I., Rasmussen, K., & Andersen, J. (2002). A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment*. 79, 213–224. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00274-7
46. Shen, R., Huang, A., Li, B. & Guo, J. (2019). Construction of a drought monitoring model using deep learning based on multi-source remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 79, 48-57. DOI: 10.1016/j.jag.2019.03.006
47. Solaimani, K. Darvishi, Sh., & Shokrian, F. (2019). Analysis of agricultural drought using remote sensing indices (Case study: Marivan city). *RS & GIS for Natural Resources*, 10(2), 15-35. [In Persian]
48. Sur, C., Park, S.Y., Kim, T.W. & Lee, J.H. (2019). Remote sensing-based agricultural drought monitoring using hydrometeorological variables. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(12), 5244-5256. DOI: 10.1007/s12205-019-2242-0
49. Tucker, C.J. (1989). Comparing SMMR and AVHRR data for drought monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 1663- 1672. DOI: 10.1080/01431168908903997
50. Wang, K., Li, T. & Wei, J. (2019). Exploring drought conditions in the three river headwaters region from 2002 to 2011 using multiple drought indices. *Water*, 11(2), 190-210. DOI: 10.3390/w11020190
51. Winkler, K., Gessner, U., & Hochschild, V. (2017). Identifying droughts affecting agriculture in Africa based on remote sensing time series between 2000–2016: Rainfall anomalies and vegetation condition in the Context of ENSO. *Remote Sensing*, 9, 831-858. DOI: 10.3390/rs9080831
52. Wu, H., Hayes, M.J., Weiss, A., & Hu, Q. (2001). An evaluation of the standardized precipitation index, the China-z index and the statistical z-score. *International Journal of Climatology*, 21, 745–758. DOI: 10.1002/joc.658
53. Zhang, Y., Xie, D., Tian, W., Zhao, H., Geng, S., Lu, H., Ma, G., Huang, J. & Choy Lim Kam Sian, K.T. (2023). Construction of an integrated drought monitoring model based on deep learning algorithms. *Remote Sensing*, 15(3), 667-687. DOI: 10.3390/rs15030667

Desert Management

Vol. 12, No. 3, Autumn 2024



Contents

- **The Effect of Afforestation with Diverse Species on Carbon Sequestration in Semi-Arid Areas of Kurdistan Province (Case Study: Sanandaj)** 1
Joneidi H., M. A. Soofi and B. Gholinejad
- **Investigating the Effect of Crescent Catchment Systems on Runoff Collection and Management (Case study: Chadroyeh Watershed, Fars)** 15
Moghim H., A. Naqibi, M. Sabzi and Z. Farhamandian
- **A Quantitative Assessment of The Impacts of Agricultural Development, With A Focus on Food Security and Desertification Risk in The Balajam Plain of Torbat Jam County, Khorasan Razavi Province** 31
Rezvanimoghadam M., M. Akbari, M. Sabet Teimouri and S. Zare
- **Habitat Suitability Modelling of Persian Gazelle Using Maxent Model in Hormod Protected Area, Fars Province, Iran** 55
Yusefi B., A. Jafari and A.A. Naghipour
- **Assessing the Resilience of Rural Settlements in Mahnesan Township Against Food Insecurity in Drought Conditions** 73
Mohammadloo M., A. Rahmani Fazli, J. Sajjadi and Mehdi. Cheraghi
- **Investigating the Effectiveness of Univariate and Integrated Multivariate Indices in Monitoring Agricultural Drought (Case Study: Karkheh Basin)** 99
Karimi M., N. Dehghani, N. Jalilian and K. Shahedi

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. 3

2024

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

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

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

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

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

Editorial Board:

H. Azarnivand, Professor, Tehran University

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

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

M.R. Ekhtesasi, Professor, Yazd University

S. Feyz Nia, Professor, University of Tehran

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

H. Khosravi, Associate Professor, University of Tehran

H. Malekinejad, Associate Professor, Yazd University

M. Mohseni Saravi, Professor, University of Tehran

A. Pahlavanravi, Associate Professor, Zabol University

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

S. Soltani, Professor, Isfahan University of Technology

A. Talebi, Professor, Yazd University

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

English: M. Zare, Associate Professor, Yazd University

Executive Manager: A. Jebali

Type & Layout: A. Jebali

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

Telefax: +98 35 38210698

E-mail: jdm.isadmc@yahoo.com

Journal of

Desert Management



ISSN 2476-3721

Quarterly:

Volume 12- No 3- Autumn 2024

31

Contents

- **The Effect of Afforestation with Diverse Species on Carbon Sequestration in Semi-Arid Areas of Kurdistan Province (Case Study: Sanandaj)** 1
Joneidi H., M. A. Soofi and B. Gholinejad
- **Investigating the Effect of Crescent Catchment Systems on Runoff Collection and Management (Case study: Chadroyeh Watershed, Fars)** 15
Moghim H., A. Naqibi, M. Sabzi and Z. Farhamandian
- **A Quantitative Assessment of The Impacts of Agricultural Development, With A Focus on Food Security and Desertification Risk in The Balajam Plain of Torbat Jam County, Khorasan Razavi Province** 31
Rezvanimoghadam M., M. Akbari, M. Sabet Teimouri and S. Zare
- **Habitat Suitability Modelling of Persian Gazelle Using Maxent Model in Hormod Protected Area, Fars Province, Iran** 55
Yusefi B., A. Jafari and A.A. Naghipour
- **Assessing the Resilience of Rural Settlements in Mahnesan Township Against Food Insecurity in Drought Conditions** 73
Mohammadloo M., A. Rahmani Fazli, J. Sajjadi and Mehdi. Cheraghi
- **Investigating the Effectiveness of Univariate and Integrated Multivariate Indices in Monitoring Agricultural Drought (Case Study: Karkheh Basin)** 99
Karimi M., N. Dehghani, N. Jalilian and K. Shahedi